



**III НАЦИОНАЛНА НАУЧНА
КОНФЕРЕНЦИЯ ПО МЕТЕОРОЛОГИЯ,
ХИДРОЛОГИЯ И ОКОЛНА СРЕДА
24 - 26 МАРТ 2026 Г., НИМХ, СОФИЯ**



Е-КНИГА: РЕЗЮМЕТА



E-BOOK: ABSTRACTS

**III National Scientific Conference on
Meteorology, Hydrology and Environment
24 - 26 March 2026 NIMH, Sofia**

СОФИЯ, 2026

Е-книга с резюмета:

III Национална научна конференция по метеорология, хидрология и околна среда
24–26.03.2026 г., НИМХ, София

Под редакцията на проф. д-р Елена Христова и доц. д-р Татяна Спасова

Организационен комитет

Проф. д-р Елена Христова
Доц. д-р Ирена Илчева
Доц. д-р Веска Георгиева
Доц. д-р Елена Божилова
Доц. д-р Лилия Бочева
Гл. ас. д-р Анастасия Стойчева
Гл. ас. д-р Мая Ранкова
Гл. ас. д-р Валерия Йорданова

Технически сътрудници

Борислав Вучков, Лилия Николова, Живко
Гавазов, Станислав Красев, Татяна Дарелова

Научен комитет

Проф. дн Димитър Сираков, НИМХ
Проф. д-р Таня Маринова, НИМХ
Проф. д-р Христомир Брънзов, НИМХ
Проф. д-р Валентин Казанджиев, НИМХ
Проф. д-р Снежанка Балабанова, НИМХ
Доц. д-р Татяна Спасова, НИМХ
Доц. д-р Боряна Ценова, НИМХ
Доц. д-р Илиан Господинов, НИМХ
Доц. д-р Христо Червенков, НИМХ
Проф. д-р Георги Гаджев, НИГГГ, БАН
Проф. д-р Нели Грозева, Тракийски
университет, Стара Загора
Проф. д-р Владислав Попов, Аграрен
университет, Пловдив
Проф. д-р Виолета Божанова,
Селскостопанска академия
Проф. д-р Николай Лисев, Университет
по архитектура, строителство и геодезия
Доц. д-р Весела Захаријева, Университет
по архитектура, строителство и геодезия
Доц. д-р Атанас Севов, Аграрен
университет, Пловдив
Доц. д-р Гергана Герова, Софийски
университет „Св. Климент Охридски“
Доц. д-р Елисавета Пенева, Софийски
университет „Св. Климент Охридски“
Доц. д-р Петър Гергинов, Геологически
институт, БАН

Редактор: доц. д-р Татяна Спасова

Технически редактор: Габриела Каменова



Национален институт по метеорология и хидрология

ISBN 978-954-90537-5-3



СЪДЪРЖАНИЕ

Наблюдения и асимилация на данни за земната атмосфера, хидросфера и биосфера

Доклади

Температура на морската повърхност (SST) <i>Христо Христов, А. Кулишев</i>	11
Мултимасщабни системни структури в българската континентална покрайнина на Черноморския басейн <i>Светлана Солодянкина, Н. Друмева, И. Попстоянов, П. Пецински</i>	13
Обзор на напредъка при употреба на квантови компютри в метеорологията <i>Петя Ангелова, Г. Калудов, Г. Герова</i>	15
Заснемане, категоризация и изготвяне на визуални материали на небето над София в период от 6 години (01.01.2020–31.12.2025) <i>Ангел Матеев</i>	17

Постери

Методика за виртуална калибрация на мрежови метеорологични сензори чрез ротационна колокация и съседно подпомагане <i>Георги Петров</i>	19
Сокодвижение и атмосферно-почвени влияния, регистрирани с TDP сензор на Рожен <i>Росица Стефанова</i>	21
Асимилация на синоптични данни в нехидростатичния модел AROME <i>Боряна Ценова, М. Цанков, К. Младенов, М. Динев, М. Първанов, Х. Наджи</i>	23
Дългогодишни измервания на физико-химичните показатели на валежите в България <i>Елена Христова, М. Корсачка, И. Стайкова</i>	25
Сравнение на ежедневните измерени и симулирани данни за височината на снежната покривка в България – предварителни резултати <i>Цветан Димитров, Д. Николов</i>	27

Климатични изследвания и екстремни хидрометеорологични явления

Доклади

Оценка за изменението на вътрешногодишното разпределение на ресурса на повърхностни води според климатични сценарии RCP 2.6, 4.5 и 8.5 по райони на басейново управление <i>Ерам Артинян, П. Царев</i>	30
---	----



Екстремни валежи в България – климатична оценка на валежите през октомври 2025 г. <i>Лилия Бочева, К. Малчева, Т. Дарелова</i>	32
Приложение на годишни индекси от климатичната класификация на Кьопен като индикатори за възможни рискови процеси <i>Христо Попов</i>	34
Оценка на съвременните тенденции в изменението на продължителността на снежната покривка в планинските райони на България <i>Цветан Димитров, Д. Николов</i>	36
Метод на обратни траектории за определяне на източници на влага в България: ключ към динамиката на засушаването <i>Гергана Герова, Р. Сори, М. Стоянович, А. Перез-Аларкон, М. Вазкез, Дж. Ернс, Р. Нието, Л. Гимено</i>	38
Съвременни тенденции в климатичните изследвания с ГИС <i>Деница Савова-Георгиева</i>	40
Климатология на интегрирания транспорт на водни пари (IVT) за периода 1994–2023 г. и изследване на атмосферна река през ноември 2023 г. в България <i>Митко Хаджиев, Б. Косташки, Г. Герова</i>	42
Сезонна плътност на мълниите по северната, източната, южната и западната крайбрежна зона на Черно море въз основа на данни от ZEUS (2005–2024 г.) <i>Савка Петрова, Р. Мицева</i>	44
Предварителни резултати от прилагането на корекция на систематичното отклонение върху данни за температурата и валежите от множество EURO-CORDEX модели <i>Христо Червенков, К. Славов</i>	46
Постери	
Дългосрочни тенденции в гръмотевичната активност над София – анализ на 125-годишен ред от наблюдения (1900–2025) <i>Людмил Кърджилков, С. Матев</i>	48
Изследване на многогодишните колебания на средните месечни и годишни температури на въздуха за района на град Сандански <i>Антония Голева, С. Митков</i>	50
Съвременни климатични характеристики за всяка административна област в България <i>Р. Евгениев, Божидара Димитрова, Ц. Николова</i>	52
Съвременни тенденции в проявата на денонощия с тропични нощи в България <i>Християна Николова, Б. Димитрова, С. Матев</i>	54
Ресурси на зелената енергия в България <i>Петър Иванов</i>	56



Оперативни визуализации на резултати от числени модели в помощ при изготвяне на оперативни хидрологични прогнози <i>Петко Царев, Г. Кошинчанов</i>	58
Сравнителен анализ на вятъра бора за районите Сливен (България) и Книн (Хърватия) за месец февруари 2023 година <i>Александър Донеv, В. Данчовски</i>	60
Суховеите в България, идентифицирани чрез реанализа ERA5-Land <i>К. Малчева, Р. Евгениев, Лилия Бочева</i>	62
Акценти за климата на България през 2025 година <i>К. Малчева, Татяна Дарелова, Л. Бочева, Д. Тодорова</i>	64

Води – реки, подземни води, Черно море

Доклади

Оценка на резервите в обработката на интензивните валежи за целите на проектиране на отводнителни системи в урбанизирани територии <i>Станислав Дарачев, Е. Ангелова</i>	67
Състояние на подземните води през продължителната суша 2023–2025 г. <i>Марин Иванов, Г. Друмева-Антонова, Р. Иванова, М. Илиева, В. Недева</i>	69
Числено моделиране на разпространението на нефтени разливи: оперативно приложение на модела OpenDrift в Черно море <i>Лилия Николова, В. Гълъбов</i>	71
Оценка на възможностите за водоснабдяване от язовири „Калин“ и „Карагьол“ <i>Станислав Дарачев, О. Сантурджиян</i>	73
Определяне на екстремни ветрови параметри при разчет на ветрово вълнение в повърхностни водни обекти <i>Георги Вълков, Н. Йорданов, Ю. Стоименов</i>	75
Морска аквакултура в България – възможности за иновативно развитие <i>Филип Пенчев</i>	77
Дългосрочни изменения в еутрофикацията на крайбрежни морски води в Бургаския залив <i>Димитър Беров, Й. Георгиева, С. Клайн, В. Карамфилова</i>	79
Управление на водоползването от язовирите в реално време <i>Оханес Сантурджиян, С. Дарачев</i>	81

Постери

Оценка на взаимовръзката между метеорологично и хидроложко засушаване по речни басейни при различни времеви стъпки <i>Анна Йорданова, И. Илчева, Л. Бочева, К. Малчева, К. Любенова, В. Йорданова, Й. Димитров, Г. Друмева-Антонова</i>	83
--	----



Анализ и индекси за оценка на водностопанските баланси в съответствие с типовете ресурсни оценки на НИМХ <i>Красимира Любенова, И. Илчева, А. Йорданова, М. Ранкова, К. Крумова, Р. Добрева, А. Боева, Г. Друмева-Антонова, Й. Димитров, Е. Ангелова</i>	85
Пилотна система за наблюдения на водни нива, температура, параметри на реки и подземни води в мониторинговата мрежа на НИМХ <i>Пламен Ангелов</i>	87
Изменение на нивата на поровите подземни води в Казанлъшката котловина при минали продължителни суши <i>Гергана Друмева-Антонова, К. Любенова, А. Йорданова, И. Илчева</i>	89
CAsseVaya: Интегрирана оценка на факторите, определящи качеството на повърхностните води във водосбора на езеро Вая – концепция и методологична рамка <i>Ления Гонсалвеш, С. Цаковски, А. Вели, Х. Йеменджиев, В. Георгиева, В. Михайлова, М. Георгиева, Х. Мутлу</i>	91
Приложение на ArcGIS Pro при анализ и оценка на високи вълни <i>Станислав Красев</i>	93
Методика за оценка на прелелите отпадъчни води в зони с жилищно застрояване <i>Станислав Дарачев</i>	95
Анализ и оценка на изменението на ресурса на р. Искър, р. Огоста и реки западно от Огоста и някои техни притоци за два референтни климатични периода (1961–1990 и 1991–2020 г.) <i>Борислав Вучков, М. Ранкова</i>	97
Влияние на водовземането от подземни води върху екологичния отток на р. Тунджа <i>Татяна Орехова, Д. Шопова</i>	99
Сравнение на резултатите от избрани софтуерни продукти и класически метод за съставяне на годишна ключова крива на зависимостта воден стоеж – водно количество <i>Катя Паралска</i>	101
Примери за хидроложко моделиране на високи вълни с използване на сателитна информация и продукти за валеж, разработени в рамките на проекта HSAF <i>Георги Кошинчанов, С. Стоянова</i>	103
Прилагане на модел от типа „свързан повърхностен-подповърхностен поток“ за изчисляване на високопланински речен отток – някои предварителни резултати <i>Илия Попстоянов</i>	105
Влияние на климата върху речния отток в малки черноморски водосбори <i>Велко Кожухаров, В. Василева</i>	107



Наводненията в България през 2025 година <i>Валерия Йорданова</i>	109
Аналитично определяне на филтрационния поток през земнонаситна дига и оценка на риска от суфозия <i>Теодор Колев</i>	111
Анализ на водни количества при подприщване от ледови явления <i>Денис Илиев</i>	113

Прогноза за времето и предупреждения за екстремни метеорологични явления

Доклади

70 години гражданска прогноза за времето в НИМХ <i>Анастасия Стойчева, К. Стоев, М. Славчев, Х. Христов, И. Господинов</i>	116
„Бетина“ и ураганният вятър по Българското Черноморие <i>Венета Тодорова, В. Рафайлова В. Георгиева</i>	118
Мултимоделен подход за прогнозиране на конвективно време за нуждите на ДП „Ръководство на въздушното движение“ <i>Илиан Манафов, Р. Пенчев</i>	120
Анализ на синоптичната обстановка в периода 2–8 октомври 2025 г. <i>Ралена Димитрова, А. Стойчева, К. Стоев, А. Кирилова</i>	122
Засичане на гръмотевични бури на летище София посредством модел за машинно обучение Random Forest <i>Денислав Бончев, Г. Герова, Н. Пенев</i>	124
Влиянието на метеорологичните елементи и явления върху пожарите <i>Велин Каишев, Д. Делчев</i>	126
Прогноза за времето и метеорологично осигуряване на вертолети при гасене на пожари <i>Димо Делчев, В. Каишев</i>	128

Постери

Модел за машинно обучение за краткосрочна прогноза на времето <i>Михаил Първанов</i>	130
Числената прогноза на времето в НИМХ <i>Боряна Ценова, М. Цанков, К. Младенов, М. Динев, М. Първанов, Х. Наджи</i>	132
Опасни метеорологични явления в България през 2025 година <i>Красимир Стоев, Б. Маркова, Р. Димитрова, А. Стойчева, И. Господинов, М. Попова</i>	134

**Агrometeorological conditions – stressors for agricultural technologies****Доклади**

- Прогноза на фенологично развитие на черешови и ябълкови овощни градини в зависимост от агrometeorological условия
Валентин Казанджиев, П. Малашева, В. Георгиева, Б. Ценова 137
- Белоплодни ягоди – евапотранспирация и ефективност на използване на водата за напояване
Елена Грънчарова, Б. Еленов 139
- Сравнителен анализ на сателитно базирани вегетационни индекси и наземни биофизични измервания при културата царевица
Живко Гавазов, В. Георгиева, В. Казанджиев 141

Постери

- Сравнително проучване на толерантността към абиотичен стрес на интродуцирани генотипове обикновена пшеница
Димитрина Николова, Г. Михова 143
- Влияние на агrometeorological условия върху добива и качеството на зърното при линии зимен фуражен ечемик
Дарина Димова, Е. Димитров, З. Ур, В. Георгиева 145
- Вероятностно-статистически анализ на датите на настъпване на чувствителни към мраз фази при някои костилкови овощни култури в България
Петя Малашева, В. Георгиева, В. Казанджиев 147

Contamination of air, ecology and human health**Доклади**

- Методика за оценка на приноса на пустинен прах към превишенията на ФПЧ₁₀ в България и идентифициране на дните, повлияни от пустинен прах
Емилия Георгиева, Х. Кирова, А. Стойчева 150
- Мониторингът на полен във въздуха като необходим компонент на метеорологичните прогнози
Мариела Христова-Савова 152
- Оценка и сравнителен анализ на сензори за прахови частици
А. Терзийски, Н. Кочев, Л. Цанков, Е. Христова, Е. Йорданова, Светла Георгиева, С. Тенев 154
- Превишения на ФПЧ₁₀ и метеорологични условия в две студени полугодия
Емилия Георгиева, Н. Нейкова, Б. Велева, А. Стойчева, Т. Дарелова 156
- Тежки метали във ФПЧ_{2.5} в Бургас: сезонна динамика и оценка на здравен риск
Хилай Мутлу, Л. Гонсалвеш, В. Георгиева, С. Найденова, Е. Христова 158



Оценка на ефекта от въведените нискоемисионни зони в София <i>Ренета Димитрова, М. Велизарова, А. Буров, Д. Брезов</i>	160
Поленовата прогноза: реални измервания и метеорология – българският опит <i>Мариела Христова-Савова, С. Цалова</i>	162
Екологична устойчивост и стратегическо управление <i>Красимира Йовкова</i>	164
Геопространствен анализ на замърсяването на въздуха и здравния риск с ГИС и геоизкуствен интелект на Esri <i>Калоян Иванов</i>	166
Постери	
Токсикологично охарактеризиране на ПАВ от ФПЧ ₁ , генерирани от различни видове биомаса <i>Красимира Василева, М. Цонева, Т. Панев, Ц. Георгиева, Й. Йорданов, И. Найденова, О. Сандов</i>	168
Валидиране на моделни данни за скорост на вятъра в Пловдив <i>Севдалин Гешев, Д. Атанасов, Е. Георгиева</i>	170
Вариации на концентрацията на прах в София през последните две десетилетия <i>Емилия Йорданова, Б. Велева, Е. Христова</i>	172
Влияние на бъдещите климатични проекции при определяне на усещането за топлинен комфорт в България <i>Владимир Иванов, И. Георгиева, Г. Гаджев, К. Ганев, Н. Милошев</i>	174
Експериментално изследване на химичния състав на ФПЧ _{2.5} в София <i>Елена Христова, Б. Велева</i>	176
Влияние на сахарския прах върху измерената слънчева радиация при земната повърхност <i>Ваня Манева-Петрова, А. Петров</i>	178
Сравнителен анализ на концентрациите на фини прахови частици между пътно-ориентирана, градска и регионална фонова станция в района на София <i>Стоян Георгиев, Р. Димитрова, Е. Христова</i>	180
ПРОГРАМА	182

**НАБЛЮДЕНИЯ И АСИМИЛАЦИЯ НА ДАННИ
ЗА ЗЕМНАТА АТМОСФЕРА, ХИДРОСФЕРА И
БИОСФЕРА**



**OBSERVATIONS AND DATA ASSIMILATION
OF THE EARTH'S ATMOSPHERE, HYDROSPHERE
AND BIOSPHERE**



Температура на морската повърхност (SST)

Х. Христов*, А. Кулишев

Департамент „Прогнози и информационно обслужване“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: температура, морска водна повърхност, SST

*email: hristo.hristov@meteo.bg

Въведение

Много граждани използват различна по вид информация от уебсайтовете на Националния институт по метеорология и хидрология (НИМХ), но липсваше информация за температура на морската водна повърхност, която е особено полезна за потребителите през летния сезон, свързан с отпуски и почивки. През февруари 2024 г. беше пуснат в оперативен режим нов продукт за визуализация на температурата на морската вода в района на Черно и Средиземно море – Sea Surface Temperature (SST). От него потребителите могат да получат информация каква е температурата на морската вода на мястото, където са, или за мястото на планираната почивка.

Методология

За създаването на продукта SST е използвана спътникова информация от 4 полярни спътника. Два от тях са на European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT) и два на National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), съответно – Metop и NOAA. Тези спътници преминават сравнително ниско над европейския район (включително и над нашата страна). В 10 и 20 UTC преминават спътниците Metop и в 01 и 12 UTC – спътниците на NOAA.

За попълване на данни от заоблачените райони е използван и числен модел Near Sea Surface Temperature (NSST), който е част от NCEP-GFS (National Centers for Environmental Prediction – Global forecast system).

Данните са в геореферирани мрежа със стъпка 2 km, като в местата с облаци и над сушата температурите са маркирани като невалидни. Всички стойности от мрежата се изобразяват като цветни пиксели, съгласно палитра в растерни слоеве.

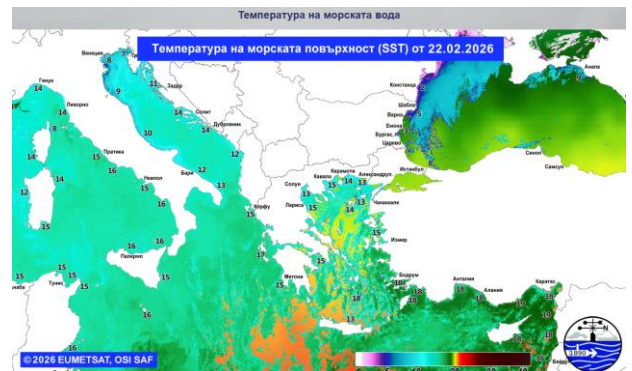
Създаден е и скрипт, който в 95 точки (популярни места и градове) извлича данните за температурата от последния преминал спътник от предходния ден – Metop в 20 h. При наличие на облаци липсва информация и се вземат данните от предходния – NOAA в 12 h и т.н. При липса на данни и от четирите спътника се използват данни от числения модел.

Слоевите се наслагват заедно с континенталната подложка в обща картина.

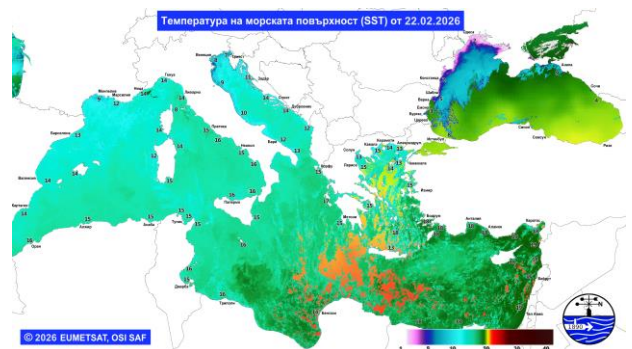
Последната стъпка е поставянето на генерираните карти на един от нашите сървъри и визуализацията им на уебсайта weather.bg.

Резултати и изводи

Резултатите, които се получават след описаната по-горе процедура, са две карти:



Фигура 1. Температура на морската повърхност.



Фигура 2. Температура на морската повърхност: по-голям домейн и по-висока резолюция.

На създадените карти освен температурата на морската повърхност се виждат и теченията, както и ефекти като *coastal upwelling*.

Предстои подобряване на SST продукта чрез:

1. Замяна на информацията от полярните спътници с информация от MTG (Meteosat Third Generation). Ползите от това са много: по-голяма резолюция, намалено закъснение на информацията, по-голяма честота на генериране на картите и възможност да се изберат часове, при които няма облаци, и т.н.
2. Замяна на числения модел NSST с друг числен модел. Предстои да се реши дали това да бъде информация от IFS-ECMWF или друг числен модел.

Sea surface temperature (SST)

H. Hristov*, A. Kulishev

Department of Forecasts and Information Service, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *temperature, sea surface water, SST*

*email: hristo.hristov@meteo.bg

Introduction

Many citizens use various types of information from the websites of the National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH), but information about sea surface temperature was previously lacking, although it is particularly useful to users during the summer season associated with holidays and vacations. In February 2024, a new product for visualizing sea surface temperature (SST) in the Black Sea and Mediterranean Sea region was launched in operational mode. Through this product, users can see the temperature of the sea water at their current location or at their planned holiday destination.

Methodology

For the development of the SST product, satellite data from four polar-orbiting satellites are used. Two of them belong to the European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT) and two to the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), namely the Metop and NOAA satellites. These satellites pass at relatively low altitudes over the European region (including our country). The Metop satellites provide data at 10 and 20 UTC, while the NOAA satellites pass at 01 and 12 UTC. To fill in data gaps over cloudy areas, the numerical model Near Sea Surface Temperature (NSST) was also used, which is part of the National Centers for Environmental Prediction – Global Forecast System (NCEP-GFS).

The data are provided on a georeferenced grid with a spatial resolution of 2 km. In areas covered by clouds and over land, temperatures are marked as invalid. All grid values are displayed as colored pixels according to a predefined palette in raster layers.

A script has also been developed that extracts temperature data at 95 locations (popular sites and cities) from the most recent satellite pass of the previous day – Metop at 20 UTC. If cloud cover is present and no data are available, the system retrieves data from the preceding pass (NOAA at 12 UTC), and so on. If data are unavailable from all four satellites, the numerical model data are used.

The layers are overlaid together with a continental base layer into a single composite image.

The final step involves uploading the generated maps to one of our servers and visualizing them on the website weather.bg.

Results and conclusions

The two maps below represent the results obtained after the described procedure.

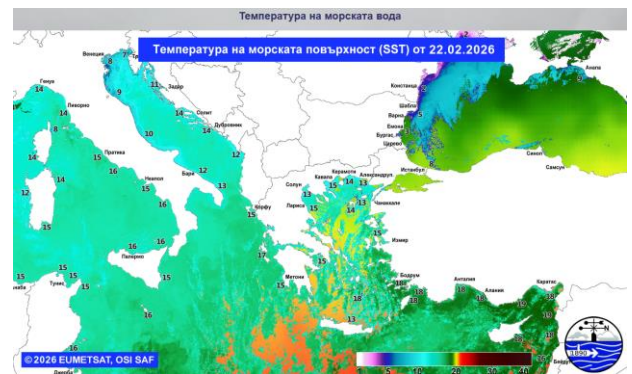


Figure 1. Sea Surface Temperature.

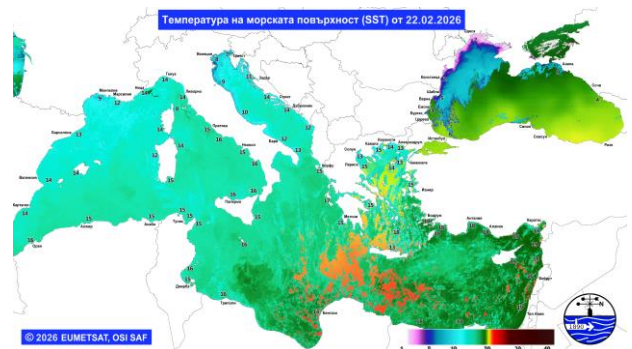


Figure 2. Sea Surface Temperature: Larger Domain and Higher Resolution.

These maps display not only the sea surface temperature, but also ocean currents, as well as phenomena such as coastal upwelling.

Further improvements to the SST product are planned, as:

1. Replacement of data from polar-orbiting satellites with data from Meteosat Third Generation (MTG). The benefits are significant: higher spatial resolution, reduced data latency, more frequent map generation, and the ability to select observation times with little or no cloud cover, among others.
2. Replacement of the NSST numerical model with another numerical model. It is yet to be decided whether this will be the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) model or another numerical model.



Мултимащабни системни структури в българската континентална покрайнина на Черноморския басейн

С. Солодянкина*, Н. Друмева, И. Попстоянов, П. Пецински

Институт по океанология „Професор Фритъф Нансен“, Българска академия на науките

Ключови думи: ландшафт, геоложка структура, водосборни басейни, биопокритие

*email: solodyankina@io-bas.bg

Въведение

Ландшафтът е многокомпонентна и многофакторна система с висока степен на сложност, което затруднява прогнозирането на нейната динамика и еволюция, особено в контекста на климатичните промени. Този проблем се адресира посредством създаване на контекстно-специфични модели и подходи. Теоретичната рамка на изследването се основава на: системната теория, теорията за многостепенната самоорганизация на ландшафта и концепцията за парагенезис на сухоземни и морски ландшафти.

Методология

Съществена характеристика на прилагания системен подход е стремежът да се отразят неадитивните свойства на системата. Геосистемите са отворени динамични системи, които в условия на бързи трансформации и/или надпрагови въздействия могат да бъдат интерпретирани като стохастични. Стохастичността обикновено се моделира посредством вероятностни разпределения и сравнителни методи на изследване.

Обект на изследването (фиг. 1) е континенталната покрайнина на Черно море в пределите на България, обхващаща площ от 16 500 km². Границата е определена по главния вододел на речно-долинната мрежа, гравитираща към Черноморския басейн. Изследваният район представлява област с директен отток към Черно море и включва денудационни повърхнини – водосбори и речни долини от първи до шести порядък (Колев и др., 2002).

Резултати и изводи

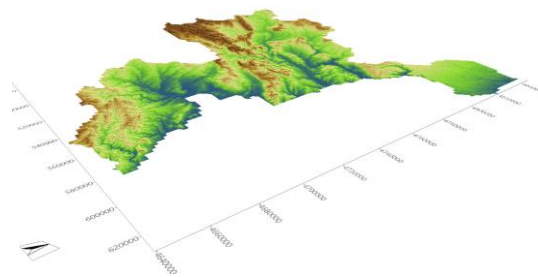
За моделиране на вероятностни разпределения и сравняване на геосистеми е съставен многопластов пространствен проект в ГИС среда (проекция UTM; зона 35N), съдържащ 85 растерни и векторни слоя за изследваната територия. Първичните данни включват три основни групи.

Първата група събира данни относно геоложката и тектонската структура, разположена в слой от 10 km до 40 km и може да бъде смятана за относително стабилна. Средната площ на полигона на тектонските структури е около 300 km². В обсега на двата си фланга – Северобългарското издигане и Странджанския блок, границата се приближава плътно на 15–20 km до морския басейн, а в пределите на Провадийско-Камчийското понижение, Източна

Стара планина и Бургаското структурно понижение вододелът заливовидно навлиза в сушата до 135–140 km (Колев и др., 2002).

Втората група представя екзогенната трансформация, свързана с водните, въздушните и литосубстратните потоци, които се проявяват в слой от километър до десетки километри. Проявява се в съчетания на разнопорядъчни геобасейни. Много екосистемни процеси се осъществяват на ниво водосборен басейн.

Третата група е най-динамична и включва информация за почвено-растителната покривка и се концентрира в слой до десетки метри. Средната площ на полигона на растителните съобщества е 8 km². В границите на областта на изследване са разпространени Понтийски степи (1%), Балкански смесени гори (84%), Източноевропейски горски степи (8%), Родопски планински смесени гори (6%), Евксинско-колхидски широколистни гори (1%) (Dinerstein et al., 2017). Вътрешната диференциация е обусловена от азонални и интразонални природни фактори и от човешката дейност. Събраните данни позволяват изчислението на Географски претеглена регресия (GWR), Индекс на разнообразието на Шанън и определянето на екотонни зони.



Фигура 1. Цифров модел на релефа на изследвания обект.

Благодарности: Изследването е финансирано по проект НГИЦ на МОН, №ДО1-321/30.11.2023.

Литература

- Колев, Б. и др. (2002). География на България: физическа и социално-икономическа география. София: ФорКом, 760 с.
- Dinerstein, E. et al. (2017). An Ecoregion-Based Approach to Protecting Half the Terrestrial Realm. *BioScience*, 67-6, P. 534–545, doi.org/10.1093/biosci/bix014.

Multiscale synergistic structures in the Bulgarian continental margin of the Black Sea basin

S. Solodyankina*, N. Drumeva, I. Popstoyanov, P. Pecinski

Institute of Oceanology “Fridtjof Nansen”, Bulgarian Academy of Sciences

Keywords: *landscape, geological structure, drainage basins, biotic cover*

*email: solodyankina@io-bas.bg

Introduction

The landscape is a multicomponent and multifactorial system with a high degree of complexity, which makes forecasting its dynamics and evolution difficult, especially in the context of climate change. This problem is addressed through the creation of context-specific methodologies and models. The theoretical framework of the study is based on key concepts: 1) the systems theory, 2) the theory of multiscale self-organization of the landscape, 3) the cohesive landscape and seascape.

Methodology

An essential characteristic of the applied systems approach is the effort to account for the non-additive properties of the system. This complexity also arises from the fact that landscapes are open dynamic systems. Under conditions of rapid transformations and/or threshold exceedance, they may be interpreted as stochastic systems. Stochasticity is typically modeled through probability distributions and comparative landscape analysis.

The study area is the Black Sea watershed within the territory of Bulgaria, covering an area of 16,500 km² (Fig. 1). The boundary is defined by the main watershed divide and includes denudation surfaces of first to sixth order streams basins with direct runoff to the Black Sea (Kolev et al., 2002).

Results and conclusions

A multilayer spatial project in a GIS environment (UTM projection, Zone 35N), containing 85 raster and vector layers for the study area was/has been developed for modeling probability distributions and comparing geosystems. The initial dataset consists of three main groups.

The first group includes data on the geological and tectonic structure with the depths of 10 km to 40 km, and can be considered relatively invariable. The average area of the tectonic structure polygons is about 300 km². Along its two flanks – the North Bulgarian Uplift and the Strandzha Block, the boundary approaches within 15–20 km of the sea basin, while within the Provadiya-Kamchiya Depression, the Eastern Balkan Mountains, and the Burgas Structural Depression, the watershed extends inland in a bay-like pattern for up to 135–140 km (Kolev et al., 2002).

The second group represents the exogenous transformation associated with water, air, and substrate fluxes occurring within a layer ranging from one to

several tens of kilometers. It appears in combinations of geomorphic basins of different orders. Many ecosystem processes take place at the catchment level.

The third group – the most dynamic – includes data on the soil and vegetation cover, confined to a layer up to several tens of meters thick. The mean area of the plant community polygons is approximately 8 km². According to Dinerstein et al. (2017), there are the following ecoregions within the study area: Pontic steppe (1%), Balkan mixed forests (84%), East European forest steppe (8%), Rhodope mountain mixed forests (6%), and Euxine-Colchic broadleaf forests (1%). The internal differentiation is driven by azonal and intrazonal natural factors, and – over the last millennium – also by transformations resulting from human activity. The collected data enable the application of Geographically Weighted Regression (GWR), the Shannon Diversity Index, and the delineation of ecotone zones.

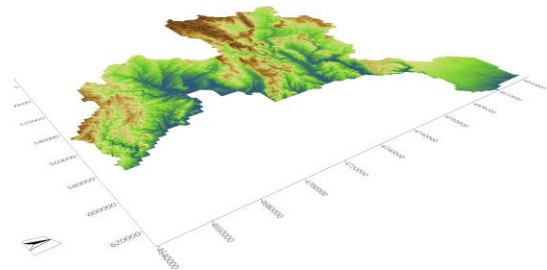


Figure 1. Digital elevation model of the study area.

Acknowledgements: This work was supported by the Ministry of Education and Science under the grant NGIC, contract №Д01-321/30.11.2023.

References

- Kolev, B. et al. (2002). *Geography of Bulgaria: Physical and Socio-Economic Geography*. Sofia: ForKom, 760 p. (In Bulgarian)
- Dinerstein, E. et al. (2017). An Ecoregion-Based Approach to Protecting Half the Terrestrial Realm. *BioScience*, 67-6, P. 534–545, doi.org/10.1093/biosci/bix014.

Обзор на напредъка при употреба на квантови компютри в метеорологията

П. Ангелова^{1*}, Г. Калудов², Г. Герова¹

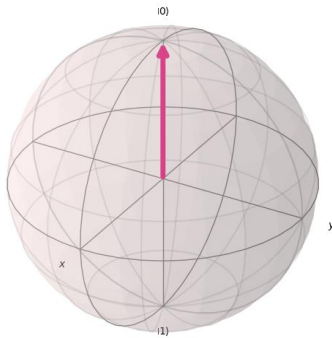
¹Физически факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“

²IBM България

Ключови думи: *квантови компютри, изследване на атмосферата, опасни явления*

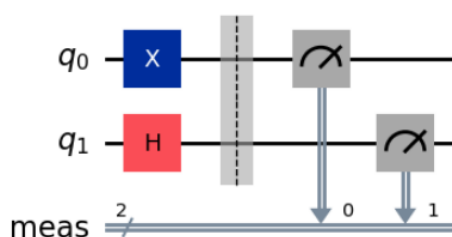
*email: petya.angelova@phys.uni-sofia.bg

Концепцията за квантови компютри започва да се оформя през 80-те години на миналия век и значително напредва през последните години. Квантовите компютри постепенно преминават от теоретични концепции към реално съществуващи системи, които биват усъвършенствани непрекъснато. Квантовите изчисления използват фундаментални принципи от квантовата механика, като например суперпозицията, която има ключова роля и няма пряк аналог в класическите компютри. Квантовият бит, или кюбит, е основната единица в квантовата информация (фиг. 1).



Фигура 1. Визуализиране на състояние $|0\rangle$ на квантов бит чрез Сфера на Блох.

Един от основните модели, който се използва при изчисления, е този с квантови гейтове (операции), които се прилагат върху кюбити (фиг. 2). Как един проблем ще бъде представен и решен чрез квантови изчисления, е комплексен процес, който изисква работа в три насоки – как класическите данни да се представят в квантова верига, какви точно обработки да се приложат чрез квантови гейтове, кога и как да се отчитат данните и да се подадат обратно към класически формат.



Фигура 2. Опростена квантова верига с два кюбита.

Квантовите изчисления все по-често си проправят път в експерименти, свързани с атмосферни изследвания. Наблюдават се различни подходи, вариращи от модули, използвани като допълнения към класически методи, до опити за замяна на цели алгоритми.

Този обзор представя две изследвания, свързани с опасни атмосферни явления. Първото изследване е на група, използваща квантова невронна мрежа за краткосрочна прогноза на скоростта на вятъра в района на Баия, Бразилия (Pires et al., 2025). Квантовият модел, който е използван, показва добро генерализиране и постига резултати, сравними с класическите методи. Следващият пример разглежда употребата на хибриден квантово-класически алгоритъм. Направен е паралел между хибриден и изцяло класически метод за прогноза на опасни метеорологични явления (Canot et al., 2025). Резултатите показват добра устойчивост на предложения квантов метод и подкрепят идеята за добър потенциал за използването на квантови компютри в метеорологията.

Литература

- Canot et al. (2025). Quantum-enhanced Deep Learning for Severe Weather Prediction: a 10-qubit QCNN-LSTM for Bow Echo Forecasting. *J. Big Data and Information Analytics*, 9.
- Pires et al. (2025). A quantum neural network model for short term wind speed forecasting using weather data. *J. Energy and AI*, 21.

Review of the state of the art in quantum computing applications in meteorology

P. Angelova^{1*}, G. Kaludov², G. Guerova¹

¹Faculty of Physics, Sofia University “St. Kliment Ohridski”

²IBM Bulgaria

Keywords: *quantum computers, atmospheric research, hazardous phenomena*

*email: petya.angelova@phys.uni-sofia.bg

The concept of quantum computing began to take shape in the 1980s, with significant progress being made in recent years. Quantum computers are steadily transitioning from theoretical concepts to real-world implementations that undergo continuous improvements. Quantum computations use fundamental principles of quantum mechanics, like superposition, which plays a key role and has no direct analogue in classical computing. The quantum bit, or qubit, is the fundamental unit of quantum information (Fig. 1).

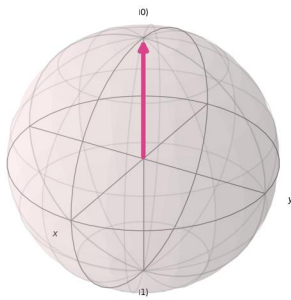


Figure 1. Visualization of the $|0\rangle$ state of a quantum bit using the Bloch Sphere.

One of the primary frameworks used for quantum computations is the quantum gate model that applies quantum gates (operations) to qubits (Fig. 2). Representing and solving a problem through quantum computing is a complex process that requires work in three directions: how to represent classical data within a quantum circuit, what processing to apply via quantum gates, and when and how to measure the data and convert it back into a classical format.

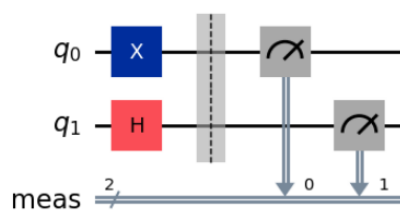


Figure 2. Simplified two-qubit quantum circuit.

Quantum computing is increasingly making its way into experiments related to atmospheric research. Various approaches are being observed, ranging from modules used as supplements to classical methods to attempts at replacing entire algorithms.

This overview presents two studies of hazardous atmospheric phenomena. The first study utilizes a Quantum Neural Network (QNN) for short-term wind speed forecasting for Bahia, Brazil (Pires et al., 2025). This paper demonstrates a quantum model with robust generalization capabilities, achieving results comparable to classical methods. The second example explores a hybrid quantum-classical approach, drawing a parallel between hybrid and a fully classical methods for predicting severe weather events (Canot et al., 2025). The results indicate stability in the proposed quantum method and support the potential for quantum computing to benefit meteorological science.

References

- Canot et al. (2025). Quantum-enhanced Deep Learning for Severe Weather Prediction: a 10-qubit QCNN-LSTM for Bow Echo Forecasting. *J. Big Data and Information Analytics*, 9.
- Pires et al. (2025). A quantum neural network model for short term wind speed forecasting using weather data. *J. Energy and AI*, 21.



Заснемане, категоризация и изготвяне на визуални материали на небето над София в период от 6 години (01.01.2020–31.12.2025)

Ангел Матеев*

Ключови думи: *небе, фотография, инфографика*

*email: angel.mateev@gmail.com

Въведение

Проектът представлява ежедневно визуално наблюдение на небето над София от 1 януари 2020 г. до настоящия момент. Той има както художествено-визуален, така и изследователски характер. Основава се на последователно заснемане на небето всеки ден в постоянен часови диапазон и при стандартизирани технически условия с цел създаване на дългосрочен визуален архив. Проектът има две основни цели: да документира атмосферните вариации и да изследва визуалните модели, които могат да бъдат свързани със сезонни, метеорологични и светлинни промени в атмосферата на урбанизирана среда.

Чрез систематичното публикуване в Instagram се създава отворена, публична база данни за визуалните характеристики на небето в градска среда. Това позволява както широк обществен достъп, така и самостоятелна визуална интерпретация.

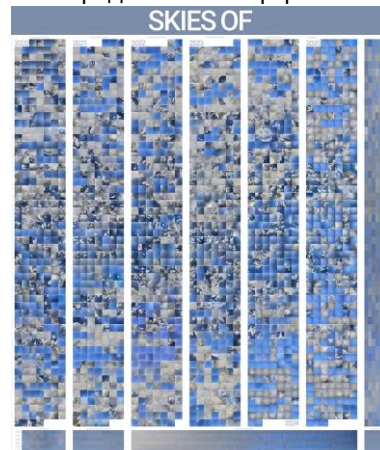
Методология

Проектът включва ежедневни заснемания на небето над София, проведени по стандартизирана процедура:

- Фиксиран часови диапазон и постоянна композиция за всяка снимка.
- Публично публикуване на всеки кадър в дигитални визуални платформи.
- Годишни календари, в които всички снимки са аранжирани хронологично, формирайки визуални, цветови и тенденциални карти на небето.
- За всеки календарен ден се изчислява среден цветови профил (“average color”), който се използва като представителен маркер за визуалното състояние на небето.
- Аналогичен цветови анализ се прави за седмици, месеци, години и дни от седмицата, което позволява осредняване на данните по различни времеви скали.
- Изготвят се междугодишни сравнителни календари, които подпомагат откриването на повтарящи се модели и аномалии (фиг. 1).
- През последните години е въведено използване на AI инструменти за автоматизиране на анализа и структуриране на данните.

Резултати и изводи

Визуализациите в рамките на проекта могат да служат като инструмент за метеорологична интерпретация. Осредняването на цветови стойности предоставя алтернативен, синтетичен индикатор за атмосферното състояние. Макар да не замества класическите инструментални измервания, този подход демонстрира потенциал за допълнителен визуално-аналитичен метод при изследване на градската атмосфера.



Фигура. 1. Междугодишен сравнителен календар.

Проектът осигури три ключови групи резултати:

Сезонни и цветови тенденции:

Интензивността, хроматичността и тоналните вариации на средния цвят на небето ясно отразяват сезонните цикли и атмосферните условия.

Повторяемост и вариабилност:

Сравнението на една и съща календарна дата през различни години идентифицира както повторяеми сезонни модели, така и значими междугодишни вариации, които могат да бъдат свързани с конкретни атмосферни явления или метеорологични условия.

Разпознаване на облачни и атмосферни явления:

Дългосрочното наблюдение повиши способността за идентификация на специфични визуални метеорологични индикатори, като структурата на облачността и феномени като Halo, които продължават да се документират.

Натрупаният шестгодишен архив предоставя основа за бъдещи анализи, включително корелация с официални метеорологични данни, автоматизирана класификация на облачност и позадълбочено изследване на цветови индикатори като прокси за атмосферни процеси.

Six years of sky imaging and visual data classification over Sofia (2020–2025)

Angel Mateev*

Keywords: *sky, photography, infographic*

*email: angel.mateev@gmail.com

Introduction

The project consists of daily visual observations of the sky over Sofia from January 1, 2020, to the present. It possesses both artistic-visual and research-oriented qualities. The project is based on the consistent daily photographing of the sky within a fixed time range and under standardized technical conditions, aiming to create a long-term visual archive. It serves two primary objectives: to document atmospheric variations and to investigate visual patterns that may be linked to seasonal, meteorological, and lighting changes in the atmosphere of an urban environment.

By systematically publishing these images on Instagram, an open, public database of the visual characteristics of the urban sky is created. This allows for both broad public access and independent visual interpretation.

Methodology

The project involves daily captures of the sky over Sofia conducted according to a standardized procedure:

- Fixed time range and constant composition for every photograph.
- Public posting of each frame on digital visual platforms.
- Annual calendars where all photographs are arranged chronologically, forming visual, color, and trend maps of the sky.
- Calculation of an average color profile for each calendar day, used as a representative marker of the sky's visual state.
- Color analysis performed for weeks, months, years, and days of the week, allowing for data averaging across various time scales.
- Preparation of inter-annual comparative calendars to assist in identifying recurring patterns and anomalies (Fig. 1).
- Integration of AI tools in recent years to automate analysis and data structuring.

Results and conclusions

The visualizations within the project can serve as a tool for meteorological interpretation. The averaging of color values provides an alternative, synthetic indicator of atmospheric conditions. While not a replacement for classical instrumental measurements, this approach demonstrates potential as a supplementary visual-analytical method for studying the urban atmosphere.

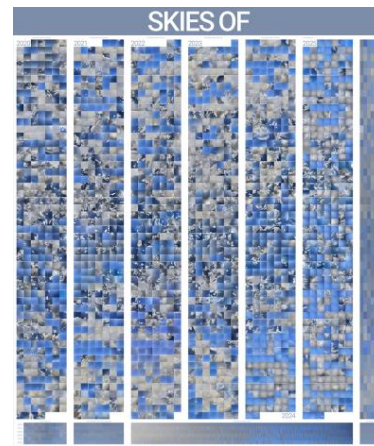


Figure 1. Inter-annual Comparative Calendar.

The project has yielded three key groups of results: Seasonal and Color Trends: The intensity, chromaticity, and tonal variations of the sky's average color clearly reflect seasonal cycles and atmospheric conditions.

Repeatability and Variability: Comparing the same calendar date across different years identifies both recurring seasonal patterns and significant inter-annual variations that may be linked to specific atmospheric phenomena or weather conditions.

Recognition of Cloud and Atmospheric Phenomena: Long-term observation has enhanced the ability to identify specific visual meteorological indicators, such as cloud structures and phenomena like Halos, which continue to be documented.

The accumulated six-year archive provides a foundation for future analysis, including correlation with official meteorological data, automated cloud classification, and more in-depth research into color indicators as proxies for atmospheric processes.



Методика за виртуална калибрация на мрежови метеорологични сензори чрез ротационна колокация и съседно подпомагане

Г. Петров*

Нов български университет, департамент „Телекомуникации“

Ключови думи: *ротационна, виртуална, калибрация**email: gpetrov@nbu.bg

Въведение

Предлагаме икономична методика за виртуална калибрация на гъсти градски и селскостопански мрежи посредством ротационен co-location на „златни“ референтни устройства и йерархичен трансфер на точност. Целта е постигане на експлоатационно $RMSE \leq 3-5\%$.

Методология

Подходът се базира на оперативна верижна интер-калибрация. Процесът започва с колокация на мобилен възел спрямо еталон, последван от ротационни визити за синхронизация на меш-структурата. Ключовите иновации включват:

Адаптивно нелинейно разбиване: Замяна на статичните интервали с физически ориентирани сегменти (напр. 9–18 °C, 18–33 °C) за всеки сензор.

Регуларизация по Скороход: Използване на метриката на Скороход (dS) като динамичен индикатор за напасване на траекториите. Тя позволява компенсация на пространствено-времето изместване на метеорологичните събития между раздалечените сензори (≥ 1 km):

$$d_S(f, g) = \inf_{\lambda \in \Lambda} \max \left\{ \sup_t |\lambda(t) - t|, \sup_t |f(t) - g(\lambda(t))| \right\}$$

Хибридни прагове: Формиране на локални граници чрез комбинация от амплитудна филтрация (тип Глушко) и дисконтинуитетен анализ по Скороход.

Оптимален транспорт: Прилагане на Sinkhorn алгоритъм, регуларизиран чрез Скороходовите отклонения, за фина напасване на калибрационните криви към локалните отмествания.

Модел за верификация

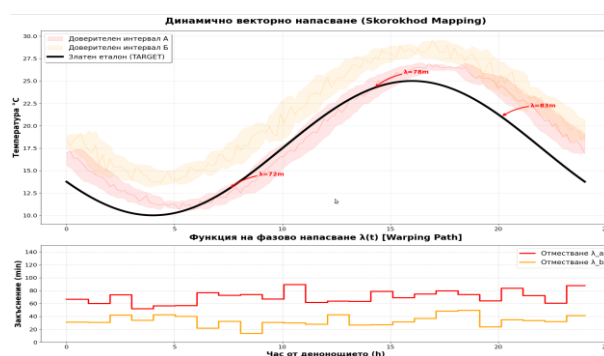
Стандартна (RMSE): За базова надеждност на общите информационни системи.

Аугментирана (KGE): Използване на Kling-Gupta Efficiency за IoT системи, гарантиращо прецизност при сезонни аномалии и резки локални „скокове“ (дисконтинуитети), разпознати чрез dS.

Очаквани резултати

След 12-месечен цикъл се очаква пълна хомогенизация на мрежата:

- Универсална надеждност;
- Динамична прецизност.



Фигура 1. Верижна интер-калибрация.

Литература

- Kalaany, Ch., Kimaita, H., Abdelmoneim, A., Khadra, R., Derardja, B., Dragonetti, G. (2025). The Potential of Low-Cost IoT-Enabled Agrometeorological Stations: A Systematic Review. *Sensors*, 25, 6020. <https://doi.org/10.3390/s25196020>
- Nan, F., Zeng, C., Shen, H., Lin, L. (2025). Calibration of Integrated Low-Cost Environmental Sensors for Urban Air Temperature Based on Machine Learning. *Sensors*, 25, 3398. <https://doi.org/10.3390/s25113398>

Methodology for virtual calibration of networked meteorological sensors via rotational colocation and neighbor-assisted alignment

G. Petrov*

Department Telecommunications, New Bulgarian University
Keywords: *virtual calibration, Skorokhod metric, Sinkhorn algorithm*

*email: gpetrov@nbu.bg

Introduction

We propose a cost-effective methodology for the virtual calibration of dense urban and agricultural networks through the rotational co-location of 'golden' reference devices and hierarchical accuracy transfer, aiming to achieve an operational RMSE $\leq 3\text{--}5\%$.

Methodology

The approach is based on operational chain inter-calibration. The process initiates with the colocation of a mobile node against a primary standard, followed by rotational visits to synchronize the network's mesh-structure. Key innovations include:

Adaptive non-linear binning: Transitioning from static intervals to physically-oriented segments (e.g., 9–18 °C, 18–33 °C), customized for the unique response profile of each individual sensor.

Skorokhod regularization: Implementing the Skorokhod metric (dS) as a dynamic indicator for trajectory alignment. This enables compensation for the spatio-temporal displacement of meteorological events (such as cloud cover or thermal fronts) across distributed sensor nodes (≥ 1 km).

$$d_S(f, g) = \inf_{\lambda \in \Lambda} \max \left\{ \sup_t |\lambda(t) - t|, \sup_t |f(t) - g(\lambda(t))| \right\}$$

Hybrid thresholds: Establishing local boundaries through a synthesis of amplitude filtration (Glushko-type) and Skorokhod-based discontinuity analysis.

Optimal transport: Deployment of the Sinkhorn algorithm, regularized via Skorokhod deviations, to achieve precise alignment of calibration curves with local phase shifts.

Verification model

Standard (RMSE): Used for baseline reliability assessment of general information systems.

Augmented (KGE): Implementation of Kling-Gupta Efficiency (KGE) for IoT systems, ensuring high precision during seasonal anomalies and abrupt local discontinuities (phase jumps) detected via the Skorokhod metric (dS).

Expected results

Following a 12-month operational cycle, full homogenization of the sensor network is expected, characterized by:

- Universal Reliability;
- Dynamic Precision.

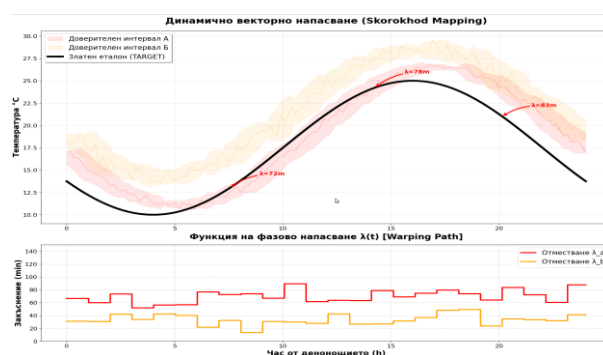


Figure 1. Chain Inter-calibration.

References

- Kalaany, Ch., Kimaita, H., Abdelmoneim, A., Khadra, R., Derardja, B., Dragonetti, G. (2025). The Potential of Low-Cost IoT-Enabled Agrometeorological Stations: A Systematic Review. *Sensors*, 25, 6020. <https://doi.org/10.3390/s25196020>
- Nan, F., Zeng, C., Shen, H., Lin, L. (2025). Calibration of Integrated Low-Cost Environmental Sensors for Urban Air Temperature Based on Machine Learning. *Sensors*, 25, 3398. <https://doi.org/10.3390/s25113398>

**Сокодвижение и атмосферно-почвени влияния, регистрирани с TDP сензор на Рожен**

Р. Стефанова*

Департамент „Хидрология“, Национален институт по метеорология и хидрология – филиал Пловдив

Ключови думи: сокодвижение, TDP, VPD, почвена влага, валежи, горска транспирация

*email: rstefanova@meteo.bg**Въведение**

Транспирацията на горската растителност е ключов елемент от водния баланс на планинските водосбори и определя взаимодействието между атмосфера, почва и растителна покривка. Методът на топлинно разсейване (Thermal Dissipation Method, TDM) е широко използван за експериментално изследване на сокодвижението в дървесни стъбла и за оценка на транспирационните потоци (Granier, 1985; 1987). Въпреки това началният период след инсталиране на сензорите често е съпътстван от въпроси, свързани с надеждността на измерванията и интерпретацията на получените данни.

Методология

Изследването е проведено в района на Националната астрономическа обсерватория Рожен (НАО). Инсталирани са три TDP сензора върху два дървесни вида – смърч (*Picea abies*) и бор (*Pinus sp.*). Анализът на измерванията показва, че само един от сензорите (монтиран на бор) осигурява стабилен и физически интерпретируем сигнал, поради което по-нататъшният анализ е ограничен до тези данни.

Сокодвижението е изчислено на база температурната разлика между нагрят и референтен датчик (ΔT , °C), като нощната максимална стойност (ΔT_{max} , °C) е използвана за нормализация съгласно метода на Granier. Данните за сокодвижението, изразено чрез неговата плътност (J_s , $g\ m^{-2}\ s^{-1}$), първоначално са с времева резолюция 10 min и са приведени към 30-минутен интервал за съпоставимост с микрометеорологичните наблюдения. Използвани са данни за температура на въздуха (T_{air} , °C), относителна влажност (RH, %), валежи (P, mm), фотосинтетично активна радиация (PAR, $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$) и почвена влага (θ , $m^3\ m^{-3}$) на дълбочини 8 cm и 40 cm. Дефицитът на налягането на водна пара (VPD, kPa) е изчислен на база стандартни зависимости.

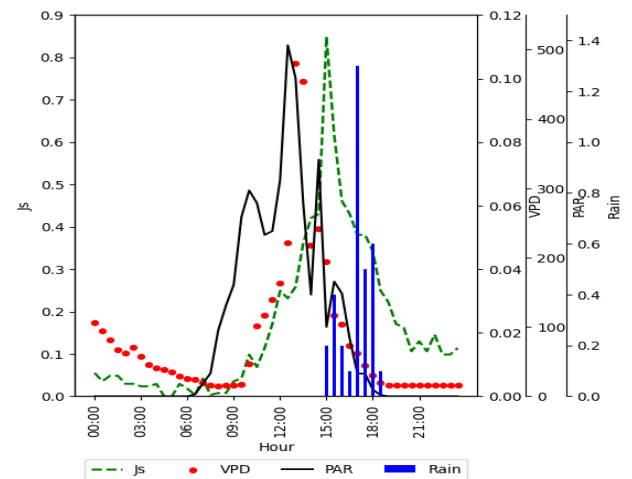
Резултати и изводи

Наблюдава се ясно изразен денонощен ход на сокодвижението с максимуми през дневните часове и минимални стойности през нощта. В сухи периоди динамиката на сокодвижението следва основно промените в атмосферните условия, като повишените стойности на VPD и PAR са съпроводени от увеличено сокодвижение. По време и след валежни събития се регистрира промяна в дневния ход, съгласувана с нарастването на почвената влага, особено в повърхностния почвен слой.

Резултатите показват, че дори в началния период след инсталиране на TDP сензор могат да се получат

надеждни данни при внимателна оценка на качеството на сигнала. Изследването подчертава сменящата се роля на атмосферните и почвените фактори за формирането на сокодвижението и създава основа за бъдещо интегриране на експерименталните данни в модели на земната повърхност (Boone et al., 2017).

На фигура 1 е показана отчетлива дневна реакция на сокодвижението, както и промяна в относителното влияние на атмосферните и почвените фактори след валеж.



Фигура 1. Денонощна динамика на сокодвижението (J_s , $g\ m^{-2}\ s^{-1}$), дефицита на налягането на водна пара (VPD, kPa), валежите (P, mm) и фотосинтетично активната радиация (PAR, $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$) за представителен ден (29.09.2025 г.).

Благодарности: Изследването е осъществено в рамките на проект „Експериментално измерване и моделно симулиране на евапотранспирацията и инфилтрацията в зоната на иглолистна гора в района на метеорологична обсерватория – МО Рожен“, финансиран от НИМХ.

Литература

- Boone, A. et al. (2017). The SURFEX land surface model: description and validation. *Geoscientific Model Development*, 10, 1533–1550.
- Granier, A. (1985). Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. *Annales des Sciences Forestières*, 42, 193–200.
- Granier, A. (1987). Evaluation of transpiration in a Douglas-fir stand by means of sap flow measurements. *Tree Physiology*, 3, 309–320.



Sap flow dynamics and atmospheric-soil influences recorded by a TDP sensor at Rozhen

R. Stefanova*

Department of Hydrology, National Institute of Meteorology and Hydrology – Plovdiv Branch

Keywords: *sap flow, TDP, VPD, soil moisture, precipitation, forest transpiration**email: rstefanova@meteo.bg

Introduction

Forest transpiration is a key component of the water balance of mountainous catchments and governs the interactions between the atmosphere, soil, and vegetation cover. The Thermal Dissipation Method (TDM) is widely used for experimental investigation of sap flow in tree stems and for estimating transpiration fluxes (Granier, 1985; 1987). However, the initial period following sensor installation is often associated with uncertainties related to measurement reliability and data interpretation.

Methodology

The study was conducted in the area of the National Astronomical Observatory Rozhen (NAO). Three TDP sensors were installed on two tree species – Norway spruce (*Picea abies*) and pine (*Pinus* sp.). Data evaluation indicated that only one of the sensors (installed on pine) provided a stable and physically interpretable signal; therefore, the subsequent analysis is limited to these measurements.

Sap flow was calculated based on the temperature difference between the heated and reference probes (ΔT , °C), using the nightly maximum value (ΔT_{\max} , °C) for normalization according to the Granier method. Sap flow data, expressed as sap flux density (J_s , $\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$), were originally recorded at a 10-minute temporal resolution and were adjusted to a 30-minute interval to ensure comparability with the micrometeorological observations. Air temperature (T_{air} , °C), relative humidity (RH, %), photosynthetically active radiation (PAR, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), precipitation (P, mm), and soil moisture (θ , $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) at depths of 8 and 40 cm were used in the analysis. Vapor Pressure Deficit (VPD, kPa) was calculated using standard relationships.

Results and conclusions

A clearly expressed diurnal pattern of sap flow was observed, with maxima during daytime and minimal values at night. During dry periods, sap flow dynamics closely followed atmospheric conditions, with increased VPD and PAR corresponding to enhanced sap flow. During and after rainfall events, modifications in the daily pattern were detected, consistent with increased soil moisture, particularly in the upper soil layer.

The results demonstrate that reliable sap flow data can be obtained even during the initial period after TDP sensor installation, provided that careful signal quality assessment is performed.

The study highlights the changing role of atmospheric and soil factors in shaping sap flow and creates a foundation for future integration of

experimental data into land surface models (Boone et al., 2017).

Figure 1 shows a distinct daily response of sap flow, as well as a change in the relative influence of atmospheric and soil factors after rainfall.

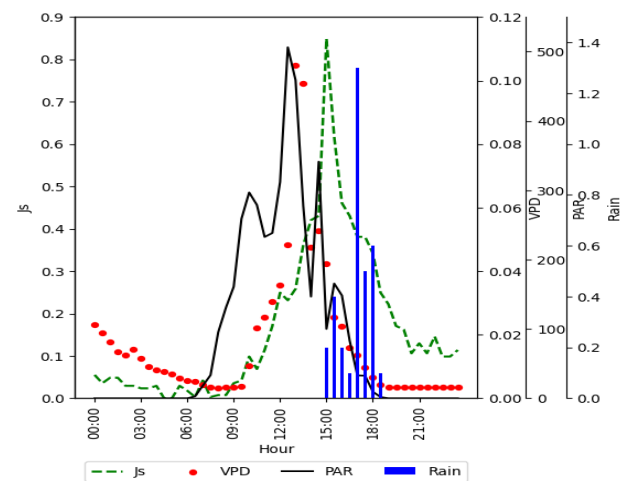


Figure 1. Diurnal dynamics of sap flow density (J_s , $\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$), vapor pressure deficit (VPD, kPa), photosynthetically active radiation (PAR, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), and precipitation (P, mm) for a representative day (29 September 2025).

Acknowledgements: This research was carried out within the framework of the project “Experimental measurement and model simulation of evapotranspiration and infiltration in a coniferous forest area near the Rozhen Meteorological Observatory”, funded by NIMH.

References

- Boone, A. et al. (2017). The SURFEX land surface model: description and validation. *Geoscientific Model Development*, 10, 1533–1550.
- Granier, A. (1985). Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. *Annales des Sciences Forestières*, 42, 193–200.
- Granier, A. (1987). Evaluation of transpiration in a Douglas-fir stand by means of sap flow measurements. *Tree Physiology*, 3, 309–320.



Асимилация на синоптични данни в нехидростатичния модел AROME

Б. Ценова*, М. Цанков, К. Младенов, М. Динев, М. Първанов, Х. Наджи

Департамент „Прогнози и информационно обслужване“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: числена прогноза на времето, асимилация на данни, синоптични станции

*email: boryana.tsenova@meteo.bg

Въведение

От октомври 2024 г. е включена допълнителна оперативна версия на AROME за България (наречена AROME-DA), използваща новата подобрена версия за оптимална интерполация CANARI (Code for the Analysis Necessary for Arpege for its Rejects and its Initiation), за асимилиране на данните за температура и относителна влажност от всички български синоптични станции, като анализът на температурата и влажността на почвата се определя въз основа на връзките между почвата и параметрите в близост до земната повърхност. Този процес включва наблюдения за контрол на качеството, анализ на температурата и влажността на 2 м и коригиране на параметрите на повърхността и почвата, като температура и влага.

В настоящото изследване е оценена успеваемостта на AROME-DA при прогнозирането на температурата на 2 м, вятъра на 10 м и 24-часовия валеж, в сравнение с тази на AROME-105, с цел да се оцени влиянието на асимилацията на данни от повърхността върху точността на прогнозата.

Схема за асимилиране на приземни данни

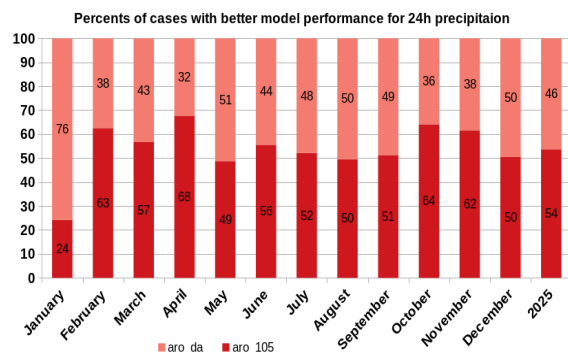
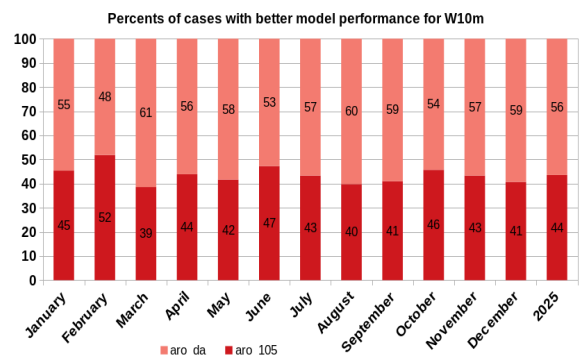
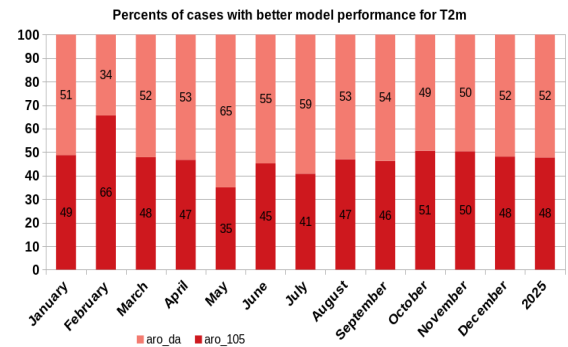
Създаден е 6-часов цикъл за асимилиране на измерените данни за температура и относителна влажност във всички синоптични станции в България. Процедурата е схематизирана в Таблица 1.

Таблица 1. Схема за асимилиране на данни

	00UTC	06UTC	12UTC	18UTC
Начални и гранични условия	ARPEGE от 18UTC	ARPEGE от 00UTC	ARPEGE от 06UTC	ARPEGE от 12UTC
Асимилирани данни	BG synop в 21 UTC	BG synop в 03 UTC	BG synop в 09 UTC	BG synop в 15 UTC
Първо приближение	DA 18UTC за 21 UTC	DA 00UTC за 03 UTC	DA 06UTC за 09 UTC	DA 12UTC за 15 UTC
Дължина на прогнозата	51h (започвайки от 21UTC)	75h (започвайки от 03UTC)	51h (започвайки от 09UTC)	75h (започвайки от 15UTC)
Процедури	rep_synop, synop2buf, BATOR (create_ioassign, merge_ioassign), OI_MAIN			

Резултати

За настоящата работа са оценени и сравнени успеваемостта на AROME-DA и на AROME-105 при прогнозата на 3-часовите температура на 2 м и скорост на вятъра на 10 м и 24-часовия валеж. За целта са изследвани средноквадратичните грешки за всяка синоптична станция от всеки модел като функция на дължината на прогнозата. Тук са представени резултати от сравнението на месечните и годишната успеваемост на моделите.



Фигура 1. Проценти на случаи с добра месечна и годишна за 2025 г. успеваемост за температурата на 2 м (горен панел), вятъра на 10 м (среден панел) и 24-часовия валеж (долен панел) за двата модела.



Surface data assimilation in the non-hydrostatic model AROME

B. Tsenova*, M. Tsankov, K. Mladenov, M. Dinev, M. Parvanov, H. Naji

Department of Forecast and Information Services, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *numerical weather prediction, data assimilation, synoptic stations*

*email: boryana.tsenova@meteo.bg

Introduction

Since October 2024 an Bulgaria additional version of AROME (named AROME-DA) is run operationally using an improved CANARI (Code for the Analysis Necessary for Arpege for its Rejects and its Initiation) optimal interpolation to assimilate data from all Bulgarian synoptic stations, which determines soil temperature and moisture analysis based on the relationship between soil and near-surface variables. This process involves quality controlling observations, analyzing 2-meter temperature and humidity, and adjusting surface and soil parameters like temperature and moisture.

In the present study the performance of AROME-DA for temperature at 2 m, wind at 10 m and 24-hours precipitation is evaluated in comparison to AROME-105 with the aim to evaluate the impact of surface data assimilation on the forecast accuracy.

Surface data assimilation scheme

A 6-hour cycle was created to assimilate the measured temperature and relative humidity data at all synoptic stations in Bulgaria. The assimilation procedure is schematized in Table 1.

Table 1. Data assimilation procedure scheme

	00UTC run	06UTC run	12UTC run	18UTC run
LBC	ARPEGE from 18UTC run	ARPEGE from 00UTC run	ARPEGE from 06UTC run	ARPEGE from 12UTC run
Assimilated surface data	BG synop at 21 UTC	BG synop at 03 UTC	BG synop at 09 UTC	BG synop at 15 UTC
First guess	DA 18UTC run for 21 UTC	DA 00UTC run for 03 UTC	DA 06UTC run for 09 UTC	DA 12UTC run for 15 UTC
Forecast range	51h (starting from 21UTC)	75h (starting from 03UTC)	51h (starting from 09UTC)	75h (starting from 15UTC)
Procedures	rep_synop, synop2buf, BATOR (create_ioassign, merge_ioassign), OI_MAIN			

Verification results

For the present work, the performance of AROME-DA in forecasting 3-hourly temperature at 2 m and wind speed at 10 m and 24-hourly precipitation was evaluated and compared to AROME-105. For this purpose, the root mean square errors (RMSE) for each synoptic station of each model were investigated as a function of the forecast length. Results from the comparison of the monthly and annual performance of the models are presented here.

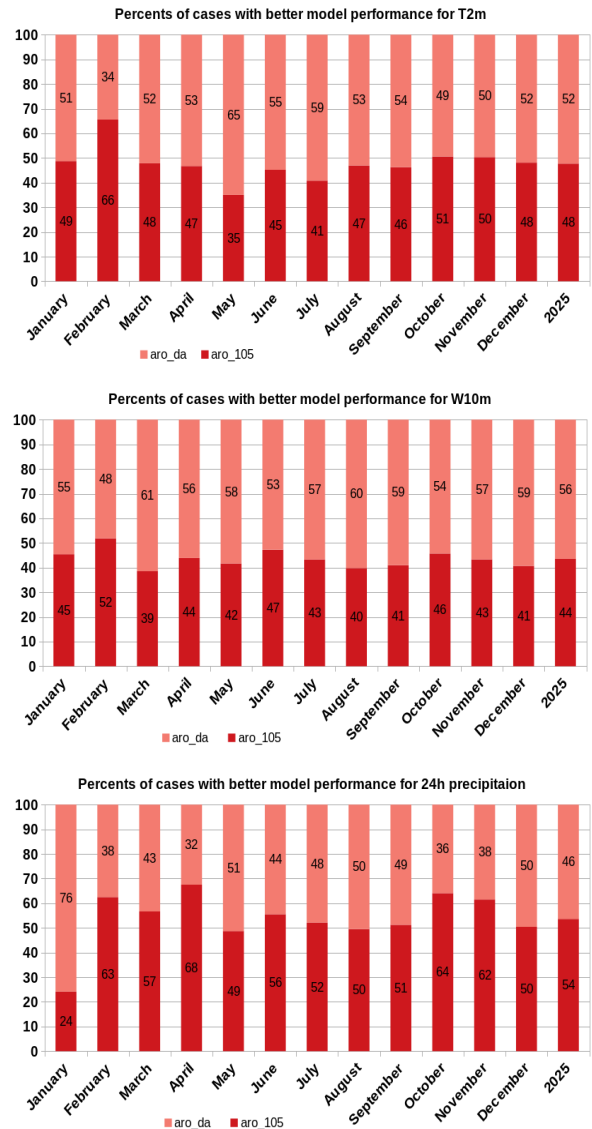


Figure 1. Percent of cases with best monthly and annual performance for 2025 for temperature at 2 m (top panel), wind speed at 10 m (middle panel) and 24 hour precipitation (bottom panel) for both models.



Дългогодишни измервания на физико-химичните показатели на валежите в България

Е. Христова*, М. Корсачка, И. Стайкова

Департамент „Метеорология“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: рН на валежа, химия на валежите, депозиция

*email: elena.hristova@meteo.bg

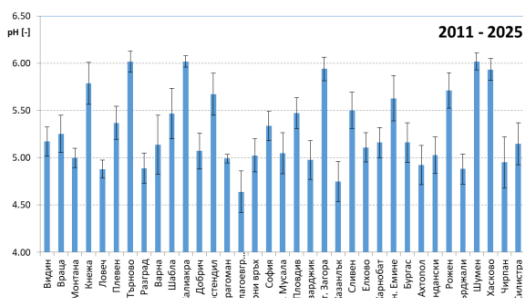
Въведение

Валежите играят ключова роля в отстраняването на разтворими съединения и атмосферни замърсители чрез процес измиване (Scavenging/Washout), като по този начин поддържат баланса в състава на атмосферата. Съставът им зависи от вида на постъпилите в атмосферата замърсители от антропогенни или природни източници, динамичните процеси в атмосферата и химичните реакции, които възникват както по време на образуването им, така и при транспорта им на дълги разстояния.

Целта на настоящата работа е да се представят резултати от дългогодишните измервания на физико-химичните показатели на валежите в НИМХ, както и да се коментират в детайли някои от получените експериментални резултати за София.

Методология и резултати

Мрежата за мониторинг на химическия състав на валежите, изградена и поддържана от НИМХ от 1998 г., включва 35 станции. В цялата мрежата оперативно се измерва рН на валежите, а в 5 станции се измерва и електропроводимост (ЕС). Получените данни се публикуват месечен и годишен бюлетин (<https://bulletins.cfd.meteo.bg/>). На фигура 1 са показани многогодишните средни стойности на рН на валежите за всички 35 станции за периода 2011–2025 г.

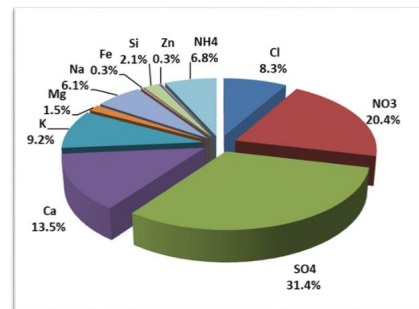


Фигура 1. Многогодишни средни стойности на рН на валежите за периода 2011–2025 г.

В допълнение, в Централната метеорологична обсерватория – София, оперативно се извършва пробонабиране на 24-часов валеж с цел определяне на химическия му състав. Представени са резултати от експериментални кампании, проведени в периода 2015–2019 г. Всички проби са измерени за рН, ЕС (inoLab pH7110 и inoLab Cond 7110, WTW)

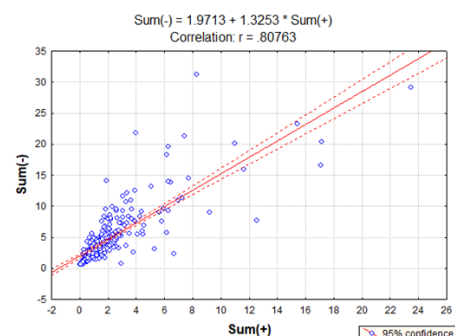
в Лабораторията по химия на валежите в НИМХ – София. Анализ за основни елементи е извършен в акредитирана лаборатория с Ion Chromatograph (ICS 1100, DIONEX) за SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- ; ICP OES (Vista MPX CCD Simultaneous, VARIAN) за Na, K, Mg, Ca, Fe, Si, Cu, Zn и Spectrophotometer S-20 – NH_4^+ .

Приносът на всеки отделен елемент към общата маса на елементите във валежните проби за периода 2015–2019 г. е представен на фигура 2. Най-голям принос имат сулфатите SO_4^{2-} , следвани от $\text{NO}_3^- > \text{Ca} > \text{Cl}^- > \text{K} > \text{NH}_4^+ > \text{Na} > \text{Si} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Zn}$.



Фигура 2. Принос на анализирания елементи към общата им маса за 2015–2019 г.

Линейната регресия между сумарната концентрация на анионите (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-) и на елементи на неутрализация (Mg, NH_4^+ , Na, Ca, Fe) със значим корелационен коефициент 0.81 показва важноста на елементи на неутрализация по време на неутрализиране на киселините.



Фигура 3. Връзка между сумата на анионите (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-) и елементи на неутрализация (Mg, NH_4^+ , Na, Ca, Fe).

Благодарности: Авторите изказват благодарност към всички наблюдатели от мрежата по химия на валежите. Част от изследването е осъществено с финансовата подкрепа на МОСВ и проект № ДН 04/4 от 15.12.2016, Фонд „Научни изследвания“.

Long-term measurements of the precipitation physicochemical parameters in Bulgaria

E. Hristova*, M. Korsachka, I. Staykova

Department of Meteorology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: precipitation chemistry, acidity, deposition

*email: elena.hristova@meteo.bg

Introduction

Precipitation plays a key role in removing soluble compounds and atmospheric pollutants through a process called scavenging/washout, thereby maintaining the balance in the composition of the atmosphere. Its composition depends on the type of pollutants released into the atmosphere from anthropogenic or natural sources, the dynamic processes in the atmosphere, and the chemical reactions that occur both during their formation and during their transport over long distances.

The aim of this study is to present the results of long-term measurements of the physicochemical parameters of precipitation at the NIMH, as well as to comment in detail on some of the experimental results obtained for Sofia.

Methodology and results

The network for monitoring the chemical composition of precipitation, established and maintained by the NIMH since 1998, includes 35 stations. The pH of precipitation is measured operationally throughout the network, and electrical conductivity (EC) is also measured at five of the stations. The data obtained are published in monthly, and annual bulletins (<https://bulletins.cfd.meteo.bg/>). Figure 1 shows the long-term average pH values of precipitation for all 35 stations for the period 2011–2025.

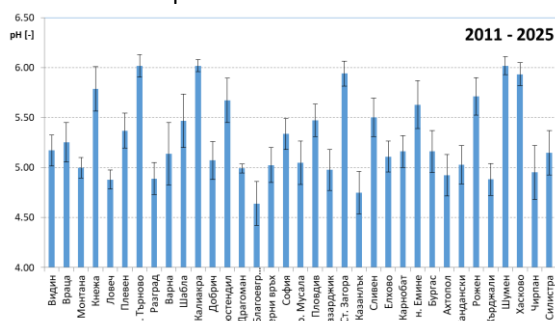


Figure 1. Mean values of pH for the period 2011–2025.

Additionally, at the Central Meteorological Observatory in Sofia 24-hour precipitation sampling is carried out in order to determine the chemical composition of the precipitation. The results of experimental campaigns conducted between 2015 and 2019 are presented. All samples were measured for pH and EC using inoLab pH7110 and inoLab Cond 7110, WTW, in the Precipitation Chemistry Laboratory at the NIMH, Sofia. Analysis for major elements was performed in accredited laboratory with Ion Chromatograph

(ICS 1100, DIONEX) for SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- ; ICP OES (Vista MPX CCD Simultaneous, VARIAN) for Na, K, Mg, Ca, Fe, Si, Cu, Zn and Spectrophotometer S-20 – NH_4^+ .

The contribution of each individual element to the total mass of elements in precipitation samples for the period 2015–2019 is presented in Figure 2. Sulphates SO_4^{2-} have the largest contribution, followed by $\text{NO}_3^- > \text{Ca} > \text{Cl}^- > \text{K} > \text{NH}_4^+ > \text{Na} > \text{Si} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Zn}$.

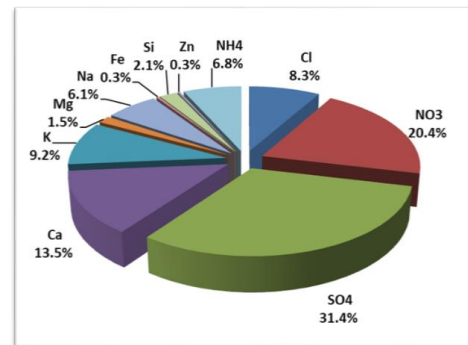


Figure 2. Contribution of the analysed elements to their total mass for 2015–2019.

The linear regression between the sum of anions (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-) and neutralization elements (Mg, NH_4^+ , Na, Ca, Fe) with a significant correlation coefficient of 0.81 shows the importance of these neutralization elements during acid neutralization.

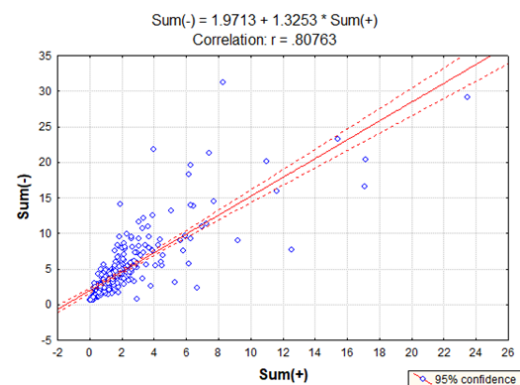


Figure 3. Relationship between the sum of anions (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-) and the neutralization elements (Mg, NH_4^+ , Na, Ca, Fe).

Acknowledgements: The authors would like to express their gratitude to all observers from the precipitation chemistry network. Part of the study was carried out with the financial support of the Ministry of Environment and Water and Project No. DN 04/4 of 15.12.2016, Scientific Research Fund.



Сравнение на ежедневните измерени и симулирани данни за височината на снежната покривка в България – предварителни резултати

Д. Николов, Ц. Димитров*

Департамент „Метеорология“, Национален институт по метеорология и хидрология
Ключови думи: *снежна покривка, зимни валежи и температури, изменение на климата*

*email: tzvetan.dimitrov@meteo.bg

Въведение

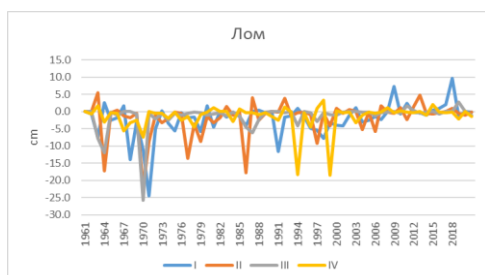
Снегът е важен метеорологичен елемент и индикатор за променяния се климат. Предишни наши изследвания осветлиха съвременните тенденции в режима на снежната покривка в България, стъпвайки върху актуални данни от метеорологичните станции на Националния институт по метеорология и хидрология (НИМХ). Мрежата на НИМХ обаче не покрива плътно територията на страната, особено в планинските райони. Ето защо бе решено да проверим възможността да използваме данни от реанализа на ERA5-Land за по-точна оценка на снега.

Методология

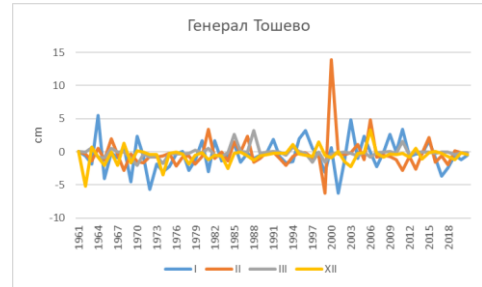
Изследването използва ежедневни данни за височината на снежната покривка от 35 метеорологични станции в страната с надморска височина от 34 до 2376 m за периода 1961–2020 г., които са сравнени със съответните данни от реанализа на ERA5-Land за същия период. От ERA5-Land са извлечени ежедневните данни за височината на снежната покривка от най-близко разположените точки от мрежата на модела. За оценка на точността на симулираните данни е използвана средноквадратичната грешка (RMSE), която за сравнимост е стандартизирана (stRMSE) чрез деление на стандартното отклонение.

Резултати и изводи

Най-малка е RMSE в Северна България. Тук са представени два примера – за станции Лом и Генерал Тошево. В станция Лом отклоненията са сравнително големи и отрицателни, но през годините намаляват и след 2000 г. знакът им се обръща. В станция Генерал Тошево отклоненията са както отрицателни, така и положителни. Голямото отклонение през февруари 1999 г. се дължи на интензивна снежна обстановка и изисква допълнително изследване и проверка на първичните данни.



Фигура 1. Средномесечни разлики между измерена и оценена височина на снежната покривка за станция Лом.



Фигура 2. Средномесечни разлики между измерена и оценена височина на снежната покривка за станция Генерал Тошево.

В непланинските райони в Южна България преобладават отрицателните отклонения. В планинските райони отклоненията са преобладаващо положителни. Най-малки са през януари и февруари. а най-големи през ноември, декември и март.

Таблица 1. Обобщени резултати за средната височина на снежната покривка, средноквадратичната грешка (RMSE) и стандартизираната такава (stRMSE)

Станция	Средна височина на СП, cm	RMSE	stRMSE
Ново село	13.0	10.5	0.89
Видин	13.7	4.7	0.38
Грамада	14.4	7.8	0.55
Оряхово	11.1	5.6	0.45
Разград	11.0	4.5	0.40
Силистра	12.4	4.3	0.34
Калиакра	6.2	2.2	0.32
Казанлък	7.7	7.8	0.97
Карлово	9.4	7.5	0.76
Хисаря	9.8	5.6	0.58
Райково	14.4	16.3	1.16
Кърджали	10.9	7.9	0.71
Златоград	11.6	6.2	0.56
Мургаш	29.7	35.5	1.39
Рожен	46.5	31.3	0.83
Черни връх	85.6	89.8	1.60
Връх Ботев	72.8	77.5	1.50

Comparison of daily measured and simulated data for snow cover depth in Bulgaria – preliminary results

D. Nikolov, Ts. Dimitrov*

Department of Meteorology. National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *snow cover, winter precipitation and temperatures, climate change*

*email: tzvetan.dimitrov@meteo.bg

Introduction

Snow is an important meteorological element and indicator of climate change. Our previous studies have shed light on contemporary trends in snow cover patterns in Bulgaria, based on current data from the meteorological stations of the National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH). However, the NIMH network does not cover the entire territory of the country, especially in mountainous areas. Therefore, we decided to explore the possibility of using data from the ERA5-Land reanalysis for a more accurate assessment of snow.

Methodology

The study uses daily snow cover depth data from 35 meteorological stations in the country at altitudes ranging from 34 to 2376 m for the period 1961–2020, which are compared with the corresponding data from the ERA5-Land reanalysis for the same period. Daily data on snow cover depth were extracted from ERA5-Land from the closest points in the model network. To assess the accuracy of the simulated data, the root mean square error (RMSE) was used, which was standardized (stRMSE) for comparability by dividing the standard deviation.

Results and conclusions

The smallest RMSE is in Northern Bulgaria. Two examples are presented here – for stations Lom and General Toshevo. At the Lom station, the deviations are relatively large and negative, but they have been decreasing over the years and have reversed since 2000. At the General Toshevo station, the deviations are both negative and positive. The large deviation in February 1999 is due to intense snowfall and requires further investigation and verification of the primary data.

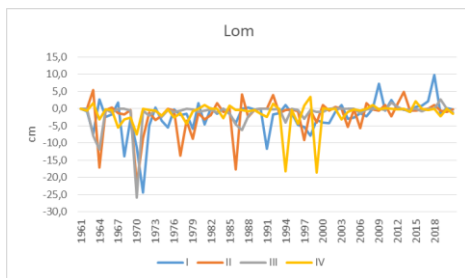


Figure 1. Average monthly differences between measured and estimated snow cover depth for Lom station.

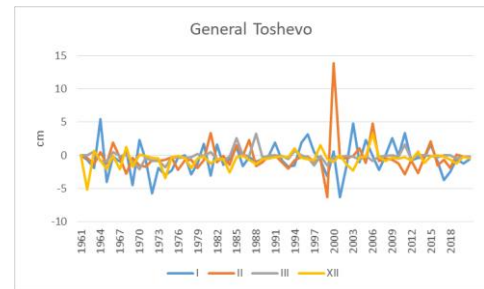


Figure 2. Average monthly differences between measured and estimated snow cover depth for the General Toshevo station.

Negative deviations prevail in the non-mountainous areas of Southern Bulgaria. In mountainous areas, deviations are predominantly positive. They are smallest in January and February and largest in November, December, and March.

Table 1. Summary results for the average snow cover height, mean square error (RMSE) and the standardized one (stRMSE)

Station	Average height of the SC, cm	RMSE	stRMSE
Novo Selo	13.0	10.5	0.89
Vidin	13.7	4.7	0.38
Gramada	14.4	7.8	0.55
Oriahovo	11.1	5.6	0.45
Razgrad	11.0	4.5	0.40
Silistra	12.4	4.3	0.34
Kaliakra	6.2	2.2	0.32
Kazanlak	7.7	7.8	0.97
Karlovo	9.4	7.5	0.76
Hisaria	9.8	5.6	0.58
Raikovo	14.4	16.3	1.16
Kardgali	10.9	7.9	0.71
Zlatograd	11.6	6.2	0.56
Murgash	29.7	35.5	1.39
Rogen	46.5	31.3	0.83
Cherni Vrah	85.6	89.8	1.60
Vrah Botev	72.8	77.5	1.50

**КЛИМАТИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И
ЕКСТРЕМНИ ХИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧНИ ЯВЛЕНИЯ**



**CLIMATE RESEARCH AND EXTREME
HYDROMETEOROLOGICAL EVENTS**



Оценка на изменението на вътрешногодишното разпределение на ресурса от повърхностни води според климатични сценарии RCP 2.6, 4.5 и 8.5 по райони на басейново управление

Е. Артинян*, П. Царев

Департамент „Хидрология“, Национален институт по метеорология и хидрология, филиал Пловдив

Ключови думи: климатични изменения, вътрешногодишно разпределение на оттока

*email: eram.artinian@meteo.bg

Въведение

Множество изследвания на ефекта на климатичните изменения върху водните ресурси през XXI век сочат увеличаване на интензивните валежи, увеличаване на продължителността на сухия сезон и намаление на валежите от сняг и съответно на снежната покривка. За България прогнозите относно изменението на годишната сума на оттока са функция от климатичния сценарий и района за басейново управление (РБУ). В това изследване се фокусираме върху измененията на оттока според климатични сценарии RCP 2.6, 4.5 и 8.5 във вътрешногодишното разпределение на оттока за четирите РБУ в България за трите климатични периода 2011–2040, 2041–2070 и 2071–2100 г.

Методология

Въз основа на данните от проекта EURO-CORDEX са изведени средно многогодишните месечни суми на оттока (Copernicus Climate Change Service, Climate Data Store, 2021) за всеки 30-годишен период и за референтния период за правоъгълен район, включващ територията на България. Данните от климатичните анализи и прогнози са преобразувани от оригиналната мрежа с клетка 5x5 km към средни стойности за всеки от четирите РБУ за трите климатични периода и трите сценария. Моделните данни на годишните суми на оттока за референтния период (1971–2000 г.) от всички комбинации между глобален, регионален и хидроложки модел (ГРХМ) са сравнени с данните на НИМХ за същия период (табл. 1). В резултат на това сравнение са подбрани тези комбинации от ГРХМ, които са най-близки до данните на НИМХ.

Таблица 1. Избраните комбинации от ГРХМ

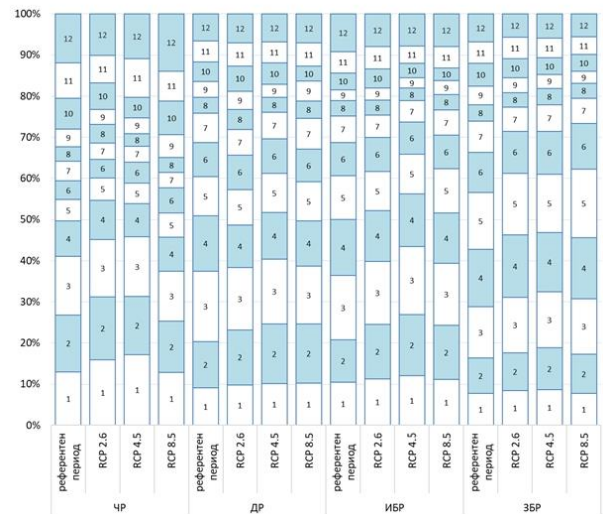
Басейн	Глобален модел	Регионален	Хидроложки	модел [mm]	НИМХ [mm]
Черноморски	HadGEM2-ES	SMHI-RCA4	E-HYPEgrid	102	100
Дунавски	HadGEM2-ES	KNMI-RACMO22E	E-HYPEgrid	114	117
Източнобеломорски	HadGEM2-ES	KNMI-RACMO22E	E-HYPEgrid	165	164
Западнобеломорски	HadGEM2-ES	SMHI-RCA4	VIC-WUR	241	240

Както се вижда от таблица 1, за четирите РБУ е избран един глобален модел, съчетан с два регионални модела и два хидроложки модела, като за три РБУ е избран моделът E-HYPEgrid, а за Западнобеломорския РБУ – моделът VIC-WUR. Въпреки че е по-детайлен и изисква повече входни данни, последният има по-ниски статистически резултати. Независимо от това единствено той симулира близки до данните на НИМХ годишни суми

за референтния период. В следващ етап са сравнени вътрешногодишните разпределения на оттока на референтния период с вътрешногодишните разпределения за всеки сценарий и за всеки от трите периода 2011–2040, 2041–2070 и 2071–2100 г.

Резултати и изводи

Като цяло вътрешногодишното разпределение на оттока за трите сценария и за трите периода показва увеличаване на зимния отток (фиг. 1) за сметка на пролетния и летния. Това се отнася за трите РБУ – Източнобеломорски (ИБР), Дунавски (ДР) и Черноморски (ЧР), и единствено за Западнобеломорски район (ЗБР) сценариите дават относително увеличение на пролетния отток.



Фигура 1. Прогнозно вътрешногодишно разпределение за 2011–2040 г. за четирите РБУ и за трите сценария, сравнено с това за референтния период 1971–2000 г.

Литература

Copernicus Climate Change Service, Climate Data Store (2021). Hydrology related climate impact indicators from 1970 to 2100 derived from bias adjusted European climate projections. Copernicus Climate Change Service (C3S), Climate Data Store (CDS). DOI: 10.24381/cds.73237ad6 (accessed on 5 May 2025).



Assessment of the change in the intra-annual distribution of surface water resources according to climate scenarios RCP 2.6, 4.5, and 8.5 by river basin management areas

E. Artinyan*, P. Tsarev

Department “Hydrology”, National Institute of Meteorology and Hydrology, branch Plovdiv

Keywords: *climatic changes, intra-annual distribution of runoff*

*email: eram.artinian@meteo.bg

Introduction

Numerous studies on the effect of climate change on water resources in the 21st century indicate an increase in intense rainfall, an increase in the duration of the dry season, and a decrease in snowfall and, accordingly, snow cover. For Bulgaria, forecasts of changes in annual runoff are a function of the climate scenario and the river basin management area (RBMA). In this study, we focus on changes in runoff according to climate scenarios RCP 2.6, 4.5, and 8.5 in the intra-annual distribution of runoff for the four RBMAs in Bulgaria, for the three climate periods 2011–2040, 2041–2070, and 2071–2100.

Methodology

Based on data from the EURO-CORDEX project, the average multi-year monthly runoff amounts (Copernicus Climate Change Service, Climate Data Store, 2021) for each 30-year period and for the reference period for a rectangular area covering the territory of Bulgaria have been calculated. The data from the climate analyses and projections have been converted from the original 5x5 km grid to average values for each of the four RBMAs for the three climate periods and the three scenarios. The model data on annual runoff totals for the reference period (1971–2000) from all combinations of global, regional, and hydrological models (GRHM) are compared with NIMH data for the same period (Table 1). As a result of this comparison the GRHM combinations closest to the NIMH data were selected.

Table 1. Chosen combinations of GRHM

Basin Directorate	Global model	Regional model	Hydrological	model [mm]	NIMH [mm]
Black Sea	HadGEM2-ES	SMHI-RCA4	E-HYPEgrid	102	100
Danube	HadGEM2-ES	KNMI-RACMO22E	E-HYPEgrid	114	117
Eas Aegean	HadGEM2-ES	KNMI-RACMO22E	E-HYPEgrid	165	164
West Aegean	HadGEM2-ES	SMHI-RCA4	VIC-WUR	241	240

As can be seen from Table 1, a global model combined with two regional models and two hydrological models was selected for the four RBMAs, with the E-HYPEgrid model selected for three RBMAs and the VIC-WUR model for the West Aegean Sea RBMA. Although it is more detailed and requires more input data, the latter has lower statistics scores. Regardless, it is the only one that simulates annual amounts close to the NIMH data for the reference period. In the next stage, the intra-annual distributions of runoff for the reference period are compared with the intra-annual distributions for each scenario and for each of the three periods 2011–2040, 2041–2070, and 2071–2100.

Results and conclusions

Overall, the intra-annual distribution of runoff for the three scenarios and for the three periods shows an increase in winter runoff (Fig. 1) at the expense of spring and summer runoff. This applies to the three RBMAs – Eastern Aegean Sea (EAS), Danube (DB) and Black Sea (BS) – and only for the Western Aegean Sea (WAS) region do the scenarios show a relative increase in spring runoff.

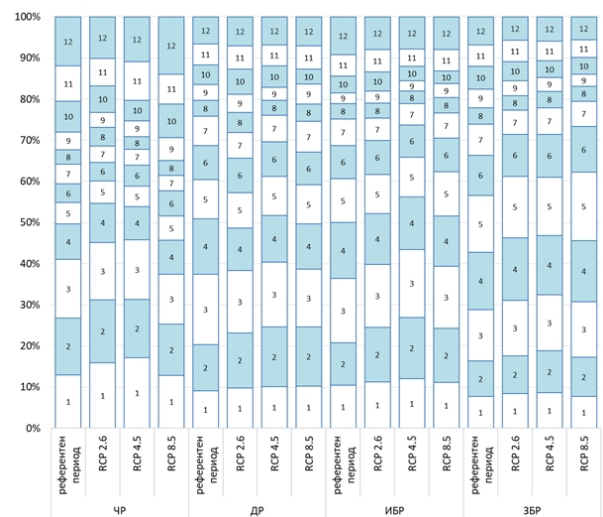


Figure 1. Projected intra-annual distribution for 2011–2040 for the four RBMAs and the three scenarios compared to that for the reference period 1971–2000. Months are marked with numbers 1 to 12. From left to right: BS, DB, EAS, WAS.

References

Copernicus Climate Change Service, Climate Data Store (2021). Hydrology related climate impact indicators from 1970 to 2100 derived from bias adjusted European climate projections. Copernicus Climate Change Service (C3S), Climate Data Store (CDS). DOI: 10.24381/cds.73237ad6 (accessed on 5 May 2025).

Екстремни валежи в България – климатична оценка на валежите през октомври 2025 г.

Л. Бочева*, К. Малчева, Т. Дарелова

Департамент „Метеорология“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: *екстремни валежи, климатичен анализ*

*email: lilia.bocheva@meteo.bg

Въведение

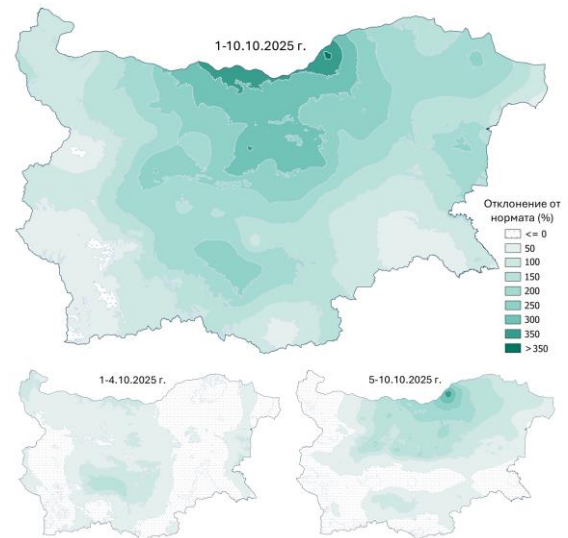
Изследванията показват, че на годишна база не се наблюдават значителни изменения на средните за страната валежи през последните 60 години. Все пак след 1990 г. в България се установяват както промени в месечното разпределение на валежите, така и тенденция за нарастване на приноса на потенциално опасните валежи към сумарния годишен валеж. Тук правим обобщение на резултатите от анализите ни от последните години върху честотата и разпределението на екстремните валежи в България. Представена е и климатична оценка на валежите от първото десетдневие на месец октомври 2025 г.

Методология

Направено е обобщение на резултатите, представени в Bocheva & Malcheva (2020), Malcheva et al. (2020) и Malcheva et al. (2026). Показани са и резултати от климатичните оценки на екстремните валежи през първата декада на октомври 2025 г., довели до наводнения в различни райони на страната и до бедствено положение в общините Несебър и Царево. Тези оценки са изготвени по искане на Министерството на околната среда и водите и Басейнова дирекция „Черноморски район“. Изчислени са периодите на случване на падналия максимален 24-часов валеж за всички метеорологични станции на Националния институт по метеорология и хидрология в близост до крайбрежието на Черно море. Като екстремни са оценени всички валежи ≥ 60 mm/24 h, което е близо до границата за обявяване на червен код за предупреждение за опасно време, съгласно системата на METEOALARM. За оценка на вероятността на превишение (P) е използвано обобщеното разпределение на екстремни стойности (GEV) като вероятностен модел на максималния 24-часов валеж. Всички пространствени анализи са реализирани в R- и QGIS-среда чрез специално написани скриптове.

Резултати и изводи

Изследванията показват, че най-чести и най-големи като количества на средна годишна база са екстремните валежи в района на Родопите, Странджа и районите в близост до Черно море на юг от Бургас. Честотата на тези валежи е доста висока и в крайните североизточни райони на страната.



Фигура 1. Площни оценки на валежите през първото десетдневие на м. октомври 2025 г. спрямо месечната климатична норма.

Валежите през първото десетдневие на октомври 2025 г. надвишават месечните норми за по-голямата част от страната (фиг. 1). Измереният на 03.10.2025 г. валеж в с. Кости е абсолютен максимум за максимален годишен 24-часов валеж за целия период на измерване от 1948 г. насам – 250.7 mm, и се оценява като валежно количество с период на повторение веднъж на 255 години. За останалите станции изчислените периоди на повторение са значително по-малки, като за районите на Несебър и н. Емине те са около веднъж на 5–7 години.

Литература

- Bocheva, L., Malcheva, K. (2020). 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](https://doi.org/10.5593/sgem2020/4.1/s19.045)
- Malcheva, K., Marinova, T., Bocheva, L. (2020). Proceeding of 1st International Conference on Environmental Protection and Disaster RISKS 2020, pp. 452–466, doi.org/10.48365/ENVR-2020.1.41
- Malcheva, K., Neykov, N., Bocheva, L., Stoycheva, A., Neykova, N. (2026). *Climate*, 14, 39, doi.org/10.3390/cli14020039

Extreme precipitation in Bulgaria – climate assessment of precipitation in October 2025

L. Bocheva*, K. Malcheva, T. Darellova

Department of Meteorology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *extreme precipitation, climate analysis*

*email: lilia.bocheva@meteo.bg

Introduction

Research shows that on an annual basis, no significant changes in the average precipitation for the country have been observed over the past 60 years. However, after 1990, both changes in the monthly distribution of precipitation and a trend towards an increase in the contribution of potentially dangerous precipitation to the total annual precipitation have been observed in Bulgaria. Here we summarize the results of our analyses from recent years on the frequency and distribution of extreme precipitation in Bulgaria. A climate assessment of precipitation for the first ten days of October 2025 is also presented.

Methodology

This summary synthesizes the findings from Bocheva and Malcheva (2020), Malcheva et al. (2020) and Malcheva et al. (2026). It also includes a climate assessment of the extreme precipitation during the first decade of October 2025, which triggered widespread flooding and states of emergency in the Nessebar and Tsarevo municipalities. These assessments were prepared at the request of the Ministry of Environment and Water and the Basin Directorate of the Black Sea Region. The periods of occurrence of the maximum 24-hour precipitation for all meteorological stations of the National Institute of Meteorology and Hydrology near the Black Sea coast were calculated. All precipitation ≥ 60 mm/24 h was assessed as extreme, which is close to the limit for declaring a red code for a warning of dangerous weather, according to the METEOALARM system. To estimate the probability of exceedance (P), the generalized extreme value (GEV) distribution was used as a probabilistic model of the maximum 24-hour precipitation. All spatial analyses were implemented in R and QGIS environments using specially written scripts.

Results and conclusions

Research shows that the most frequent and largest amounts of extreme precipitation on an average annual basis are in the Rhodope Mountains, Strandzha and the areas near the Black Sea south of Burgas. The frequency of these precipitations is also quite high in the extreme northeastern regions of the country.

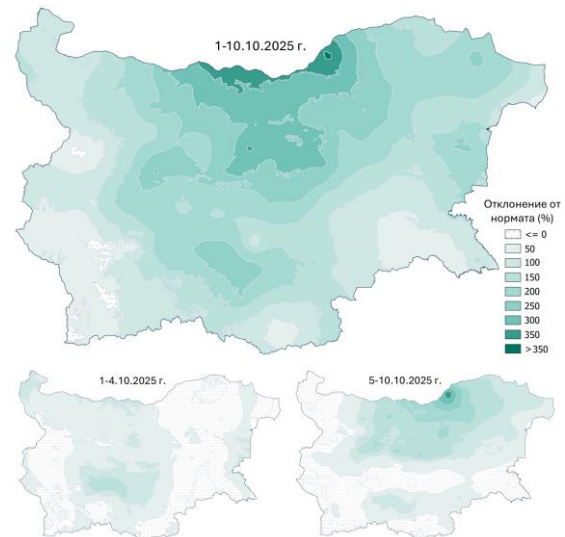


Figure 1. Precipitation for period 1–10 October 2025, estimated relative to the monthly climatic norm.

Precipitation in the first ten days of October 2025 exceeds the monthly normals for most of the country (Fig. 1). The precipitation measured on 03.10.2025 in the village of Kosti is an absolute maximum for the maximum annual 24-hour precipitation for the entire measurement period since 1948 – 250.7 mm, and is estimated as a precipitation amount with a recurrence period of once every 255 years. For the other stations, the calculated recurrence periods are significantly smaller, and for the regions of Nessebar and Emine they are about once at every 5–7 years.

References

- Bocheva, L., Malcheva, K. (2020). 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](https://doi.org/10.5593/sgem2020/4.1/s19.045)
- Malcheva, K., Marinova, T., Bocheva, L. (2020). Proceeding of 1st International Conference on Environmental Protection and Disaster RISks 2020, pp. 452–466, doi.org/10.48365/ENVR-2020.1.41
- Malcheva, K., Neykov, N., Bocheva, L., Stoycheva, A., Neykova, N. (2026). *Climate*, 14, 39, doi.org/10.3390/cli14020039



Приложение на годишни индекси от климатичната класификация на Кьопен като индикатори за възможни рискови процеси

Х. Попов*

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

Ключови думи: *изменение на климата, климатична класификация на Кьопен, годишен тип климат, суша и наводнения*

*email: hpopov@uni-sofia.bg

Въведение

Климатичната класификация на Кьопен (Köppen, 1918) е една от първите, създадена на базата на конкретни емпирични стойности на климатичните елементи. Доразвита от някои автори през годините, в началото на 80-те години на XX век Brisse et al. (1982) предлагат вариант на изследване на климатите на нашата планета чрез използване на годишни индекси, определени на базата на класификацията на Кьопен. За територията на България подобно изследване прави Роров (2022).

Методология

В настоящата статия е използван годишният климатичен индекс от класификацията на Кьопен. На база на него е предложен нов подтип за втората буква, който да описва условия през годината, свързани с рискови процеси като засушавания и наводнения.

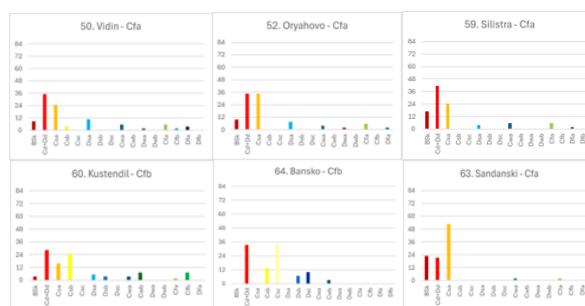
Таблица 1. Критерии за определяне на втората буква от индекса според климатичната класификация на Кьопен (DSM – най-сух месец през топлото полугодие, WSM – най-валежен месец през топлото полугодие, DWM – най-сух месец през студеното полугодие, WWM – най-валежен месец през студеното полугодие)

Индекс	Описание	Критерий
s	Сухо лято	DSM под 40 mm и 3 пъти по-малко от WWM
w	Суха зима	DWM 10 пъти по-малко от WSM
f	Без сух сезон	Не отговаря на s и w
d	Риск	Отговаря и на s, и на w

Резултати и изводи

Резултатите от използването на годишен климатичен индекс емпирично доказват наличието на средиземноморско влияние в България. Това влияние е регистрирано не само в най-югозападните части на страната, където обхваща до 50% от изследвания период, но дори и в най-северните в крайдунавските низини. В изследваните територии са регистрирани години с изразено засушаване на годишна база. Освен типичните за класификацията на

Кьопен сухо лятно полугодие (характерно за Средиземноморския климат) и сухо зимно полугодие (характерно за мусонните режими), използвайки годишния климатичен индекс, откриваме и такива, които отговарят и на двата типа и съответно през всяко от полугодията е възможно както сух месец с изразено засушаване, така и дъждовен месец с условия за наводнения.



Фигура 1. Дял на годишните климатични индекси според модифицираната класификация на Кьопен.

Литература

- Brisse, H., Grandjouan, R., De Ruffray, P. (1982). Les types de climats annuels, un mode d'expression des gradients climatiques intégrant les variations interannuelles. *La Météorologie* VIe série 31:39–81.
- Köppen, W. (1918). Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf (Classification of climates according to temperature, precipitation and seasonal cycle). *Petermanns Geogr. Mitt.*, 64, 193–203, 243–248.
- Popov, H. (2022). Using Köppen Climate Classification Like Diagnostic Tool to Quantify Climate Variation in Lower Danube Valley for the Period 1961–2017. A. Negm et al. (eds.), *The Lower Danube River, Hydro-Environmental Issues and Sustainability*, p. 255–271, Earth and Environmental Sciences Library. SPRINGER https://doi.org/10.1007/978-3-031-03865-5_8



Application of annual indices from the Köppen climate classification as indicators of possible risk processes

H. Popov*

Faculty of Geology and Geography, Sofia University “St. Kliment Ohridski”

Keywords: *climate change, Köppen climate classification, annual climate type, drought and floods*

*email: hpopov@uni-sofia.bg

Introduction

The Köppen climate classification (Köppen, 1918) is one of the first created on the basis of specific empirical values of the climatic elements. Developed by some authors over the years, in the early 1980s Brisse et al. (1982) proposed a variant of studying the climates of our planet through the use of annual indices determined on its basis. For the territory of Bulgaria, a similar study was conducted by Popov (2022).

Methodology

This article uses the Annual Climate Type (ACT) from the Köppen classification. In recent paper we define index for every single year according Köppen classification. Based on it, a new subtype for the second letter is proposed to describe conditions during the year related to risk processes, such as droughts and floods.

Table 1. Criteria for determining the second letter of the index according to the Köppen climate classification (DSM – driest month in the warm half of the year, WSM – wettest month in the warm half of the year, DWM – driest month in the cold half of the year, WWM – wettest month in the cold half of the year)

Index	Description	Criterion
s	Dry summer	DSM less than 40 mm & 3 times less than WWM
w	Dry winter	DWM 10 times less than WSM
f	Without dry period	Neither s nor w
d	Risk for drought or/and floods	Respond to s & w

Results and conclusions

The results of using an Annual Climate Index empirically prove the presence of a Mediterranean influence in Bulgaria. This influence is registered not only in the most southwestern parts of the country, where it covers up to 50% of the studied period, but even in the most northern ones in the Danube lowlands. In the studied territories, years with pronounced drought on an annual basis have been registered. Beyond the typical Köppen classifications of dry summer (Mediterranean) and dry winter (monsoon) half-years, using the Annual Climate Index (ACI) we also find those that exhibit both

patterns; consequently, both extreme drought and flood conditions can occur within either half-year.

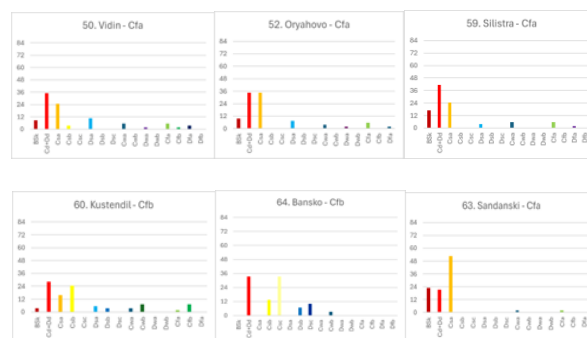


Figure 1. Share of Annual Climate Indices according to the modified Köppen classification.

Reference

- Brisse, H., Grandjouan, R., De Ruffray, P. (1982). Les types de climats annuels, un mode d'expression des gradients climatiques intégrant les variations interannuelles. *La Météorologie* Vle série 31:39–81.
- Köppen, W. (1918). Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf (Classification of climates according to temperature, precipitation and seasonal cycle). *Petermanns Geogr. Mitt.*, 64, 193–203, 243–248.
- Popov, H. (2022). Using Köppen Climate Classification Like Diagnostic Tool to Quantify Climate Variation in Lower Danube Valley for the Period 1961–2017. A. Negm et al. (eds.), *The Lower Danube River, Hydro-Environmental Issues and Sustainability*, p. 255–271, Earth and Environmental Sciences Library. SPRINGER https://doi.org/10.1007/978-3-031-03865-5_8



Оценка на съвременните тенденции в изменението на продължителността на снежната покривка в планинските райони на България

Д. Николов, Ц. Димитров*

Департамент „Метеорология“, Национален институт по метеорология и хидрология
Ключови думи: *снежна покривка, зимни валежи и температури, изменение на климата*

*email: tzvetan.dimitrov@meteo.bg

Въведение

Снежната покривка търпи съществено изменение в последните години под влияние на изменящия се климат. Предишно наше изследване на сезонните ѝ максимуми в планинските райони на страната изненадващо не показва съществено изменение на тази характеристика освен за най-високите участъци. Затова сега се фокусираме върху продължителността на снежната покривка в тези райони.

Методология

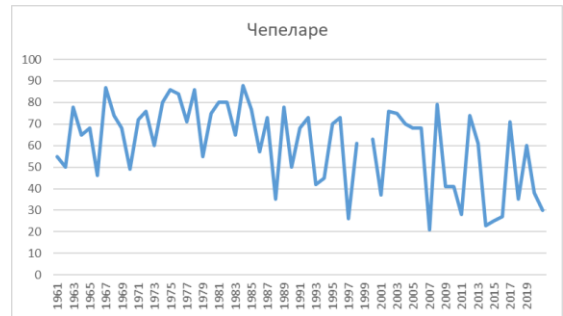
Изследването използва данни от 21 метеорологични станции с надморска височина от 600 до почти 3000 m за периода 1961–2020 г. Изследвана е основно продължителността на снежната покривка като брой дни с такава. Използвани са тестът на Ман-Кендъл за оценка на знака и статистическата значимост на тренда и тестът на Петит за откриване на точки на разрыв на хомогенността на редиците.

Резултати и изводи

Установена е обща тенденция на намаляващи трендове на броя дни със снежна покривка за почти всички станции, с изключение на най-високите райони (Черни връх, вр. Ботев, Рожен, както и Боровец), където изменението е незначително. Най-силно изразено е намаляването на продължителността на снежната покривка в по-ниските части на Родопите и Стара планина – напр. станции Велинград, Хвойна, както и Чепеларе, Копривщица и др. Значително по-слабо е в Рила. По-долу са дадени като примери някои от съответните графики.



Фигура 1. Брой дни със снежна покривка за станция Велинград.



Фигура 2. Брой дни със снежна покривка за станция Чепеларе.



Фигура 3. Брой дни със снежна покривка за станция Боровец

Резултатите от Ман-Кендъл теста за избрани станции са представени в таблица 1.

Таблица 1. Резултати от Ман-Кендъл теста за броя дни със снежна покривка при ниво на значимост 0.05: „–“ – намаляване, статистически незначимо; „-sign“ – намаляване, статистически значимо

Станция	Надморска височина, m	МК сп.
Драгоман	715	-sign
Трън	706	-sign
Велинград	743	-sign
Банско	917	–
Райково	868	-sign
Копривщица	1045	-sign
Чепеларе	1150	-sign
Боровец	1264	–
Мургаш	1687	–
Рожен	1750	–
Черни връх	2286	–
Връх Ботев	2376	–



Assessment of contemporary trends in changes in the duration of snow cover in the mountainous regions of Bulgaria

D. Nikolov, Ts. Dimitrov*

Department of Meteorology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *snow cover, winter precipitation and temperatures, climate change*

*email: tzvetan.dimitrov@meteo.bg

Introduction

Snow cover has undergone significant changes in recent years due to climate change. Our previous study of seasonal maximums in the mountainous regions of the country surprisingly showed no significant change in this characteristic, except for the highest areas. Therefore, we are now focusing on the duration of snow cover in these areas.

Methodology

The study uses data from 21 meteorological stations at altitudes ranging from 600 to almost 3000 m for the period 1961–2020. It mainly examines the duration of snow cover as the number of days with snow cover. The Mann-Kendall test was used to assess the sign and statistical significance of the trend, and the Petit test was used to detect points of break in the homogeneity of the series.

Results and conclusions

A general downward trend in the number of days with snow cover has been observed for almost all stations, with the exception of the highest areas (Cherni Vrah, peak Botev, Rozhen, as well as Borovets), where the change is insignificant. The decrease in the duration of snow cover is most pronounced in the lower parts of the mountains of Rhodopes and Stara Planina, e.g., the stations of Velingrad, Hvoina, as well as Chepelare, Koprivshitsa, etc. It is significantly weaker in Rila. Below are shown some examples of the relevant graphs.

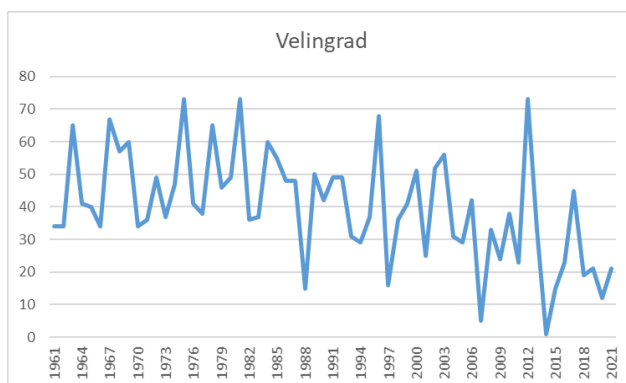


Figure 1. Number of days with snow cover for Velingrad station.

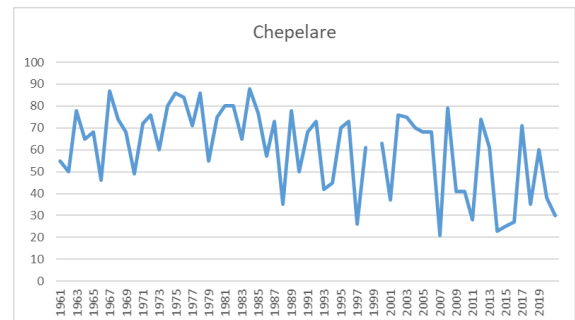


Figure 2. Number of days with snow cover for Chepelare station.

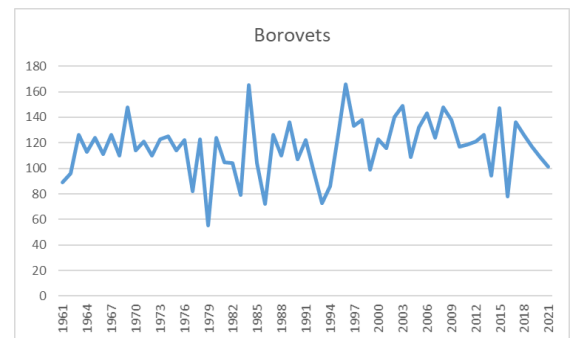


Figure 3. Number of days with snow cover for Borovets station.

The results of the Mann-Kendall test for selected stations are presented in Table 1.

Table 1. Results of the Mann-Kendall test or the number of days with snow cover at a significance level 0.05: “–” – decrease, statistically insignificant; “-sign” – decrease, statistically significant

Station	Altitude, m	MK sc.
Dragoman	715	-sign
Tran	706	-sign
Velingrad	743	-sign
Bansko	917	–
Raikovo	868	-sign
Koprivshitsa	1045	-sign
Chepelare	1150	-sign
Borovets	1264	–
Murgash	1687	–
Rojen	1750	–
Cherni Vrah	2286	–
Peak Botev	2376	–

Метод на обратни траектории за определяне на източници на влага в България: ключ към динамиката на засушаването

Р. Сори¹, М. Стоянович¹, Г. Герова², А. Перез-Аларкон^{1,3,4}, М. Вазкез¹, Дж. Ернст¹, Р. Нието^{1,5}, Л. Химено^{1,5}

¹Лаборатория по физика на околната среда (EPhysLab), Университет на Виго, Испания

²Физически факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“

³Лисабонски университет, Португалия

⁴Департамент по метеорология, Университет на Хавана, Куба

⁵Суперкомпютърен център „Галисия“ (CESGA), Испания

Ключови думи: суша, източници на влажен въздух, транспорт на влажен въздух

Въведение

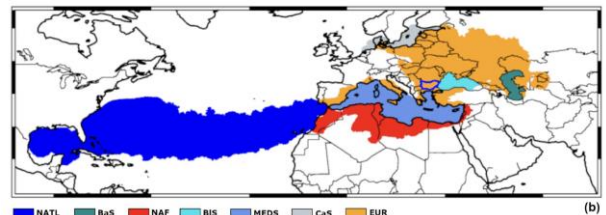
Изменението на валежите над континентите е от съществено значение за разбирането на еволюцията на климатичната система. Глобалното затопляне увеличава способността на атмосферата да задържа влага и води до промени в опасните метеорологични явления като суши и наводнения (Seneviratne et al., 2021). Основните източници на влага за Европа включват прилежащите континентални области, Северна Африка, Средиземно море, Черно и Каспийско море, както и части от Северния Атлантически океан. Продължителният дефицит на валежи води до суша, която причинява значителни икономически загуби в горското стопанство, земеделието и животновъдството. В България отрицателните аномалии на валежите увеличават вероятността от по-чести и интензивни суши, като оказват влияние върху водните ресурси и земеделската продукция. Страната е особено уязвима към нарастващата честота на сухите и свързаните с тях екологични, социални и икономически последици. Докато предходните изследвания се фокусират основно върху последициите от опасните явления, идентифицирането на причинно-следствените механизми остава ключово за подобряване на тяхната прогноза. Скорешни проучвания показват, че намаленият пренос на влага от Средиземно море е основен фактор за възникването на суши на Балканите (Gimeno-Sotelo et al., 2024). Цел на тази работа е да се определи приносът на източници на влажни въздушни маси, които определят валежите в България.

Методология

В настоящото изследване океанските и континенталните въздушни маси за България са идентифицирани с помощта на модела за обратни траектории FLEXPART, което позволява детайлна оценка на произхода и факторите, определящи изменчивостта на валежите. Използвани са глобални полета на разликата между изпарение и валеж ($E - P$), интегрирани по вертикалния атмосферен стълб, за проследяване на въздушните маси над България до 10 дни назад във времето, в съответствие със средното време на престой на водните пари в атмосферата.

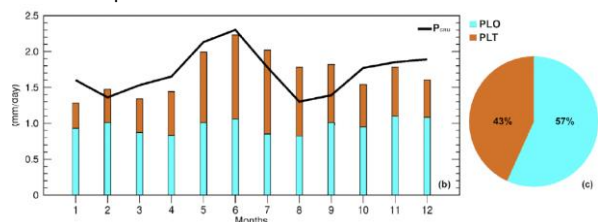
Резултати

Резултатите за периода 1980–2018 г. (фиг. 1) показват, че влагата над България произхожда както от континентални, така и от океански региони: Европа (26%), Северна Африка (17%), Балтийско море (3%), Черно море (7%), Каспийско море (2%), Средиземно море (30%) и Северен Атлантически океан (16%). Въпреки че Средиземно море осигурява най-голям дял от влагата, потвърждавайки ключовата му роля в хидроклиматичния режим на страната, приносът на останалите източници също е съществен и не бива да бъде пренебрегван.



Фигура 1. Региони – източници на влага за България.

Резултатите показват, че 57% от общата загуба на влага над България се осъществява от въздушни маси с океански произход (фиг. 2), като Средиземно море и континенталният регион, обхващащ Централна и Източна Европа, се открояват като най-значими източници.



Фигура 2. Годишен цикъл на валежите над България (черна линия) и океански (сини колони) и континентални (кафяви колони) източници (ляво). Общ принос в % на влагата от океански и континентални източници (дясно).

Литература

- Gimeno-Sotelo et al. (2024). Unravelling the origin of the atmospheric moisture deficit that leads to droughts. *Nature Water*, 2(3), pp. 242–253.
- Seneviratne et al. (2021). Working group I, 6th IPCC assessment report, pp. 1513–1766.
- Sorí et al. (2026). Lagrangian Identification of Bulgaria's Moisture Sources: A Key to Understanding Drought Dynamics. *Earth Syst. Environ.*, 10, 81–99.

Lagrangian identification of Bulgaria's moisture sources: A key to understanding drought dynamics

R. Sorí¹, M. Stojanovic¹, G. Guerova², A. Pérez-Alarcón^{1,3,4}, M. Vázquez¹, J. Ernst¹, R. Nieto^{1,5}, L. Gimeno^{1,5}

¹Environmental Physics Laboratory (EPhysLab), University of Vigo, Spain

²Faculty of Physics, Sofia University "St. Kliment Ohridski"

³University of Lisboa, Portugal

⁴Department of Meteorology, University of La Habana, Cuba

⁵Galicia Supercomputing Center (CESGA), Spain

Keywords: *drought, sources of moisture, moisture transport*

Introduction

Continental precipitation variability is essential for understanding climate system evolution. Global warming has increased atmospheric moisture capacity and altered circulation patterns, intensifying extremes such as droughts and floods (Seneviratne et al., 2021). Key moisture sources for Europe include surrounding land areas, North Africa, the Mediterranean, Black and Caspian Seas, and parts of the North Atlantic. Prolonged precipitation deficits lead to drought, causing significant economic losses in forestry, agriculture, and livestock. In Bulgaria, negative precipitation anomalies increase the likelihood of frequent and severe droughts, affecting water resources and agricultural productivity. The country is particularly vulnerable to rising drought frequency and its ecological, social, and economic impacts. While prior research has focused mainly on impacts, identifying causal mechanisms remains critical for improving predictability. Recent studies indicate that reduced moisture transport from the Mediterranean is a key driver of droughts in the Balkans (Gimeno-Sotelo et al., 2024). More detailed national-scale analyses are needed to clarify the role of all climatological moisture sources influencing precipitation in Bulgaria.

Methodology

In this study, the oceanic and terrestrial moisture sources for Bulgaria were identified using the Lagrangian model FLEXPART, enabling a detailed assessment of the origin and drivers of precipitation variability and extreme events. Global fields of evaporation minus precipitation ($E - P$) integrated over the atmospheric column were employed to trace air masses over Bulgaria up to 10 days backward in time, consistent with the mean residence time of atmospheric water vapour.

Results

The results for the period 1980–2018 (Fig. 1) indicate that moisture over Bulgaria originates from both continental and oceanic regions: Europe (26%), Northern Africa (17%), the Baltic Sea (3%), the Black Sea (7%), the Caspian Sea (2%), the Mediterranean Sea (30%), and the North Atlantic Ocean (16%). Although the Mediterranean Sea provides the largest share of moisture, confirming its key role in the country's hydroclimatic regime, contributions from other sources remain significant and should not be neglected.

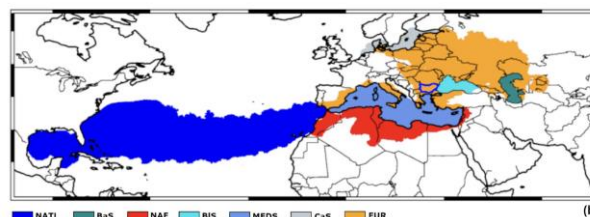


Figure 1. Moisture source regions for Bulgaria.

The results show that 57% of the total moisture loss over Bulgaria occurs on air masses from oceanic origin (Fig. 2), standing out the Mediterranean Sea and the land region encompassing Central and Eastern Europe as the most significant suppliers.

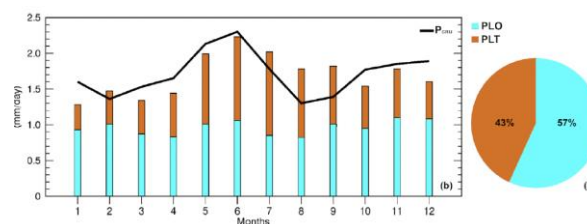


Figure 2. Annual cycle of the precipitation over Bulgaria (black line), and the moisture contribution to precipitation from oceanic (blue bars) and terrestrial (brown bars) sources (left). The total percentage of moisture contribution from oceanic and terrestrial sources (right).

References

- Gimeno-Sotelo et al. (2024). Unravelling the origin of the atmospheric moisture deficit that leads to droughts. *Nature Water*, 2(3), pp. 242–253.
- Seneviratne et al. (2021). Working group I, 6th IPCC assessment report, pp. 1513–1766.
- Sorí et al. (2026). Lagrangian Identification of Bulgaria's Moisture Sources: A Key to Understanding Drought Dynamics. *Earth Syst. Environ.*, 10, 81–99.



Съвременни тенденции в климатичните изследвания с ГИС

Д. Савова-Георгиева*

Есри България

Ключови думи: ГИС, климатични изследвания, симулации, машинно обучение

*email: d.savova@esribulgaria.com

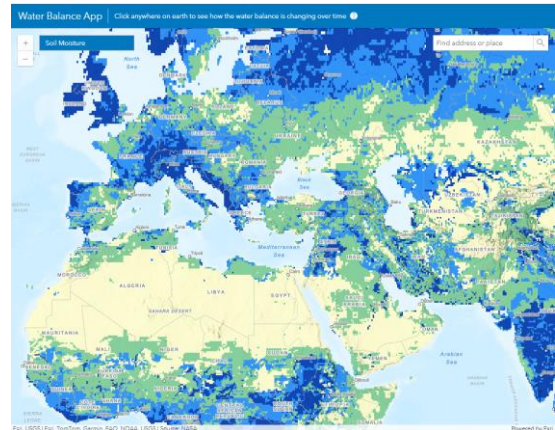
Въведение

Изследването на климата и настъпващите промени изисква анализ, интерпретация и визуализация на бързо променящи се и обемни пространствени данни. В този контекст географските информационни системи (ГИС) се утвърждават като ключова технологична платформа, която предоставя на учените и изследователите възможности за интеграция на разнородна информация, прилагане на съвременни технологии за пространствен анализ и трансформиране на научните резултати в практически приложими знания. Настоящият обзор разглежда съвременните тенденции в климатичните изследвания с фокус върху добрите примери от практиката.

Методология

Обзорът се основава на систематичен преглед и анализ на научни публикации, технологични доклади, платформи и практически приложения в областта на климатичните изследвания с ГИС. Подборът на източници е извършен с цел обхващане на актуални разработки и утвърдени практики, отразяващи съвременните тенденции в използването на ГИС технологии за анализ, моделиране (Hawchar et al., 2020) и визуализация на климатични процеси. Анализът на източниците включва както научни изследвания, така и примери от практиката (GIS for Climate, 2026), които демонстрират приложението на ГИС в реални изследователски и оперативни контексти.

В рамките на обзора са разгледани тематични направления, свързани с анализ и мониторинг на замърсяване с емисии, изследване на природни бедствия и екстремни явления като резултат от климатичните промени, както и приложения на ГИС в опазването и управлението на околната среда. Специално внимание е отделено на използването на многомерни данни, уеб картографски приложения (фиг. 1) и платформи, пространствени симулации и методи на машинното обучение и изкуствения интелект за откриване на закономерности и подпомагане на интерпретацията на климатичните процеси.



Фигура 1. Water Balance App – уеб ГИС приложение за историческо проследяване на водните запаси на планетата.

Резултати и изводи

Съвременните климатични изследвания все по-често разчитат на ГИС като интегрирана платформа за моделиране, интерпретация и визуално представяне на комплексни климатични процеси. Очертават се ясно изразени тенденции към работа с големи обеми данни във времето и пространството, комбиниране на информация от дистанционни изследвания и наземни наблюдения, както и прилагане на многомерни подходи.

Нараства и ролята на машинното обучение и изкуствения интелект в ГИС среда за откриване на закономерности, класификация и подпомагане на прогнозни оценки. Представените добри примери от практиката потвърждават еволюцията на ГИС от инструмент за картографска визуализация към аналитична и прогнозна платформа с висока практическа приложимост в климатичните изследвания.

Литература

- GIS for Climate (2026): <https://climate-arcgis-content.hub.arcgis.com/> (accessed on 16 February 2026).
- Hawchar, L., Naughton, O., Nolan, P., Stewart, M.-G., Ryan, P. C. (2020). A GIS-based framework for high-level climate change risk assessment of critical infrastructure. *Climate Risk Management*, 29, 100235. Elsevier.



Recent trends in climate research using GIS

D. Savova-Georgieva*

Esri Bulgaria

Keywords: *GIS, climate research, simulations, machine learning*

*email: d.savova@esribulgaria.com

Introduction

The study of climate and ongoing climate change requires the analysis, interpretation, and visualization of rapidly evolving and large-volume spatial data. In this context, Geographic Information Systems (GIS) have become a key technological platform, providing scientists and researchers with capabilities for integrating heterogeneous data, applying advanced analytical techniques, and transforming scientific results into practically applicable knowledge. This review examines recent trends in climate research with a particular focus on good practice examples demonstrating the role of GIS technologies.

Methodology

The review is based on a systematic examination and analysis of scientific publications, technological reports, platforms, and practical applications related to climate research using GIS. The selection of sources aims to capture recent developments and established practices that reflect current trends in the use of GIS technologies for the analysis, modeling (Hawchar et al., 2020), and visualization of climate processes. The reviewed materials include both scientific studies and practice-oriented examples (GIS for Climate, 2026), illustrating the application of GIS in real research and operational contexts.

The review addresses thematic areas related to the analysis and monitoring of emissions-related pollution, the study of natural hazards and extreme events as consequences of climate change, and the application of GIS in environmental protection and management. Particular attention is given to the use of multidimensional data, web-based cartographic applications (Fig. 1), and geospatial platforms, as well as spatial simulations and machine learning and artificial intelligence methods for pattern detection and improved interpretation of climate processes.

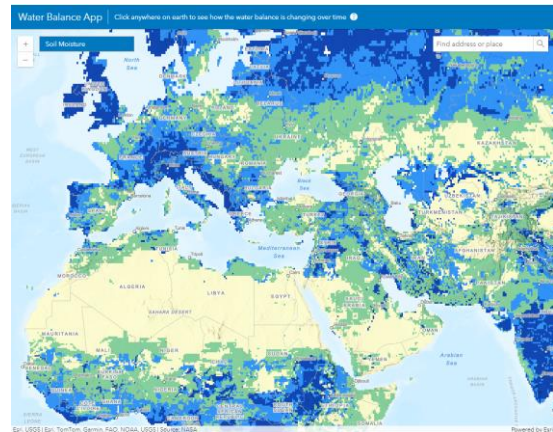


Figure 1. Water Balance App – a web GIS application for historical monitoring of global water resources.

Results and conclusions

Contemporary climate research increasingly relies on GIS as an integrated platform for modeling, interpretation, and visual representation of complex climate processes. Clear trends can be observed toward working with large volumes of spatio-temporal data, integrating information from remote sensing and in situ observations, and applying multidimensional analytical approaches.

The role of machine learning and artificial intelligence within GIS environments is also growing, particularly for pattern recognition, classification, and support of predictive assessments. The reviewed good practice examples confirm the evolution of GIS from a cartographic visualization tool into an analytical and predictive platform with high practical relevance for climate research.

References

- GIS for Climate (2026): <https://climate-arcgis-content.hub.arcgis.com/> (accessed on 16 February 2026).
- Hawchar, L., Naughton, O., Nolan, P., Stewart, M.-G., Ryan, P. C. (2020). A GIS-based framework for high-level climate change risk assessment of critical infrastructure. *Climate Risk Management*, 29, 100235. Elsevier.



Климатология на интегрирания транспорт на водни пари (IVT) за периода 1994–2023 г. и изследване на атмосферна река през ноември 2023 г. в България

Б. Косташки^{1*}, М. Хаджиев^{2*}, Г. Герова³

¹ ДП „Ръководство на въздушното движение“

² Сектор „Метеорология“, Национален институт по метеорология и хидрология, филиал Пловдив

³ Физически факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“

Ключови думи: *интегриран транспорт на водни пари, атмосферни реки, екстремни валежи, климатология*

*email: bilyana.kostashki@bulatsa.com; mhadzhiev@meteo.bg

Въведение

През последните десетилетия се наблюдава нарастване на честотата и интензитета на опасните метеорологични явления, като наводнения и екстремни валежи. Един от основните механизми за пренос на големи количества атмосферна влага са т.нар. атмосферни реки (Atmospheric rivers, AR). Те представляват тесни и дълги зони с интензивен хоризонтален пренос на водна пара. AR са добре изследвани в региони като Западна Европа и Северна Америка, но ролята им за екстремните валежи в Югоизточна Европа и по-специално в България остава слабо проучена. Интегрираният пренос на водна пара (Integrated vapour transport, IVT) е ключов диагностичен параметър за идентификация и анализ на атмосферните реки. Настоящото изследване има за цел да изготви първата дългосрочна климатология на IVT за България и да анализира конкретно опасно метеорологично явление през ноември 2023 г.

Методология

Използван е атмосферен реанализ ERA5 за периода 1994–2023 г. IVT е изчислен на база специфична влажност и компоненти на вятъра на 10 изобарни нива (1000–50 hPa) и е пространствено осреднен за територията на България. Анализирани са климатологичните стойности и аномалиите през 2023 г. Избрано е опасно атмосферно явление на 4 ноември 2023 г., за което са разгледани почасови аномалии на IVT и данни от каталога EDARA (Mo, 2024).

Резултати и изводи

IVT над България показва ясно изразен сезонен цикъл с летен максимум и зимен минимум. През 2023 г. се наблюдават значителни положителни аномалии, особено през есента.

Събитието от 4 ноември 2023 г. е свързано с добре дефинирана атмосферна река, пренасяща влага от Атлантическия океан и Средиземно море към Балканите. Получените резултати подчертават значението на атмосферните реки за екстремните валежи и потенциала на IVT като диагностичен инструмент в оперативното прогнозиране. Подробно

описание на изследването е направено в публикацията на Kostashki et al. (2025).

Литература

- Kostashki, B., M. Hadzhiev, G. Guerova. Integrated Vapour Transport Climatology 1994–2023 and a Case Study of an Atmospheric River Event in November 2023 in Bulgaria. *Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences*, 78(12), 2025.
- Mo, R. (2024). EDARA: An ERA5-based Dataset for Atmospheric River Analysis. *Scientific Data*, 11(1), 900.



Integrated vapour transport climatology 1994–2023 and a case study of an atmospheric river event in november 2023 in Bulgaria

B. Kostashki^{1*}, M. Hadzhiev^{2*}, G. Guerova³

¹Bulgarian Air Traffic Services Authority, BULATSA

²Sector „Meteorology“, National Institute of Meteorology and Hydrology, branch Plovdiv

³Faculty of Physics, Sofia University “St. Kliment Ohridski”

Keywords: *integrated vapour transport, atmospheric rivers, extreme precipitation, climatology*

*email: bilyana.kostashki@bulatsa.com; mhadzhiev@meteo.bg

Introduction

Recent decades have been characterized by an increase in both the frequency and intensity of hazardous meteorological phenomena, including floods and extreme precipitation events. A primary mechanism responsible for the transport of large quantities of atmospheric moisture is associated with so-called Atmospheric Rivers (ARs). These are narrow, elongated corridors of enhanced horizontal water vapour transport. While ARs have been extensively studied in regions such as Western Europe and North America, their contribution to extreme precipitation in Southeastern Europe, and particularly over Bulgaria, remains insufficiently explored. Integrated Vapour Transport (IVT) is a key diagnostic variable for the detection and analysis of ARs. The objective of this study is to establish the first long-term IVT climatology for Bulgaria and to examine a hazardous meteorological event that occurred in November 2023.

Methodology

The study is based on the ERA5 atmospheric reanalysis dataset for the period 1994–2023. IVT was computed using specific humidity and wind components at 10 isobaric levels (1000–50 hPa) and subsequently spatially averaged over the territory of Bulgaria. Climatological characteristics and anomalies for 2023 were analyzed. A hazardous atmospheric event on 4 November 2023 was selected as a case study, for which hourly IVT anomalies and information from the EDARA catalogue (Mo, 2024) were evaluated.

Results and conclusions

IVT over Bulgaria exhibits a well-defined seasonal cycle, with a summer maximum and a winter minimum. The year 2023 is characterized by pronounced positive anomalies, particularly during autumn.

The event of 4 November 2023 is associated with a clearly defined atmospheric river transporting moisture from the Atlantic Ocean and the Mediterranean Sea toward the Balkan Peninsula. The results emphasize the critical role of atmospheric rivers in generating extreme precipitation and demonstrate the potential of IVT as a diagnostic tool for operational forecasting. A comprehensive description of the study is provided in Kostashki et al. (2025).

References

- Kostashki, B., M. Hadzhiev, G. Guerova. Integrated Vapour Transport Climatology 1994–2023 and a Case Study of an Atmospheric River Event in November 2023 in Bulgaria. *Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences*, 78(12), 2025.
- Mo, R. (2024). EDARA: An ERA5-based Dataset for Atmospheric River Analysis. *Scientific Data*, 11(1), 900.



Сезонна плътност на мълниите по северната, източната, южната и западната крайбрежна зона на Черно море въз основа на данни от ZEUS (2005–2024 г.)

С. Петрова^{1*}, Р. Мицева^{1,2}

¹Физически факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“

²Стройпроект ООД, София

Ключови думи: честота на мълниите, гръмотевични облаци, Български черноморски бряг

*email: asavita@phys.uni-sofia.bg

Въведение

Изследването на разпределението на мълниите над крайбрежните зони е от съществено значение за разбирането на динамиката на гръмотевичните облаци в преходните суша–море региони.

Задача на настоящата работа е да се извърши регионален анализ на пространственото и времевото разпределение на мълниите над четирите крайбрежни зони на Черно море – северна (крайбрежието с Украйна и Крим), източна (с Русия и Грузия), южна (с Турция) и западна (с България и Румъния). Изследването е насочено към определяне на годишния, сезонния и денонощния ход на плътността на мълниите над тези области и към извършване на сравнение между плътността на мълниите над отделните крайбрежни зони с цел разкриване на характерните особености в гръмотевичната активност над различните части на Черноморското крайбрежие.

Методология

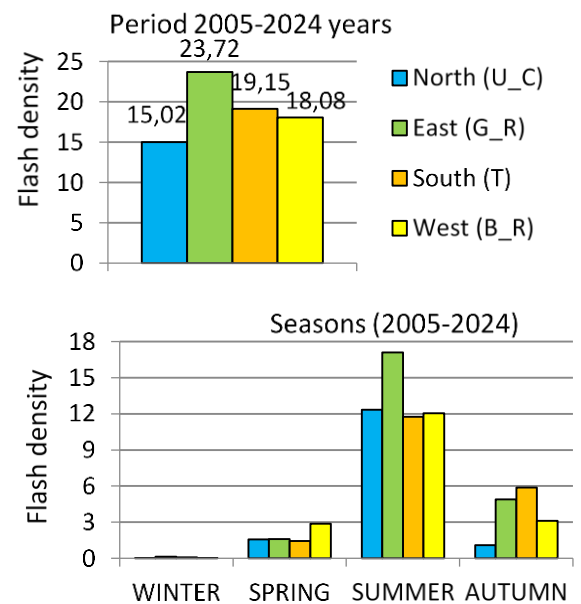
Използвани са данни за мълниите за 20-годишен период (2005–2024) от европейската наземна мрежа ZEUS, управлявана от Националната обсерватория в Атина. Черноморското крайбрежие е условно разделено на четири зони – северна (крайбрежието с Украйна и Крим), източна (с Русия и Грузия), южна (с Турция) и западна (с България и Румъния), като всяка включва крайбрежна ивица от 25 до 50 km към сушата и към морето. Поради различната площ на зоните директното сравнение на честотата на регистрираните мълнии не е представително, затова за всяка зона е изчислена плътност на мълниите, изразена като брой мълнии на квадратен километър за съответния времеви интервал. Анализът е направен за годишен, сезонен и 3-часов денонощен времеви мащаб.

Резултати и изводи

Анализът на годишната плътност на мълниите (фиг. 1, горен панел) показва изразени пространствени различия между отделните крайбрежни зони, като най-висока плътност на мълниите се отчита над Източното Черноморско крайбрежие, следвано от Южното и Западното, а най-слаба гръмотевична активност се наблюдава над Северната зона.

Анализът на сезонната плътност на мълниите (фиг. 1, долен панел) разкрива, че за всички

крайбрежни зони лятото е периодът с максимална плътност на мълниите, а през зимата мълнии почти не се наблюдават.



Фигура 1. Горен панел – годишна плътност на мълниите (бр. мълнии/km²) за 20-годишен период, 2005–2024 г., и долен панел – сезонна плътност на мълниите (брой мълнии/km²) за четирите района на Черноморското крайбрежие: Северното – North (U_C) – сини колони, Източното – East (G_R) – зелени колони, Южното – South (B_R) – оранжеви колони, и Западното – West (B_R) – жълти колони.

Сравнявайки плътността на мълниите през преходните сезони – пролет и есен, се наблюдават регионални различия. За източната и южната зона плътността на мълниите през есента е по-висока от тази през пролетта, за северната зона се разкрива обратната зависимост, докато за западното крайбрежие разлика почти няма.

Крайбрежният регион с максимална плътност на мълниите според сезона се променя; през пролетта това е Западното Черноморско крайбрежие, през лятото и зимата е Източното, а през есента – Южното.

Тези резултати подсказват, че освен широкомащабните атмосферни процеси локалните атмосферни условия, орографските особености, контрастът суша–море могат да оказват силно влияние върху сезонната динамика на честотата на мълниите.



Seasonal lightning density along the northern, eastern, southern and western coastal zones of the Black Sea using ZEUS system data (2005–2024)

S. Petrova^{1*}, R. Mitzeva^{1,2}

¹Faculty of Physics, Sofia University “St. Kliment Ohridski”

²Stroyproject LTD, Sofia

Keywords: *lightning density, thunderstorm, the Black Sea coast*

*email: asavita@phys.uni-sofia.bg

Introduction

The investigation of lightning distribution over coastal zones is of essential importance for understanding the dynamics of thunderstorms in transitional land–sea regions.

The objective of the present study is to carry out a regional analysis of the spatial and temporal distribution of lightning over the four coastal zones of the Black Sea – northern (the coasts of Ukraine and Crimea), eastern (Russia and Georgia), southern (Turkey), and western (Bulgaria and Romania). The study aims to determine the annual, seasonal, and diurnal variation of lightning density in these areas and to perform a comparison of lightning density among the individual coastal zones, in order to reveal the characteristic features of thunderstorm activity across different parts of the Black Sea coast.

Methodology

Lightning data from the European ground-based network ZEUS, operated by the National Observatory of Athens, were used for the 20-year period 2005–2024. The Black Sea coastline was conditionally divided into four zones – northern (Ukraine and Crimea), eastern (Russia and Georgia), southern (Turkey) and western (Bulgaria and Romania), each including a coastal belt extending 25 to 50 km inland and offshore. Due to the different areas of the zones, a direct comparison of the number of lightning flashes is not correct; therefore, lightning density, expressed as the number of flashes per square kilometer for a given time interval, was calculated for each zone. The analysis was performed on annual, seasonal, and 3-hour diurnal time scales.

Results and conclusions

Analysis of annual lightning density (Fig. 1, upper panel) reveals pronounced spatial differences among the coastal zones, with the highest density over the Eastern Black Sea coast, followed by the southern and western zones, and the lowest over the northern zone.

Analysis of seasonal lightning density (Fig. 1, lower panel) indicates that summer has the highest lightning activity across all coastal zones, while lightning is nearly absent during winter.

Comparing lightning density in spring and autumn reveals distinct regional differences. In the eastern and southern zones, lightning density is higher in autumn than in spring, while it is vice versa in the northern zone;

in the western coastal zone the difference between the two seasons is negligible.

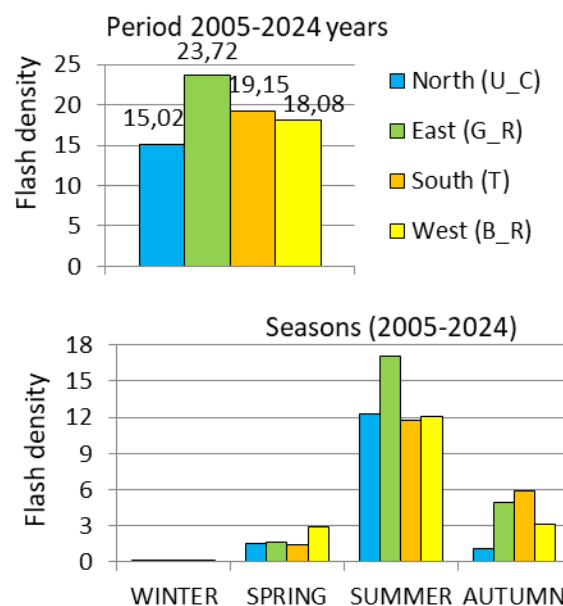


Figure 1. Upper panel – annual lightning density (flashes/km²) for the 20-year period, 2005–2024; lower panel – seasonal lightning density (flashes/km²) for the four Black Sea coastal zones: Northern – North (U_C) – blue bars, Eastern – East (G_R) – green bars, Southern – South (B_R) – orange bars, and Western – West (B_R) – yellow bars.

The coastal region with the maximum lightning density changes with the season: in spring it is along the Western Black Sea coast, in summer and winter along the Eastern coast, and in autumn along the Southern coast.

These results suggest that, in addition to large-scale atmospheric processes, local atmospheric conditions, orographic features, and land–sea contrast can have a strong influence on the seasonal dynamics of lightning frequency.



Предварителни резултати от прилагането на корекция на систематичното отклонение върху данни за температурата и валежите от множество EURO-CORDEX модели

Хр. Червенков^{1*}, К. Славов²

¹Департамент „Метеорология“, Национален институт по метеорология и хидрология

²Департамент „Прогнози и информационно обслужване“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: *климатично моделиране, EURO-CORDEX, ERA5-Land, корекция на систематичното отклонение, квантилно делта картиране*

*email: hristo.tchervenkov@meteo.bg

Въведение

В много изследвания, свързани с климата, регионалните климатични модели (PKM) се използват често като физически съдържателни инструменти за телескопизация на данните от глобалните климатични модели (ГКМ) до по-малки пространствени мащаби с оглед предоставяне на по-подробна регионална информация. Резултатите от симулациите с PKM обаче могат да съдържат големи систематични отклонения спрямо наборите от данни от наблюдения, приети като референтни. През последните десетилетия бяха създадени алгоритми за минимизиране и коригиране на тези отклонения като източници на грешки в последващите вериги на моделиране, въпреки някои критики (Teutschbein and Seibert, 2012). Проведеното от много изследователи оценяване на ефективността на различни корекционни процедури в условията на променящ се климат показва, че методите, базирани на статистическото разпределение, превъзхождат всички останали проучени техники (Teutschbein and Seibert, 2012; Themeßl et al., 2012).

Основна задача на настоящото изследване е да оцени добавената стойност на корекцията на систематичното отклонение чрез новоусвоен метод на квантилно делта картиране (англ.: quantile delta mapping, QDM), който е основан на статистическото разпределение на коригираната величина, подобрене на широко използваното квантилно картиране (англ.: quantile mapping, QM) (Cannon et al., 2015).

Методология

QDM е приложен върху първичните данни за дневната минимална, средна и максимална температура, както и сума на валежите от 14 комбинации от движещи ГКМ и PKM от проекта EURO-CORDEX за периода 1976–2005 г. над Югоизточна Европа. Ние използваме набора данни от реанализ ERA5-Land като референтен.

Резултати и изводи

В съответствие с предишни открития на други автори, ние показваме, че корекцията на систематичното отклонение с QDM намалява отклоненията в многогодишните средни стойности на средните, минималните и максималните дневни температури с до един порядък. Степента на намаляване на отклонението за многогодишната средна сума на валежа е по-малка, но все така значителна. Тези предварителни резултати могат да се оценят като многообещаващи.

Благодарности: Изследването е осъществено изцяло със свободно достъпни данни и програмни средства и затова авторите изказват благодарностите си към всички институции, които ги предоставят (ECMWF, първични ГКМ/PKM съставители, Copernicus CDS, MPI-M). Изказваме и специални благодарности към В. Т. Schwertfeger за сътрудничеството.

Литература

- Cannon, A. J., Sobie, S. R., Murdock, T. Q. (2015). Bias correction of GCM precipitation by quantile mapping: How well do methods preserve changes in quantiles and extremes? *Journal of Climate*, 28(17), 6938–6959. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-14-00754.1>.
- Teutschbein, C., Seibert, J. (2012). Bias correction of regional climate model simulations for hydrological climate-change impact studies: Review and evaluation of different methods. *Journal of Hydrology*, 456–457, 12–29. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.05.052>
- Themeßl, M. J., Gobiet, A., Heinrich, G. (2012). Empirical-statistical downscaling and error correction of regional climate models and its impact on the climate change signal. *Climatic Change*, 112(2), 449–468. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0224-4>



Preliminary results from the application of bias correction on temperature and precipitation data from multiple EURO-CORDEX models

H. Chervenkov^{1*}, K. Slavov²

¹Department of Meteorology, National Institute of Meteorology and Hydrology

²Department of Forecasts and Information Service, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *climate modelling, EURO-CORDEX, ERA5-Land, bias correction, quantile delta mapping*

*email: hristo.tchervenkov@meteo.bg

Introduction

In many climate-related studies, regional climate models (RCMs) are commonly used as physically consistent tools to downscale large-scale global climate model (GCM) data to smaller scales and to provide more detailed regional information. The results from the RCM simulations, however, can exhibit large systematic biases relative to observational datasets, accepted as reference. In recent decades, bias correction (BC) algorithms have been created to minimize and correct these biases as sources of error in subsequent modelling chains, despite criticism (Teutschbein and Seibert, 2012). The evaluation of the effectiveness of different correction procedures under varying climate conditions, conducted by many researchers, has shown that statistical distribution-based methods outperform all other investigated techniques (Teutschbein and Seibert, 2012; Themeßl et al., 2012).

The goal of the present study is to evaluate the newly adopted BC method quantile delta mapping (QDM) which is distribution-based method, improvement of the widely used quantile mapping (Cannon et al., 2015).

Methodology

QDM is applied on the primary output for the daily minimum, mean and maximum temperature as well as precipitation sum from 14 combinations of driving GCMs and RCMs from EURO-CORDEX project for the period 1976–2005 over Southeast Europe. As reference we have used the ERA5-Land reanalysis dataset.

Results and conclusions

Consistent with previous findings of other researchers, we show that bias correction with QDM reduces the biases in the multiyear mean minimum, mean, and maximum temperatures by up to one order of magnitude. The degree of reduction of the bias of the multiyear mean sum of the precipitation is smaller but still significant. These primary results could be judged as very promising.

Acknowledgements: This study is based entirely on freely accessible data and software, we express our gratitude to all institutions that provide them (ECMWF, primary GCM/RCM contributors, Copernicus CDS, MPI-M). Special thanks to B. T. Schwertfeger for the cooperation.

References

- Cannon, A. J., Sobie, S. R., Murdock, T. Q. (2015). Bias correction of GCM precipitation by quantile mapping: How well do methods preserve changes in quantiles and extremes? *Journal of Climate*, 28(17), 6938–6959. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-14-00754.1>
- Teutschbein, C., Seibert, J. (2012). Bias correction of regional climate model simulations for hydrological climate-change impact studies: Review and evaluation of different methods. *Journal of Hydrology*, 456–457, 12–29. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.05.052>
- Themeßl, M. J., Gobiet, A., & Heinrich, G. (2012). Empirical-statistical downscaling and error correction of regional climate models and its impact on the climate change signal. *Climatic Change*, 112(2), 449–468. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0224-4>



Дългосрочни тенденции в гръмотевичната активност над София – анализ на 125-годишен ред от наблюдения (1900–2025)

Л. Кърджилов*, С. Матев

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

Ключови думи: *гръмотевични бури, конвективна активност, климатични норми, изменение на климата, дългосрочни тенденции*

*email: luidmil@gmail.com

Въведение

Настоящото изследване анализира ежедневните наблюдения на гръмотевични бури, регистрирани в метеорологични станции в София за периода 1900–2025 г. Гръмотевичните бури са сред най-значимите и потенциално опасни атмосферни явления в умерените географски ширини, а дългосрочната им изменчивост е надежден индикатор за промените в конвективния потенциал на атмосферата.

Множество изследвания за Европа и Балканите документират промени в честотата и сезонното разпределение на конвективните явления в контекста на изменението на климата (Taszarek et al., 2019). За територията на България систематични дългосрочни анализи на гръмотевичната дейност са провеждани върху ограничен брой станции и за по-кратки периоди. Настоящото изследване предлага най-дългия досега анализиран непрекъснат ред от наблюдения – 125 години (1900–2025), структуриран по официалните 30-годишни климатични норми (WMO, 2017) за района на София.

Методология

Под случай с гръмотевична буря следва да се разбира денонощие, в което е регистриран поне един гръм, независимо от продължителността и интензивността на явлението. Изходните данни представляват месечни суми на дни с гръмотевична буря, регистрирани в две станции: от 1900 до началото на 1952 г. в станция Ботаническа градина, а от 1952 до 2025 г. в станцията на Националния институт по метеорология и хидрология (НИМХ). Нулевите стойности за даден месец са третираны като достоверни данни за отсъствие на явлението. За 1951 и 1960 г. липсват данни.

Метеорологичната редица е разпределена в четири официални, според СМО, 30-годишни периода: 1901–1930, 1931–1960, 1961–1990 и 1991–2020 (WMO, 2017). Годините 1900 и 2021–2025 са извън тези периоди и са анализирани като допълнение. Поради естеството на явлението – да се случва през топлото полугодие, интерес представлява проявлението му през останалата част от годината и това наложи въвеждането на ИСГА – индекс на студеносезонна гръмотевична активност, обхващащ месеците октомври–март. Тенденцията е

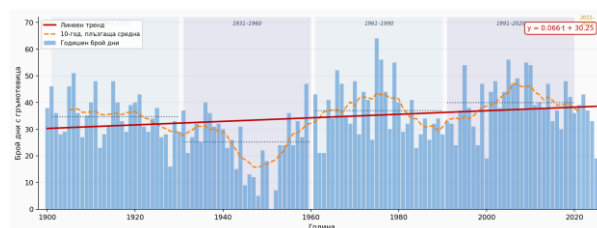
оценена чрез линейна регресия, а статистическата значимост – чрез двустранен t-тест при ниво $p < 0.05$.

Резултати и изводи

За 125-годишния период 1900–2025 г. в София са регистрирани общо 4267 дни с гръмотевична буря, при средногодишна стойност 34.4 дни. Максималната стойност е 64 дни (1975 г.), а минималната – 5 дни (1948 г.). Линейният тренд е положителен и статистически значим и възлиза на +0.7 дни/десетилетие (фиг. 1).

Анализът на 30-годишните периоди показва най-малък брой гръмотевични явления през 1931–1960 г., а най-голям – през 1991–2020 г. Интересен факт е, че линейният тренд е положителен – +2.4 дни/десетилетие, само през последния климатичен период, докато през останалите три е отрицателен.

Месечното разпределение потвърждава ясно изразен летен максимум: юни, юли и август акумулират над 60% от всички гръмотевични дни. Устойчиво нарастване (утрояване) показва ИСГА: от 30 дни (1931–1960 г.) до 90 дни (1991–2020 г.). Това разширяване на сезона на гръмотевичните бури е в съответствие с регионалните климатични тенденции за Балканите и Средиземноморието (Bocheva et al., 2015).



Фигура 1. Годишен брой дни с гръмотевична буря в София (1900–2025 г.), линейен тренд и 10-годишна плъзгаща средна. Пунктираните хоризонтални показват средните стойности за всеки климатичен период.

Литература

- Bocheva, L., et al. (2015). SGEM2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-38-4 / ISSN 1314-2704, June 18–24, 2015, Book 4, 827–834.
- Taszarek, M., et al. (2019). A climatology of thunderstorms across Europe from a synthesis of multiple data sources. *Journal of Climate*, 32(6), 1813–1837, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0372.1>
- WMO (2017). WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals. WMO-No. 1203. Geneva: World Meteorological Organization.



Long-term trends in thunderstorm activity over Sofia – analysis of a 125-year observational record (1900–2025)

L. Kardzhilov*, S. Matev

Faculty of Geology and Geography, Sofia University “St. Kliment Ohridski”

Keywords: *thunderstorms, convective activity, climatological normals, climate change, long-term trends*

*email: luidmil@gmail.com

Introduction

This study analyses daily observations of thunderstorms recorded at the Sofia meteorological station for the period 1900–2025. Thunderstorms are among the most significant and potentially hazardous atmospheric phenomena in the mid-latitudes, and their long-term variability is a reliable indicator of changes in the convective potential of the atmosphere.

Numerous studies across Europe and the Balkans document changes in the frequency and seasonal distribution of convective phenomena in the context of climate change (Taszarek et al., 2019). Systematic long-term analyses of thunderstorm activity over Bulgaria have been conducted for a limited number of stations and shorter periods. The present study offers the longest continuous observational record analysed to date – 125 years (1900–2025) – structured according to the official 30-year climatological normals (WMO, 2017) for the Sofia area.

Methodology

A thunderstorm day is defined as a calendar day on which at least one thunder is recorded, regardless of the duration or intensity of the event. The source data consist of monthly totals of thunderstorm days recorded at two stations: from 1900 to the beginning of 1952 at the Botanical Garden station, and from 1952 to 2025 at the National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH) station. Zero values for a given month are treated as reliable data indicating the absence of the phenomenon. Data for 1951 and 1960 are missing.

The record is divided into four official WMO 30-year periods: 1901–1930, 1931–1960, 1961–1990 and 1991–2020 (WMO, 2017). The years 1900 and 2021–2025 fall outside these periods and are treated as supplementary material. Given the predominantly warm-season nature of the phenomenon its occurrence during the rest of the year is of particular interest – this motivated the introduction of the CSTA (Cold-Season Thunderstorm Activity index), covering the months October–March. The trend was assessed by linear regression and its statistical significance by a two-tailed t-test at $p < 0.05$.

Results and conclusions

Over the 125-year period 1900–2025, a total of 4,267 thunderstorm days were recorded in Sofia, with a mean annual value of 34.4 days. The maximum was 64 days (1975) and the minimum 5 days (1948). The linear trend

is positive and statistically significant, amounting to +0.7 days/decade (Fig. 1).

Analysis of the 30-year periods shows the lowest number of thunderstorm events during 1931–1960 and the highest during 1991–2020. A noteworthy finding is that the linear trend is positive (+2.4 days/decade) only within the most recent climatological period, while it is negative in the other three.

The monthly distribution confirms a pronounced summer maximum: June, July and August account for over 60% of all thunderstorm days. The CSTA shows a steady increase – a tripling – from 30 days (1931–1960) to 90 days (1991–2020). This seasonal extension of thunderstorm activity is consistent with regional climate trends for the Balkans and the Mediterranean (Bocheva et al., 2015).



Figure 1. Annual number of thunderstorm days in Sofia (1900–2025), linear trend and 10-year moving average.

Dotted horizontal lines indicate the mean values for each climatological period.

References

- Bocheva, L., et al. (2015). SGEM2015 Conference Proceedings, ISBN978-619-7105-38-4 / ISSN 1314-2704, June 18–24, 2015, Book 4, 827–834.
- Taszarek, M., et al. (2019). A climatology of thunderstorms across Europe from a synthesis of multiple data sources. *Journal of Climate*, 32(6), 1813–1837, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0372.1>
- WMO (2017). WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals. WMO-No. 1203. Geneva: World Meteorological Organization.



Изследване на многогодишните колебания на средните месечни и годишни температури на въздуха за района на град Сандански

А. Голева*, С. Митков

Факултет „Екология и ландшафтна архитектура“, Лесотехнически университет, София

Ключови думи: *климат, норма, температури, тенденции*

*email: agoleva@ltu.bg

Въведение

Климатичната система е сложна, не се намира в покой и в тази връзка колебанията на климата са неизменна част от естественото ѝ развитие. През последните десетилетия интересът към темата е все по-актуален, особено на фона на значителното повишаване на средните температури през последните 30–40 години (Маринова и Бочева, ред., 2023). Нараства честотата на екстремните прояви на времето, като се установяват и по-продължителни периоди на засушаване (Alexandrov et al., 2004; Nikolova et al., 2012). Тези явления са истинско предизвикателство за живота и дейността на човешкото общество, като оказват влияние и върху концепцията за устойчивото развитие. Настоящото изследване е посветено на един от най-чувствителните за човека елементи на климата – температурите на въздуха. За целта са проследени колебанията в режима на средните месечни и годишни температури за района на гр. Сандански.

Методология

Чрез статистически методи (основни моменти, пълзящи средни, тренд анализ и др.) са изследвани многогодишните особености в хода на температурите.

Сравнени са температурите през периодите от 1931 до 2025 г. (наречен основен), от последните 30 години – 1996–2025 г. (период на съвременен климат), спрямо периода 1961–1990 г.

Статистическата обработка на данните е извършена чрез Microsoft Excel.

Резултати и изводи

Установени са положителни отклонения за всички средни месечни температури през последния 30-годишен период.

Най-ярки са измененията в средните температури на въздуха за месеците февруари, март, юни, юли, август и ноември, както и при годишните стойности. Чрез корелационен и регресионен анализ са установени предимно положителни тенденции, с умерени до значителни (за някои от месеците) и силни (при годишните стойности) връзки. След сравняване със съответните таблични стойности (t-разпределение) е установено, че измененията са статистически значими (при ниво на значимост $\alpha = 0,05$) в средните температури за месеците юли,

август, септември и декември, както и при средните годишни стойности (Мишев и Цветков, 1998).

Таблица 1. Средни месечни и годишни температури на въздуха (°C) за периода 1996–2025 г. и разлики спрямо периода от 1961–1990 г.

	1961– 1990	Средни температури (1996–2025)	Отклонения в съвременните температури (Δt)
I	2,4	3,2	+0,8
II	4,2	5,9	+1,7
III	8,6	9,5	+0,9
IV	13,5	13,9	+0,4
V	18,6	19,0	+0,4
VI	22,1	23,5	+1,4
VII	24,3	26,4	+2,1
VIII	23,8	26,1	+2,3
IX	20,2	20,9	+0,7
X	14,5	14,7	+0,2
XI	8,6	9,6	+1,0
XII	4,2	4,6	+0,4
Ср. год.	13,7	14,8	+1,1

Литература

- Маринова, Т., Бочева, Л. (ред.) (2023). Променящият се климат на България – данни и анализи. София: НИМХ.
- Мишев, Г., Цветков, С. (1998). Статистика за икономисти. София: Стопанство.
- Alexandrov, V., Schneider, M., Koleva, E., Moisselin, J.-M. (2004). Climate variability and change in Bulgaria during the 20th century. *Theoretical and Applied Climatology*, 79, pp. 133–149.
- Nikolova, N., Alieva, G., Voislavova, I. (2012). Drought periods in non-mountainous part of South Bulgaria on the background of climate change. *Geographica Pannonica*, 16(1), pp. 18–25.



Study of long-term variability in mean monthly and annual air temperatures in the city of Sandanski

A. Goleva*, S. Mitkov

Faculty of Ecology and Landscape Architecture, University of Forestry, Sofia

Keywords: *climate, climate normal, temperatures, trends*

*email: agoleva@ltu.bg

Introduction

The climate system is complex and not in a state of equilibrium; in this regard, climate variability represents an inherent part of its natural development. In recent decades, interest in this topic has become increasingly relevant, particularly against the background of a significant rise in mean temperatures over the last 30–40 years (Marinova and Bocheva, eds., 2023). The frequency of extreme weather events is increasing, and longer periods of drought are also being observed (Alexandrov et al., 2004; Nikolova et al., 2012). These phenomena pose a serious challenge to human life and activities, while also influencing the concept of sustainable development. The present study is devoted to one of the climate elements most sensitive to humans – air temperature. To this end, variability in the regime of mean monthly and annual air temperatures has been examined for the region of the city of Sandanski.

Methodology

Using statistical methods (including statistical moments, moving averages, trend analysis, etc.), the long-term characteristics of temperature variability have been examined.

Temperatures for the period 1931–2025 (hereafter referred to as the baseline period) and for the most recent 30-year interval, 1996–2025 (the contemporary climate period), were compared with those for the period 1961–1990.

All statistical analyses were conducted using Microsoft Excel.

Results and conclusions

Positive deviations were identified for all mean monthly temperatures during the most recent 30-year period.

The most pronounced changes were observed in the mean air temperatures for February, March, June, July, August, and November, as well as in the annual values. Correlation and regression analyses revealed predominantly positive trends, with moderate to considerable (for some months) and strong (for the annual values) relationships. After comparison with the corresponding tabulated values (t-distribution), it was found that the changes are statistically significant (at a significance level of $\alpha = 0.05$) for the mean temperatures of July, August, September, and December, as well as for the mean annual values (Mishev and Tsvetkov, 1998).

Table 1. Mean monthly and annual air temperatures (°C) for the period 1996–2025 and their deviations relative to the 1961–1990

	1961–1990	Mean temp. (1996–2025)	Anomalies in contemporary air temperatures (Δt)
I	2.4	3.2	+0.8
II	4.2	5.9	+1.7
III	8.6	9.5	+0.9
IV	13.5	13.9	+0.4
V	18.6	19.0	+0.4
VI	22.1	23.5	+1.4
VII	24.3	26.4	+2.1
VIII	23.8	26.1	+2.3
IX	20.2	20.9	+0.7
X	14.5	14.7	+0.2
XI	8.6	9.6	+1.0
XII	4.2	4.6	+0.4
MAT	13.7	14.8	+1.1

References

- Alexandrov, V., Schneider, M., Koleva, E., Moisselin, J.-M. (2004). Climate variability and change in Bulgaria during the 20th century. *Theoretical and Applied Climatology*, 79, pp. 133–149.
- Marinova, T., Bocheva, L. (eds.) (2023). *The Changing Climate of Bulgaria – Data and Analyses*. Sofia: National Institute of Meteorology and Hydrology.
- Mishev, G., Tsvetkov, S. (1998). *Statistics for Economists*. Sofia: Stopanstvo Publishing House.
- Nikolova, N., Alieva, G., Voislavova, I. (2012). Drought periods in non-mountainous part of South Bulgaria on the background of climate change. *Geographica Pannonica*, 16(1), pp. 18–25.



Съвременни климатични характеристики за всяка административна област В България

Р. Евгениев*, Б. Димитрова, Ц. Николова

Департамент „Метеорология“, Национален институт по метеорология и хидрология
Ключови думи: *административни области, релеф, климат, температурен режим, валежен режим*

*email: revgeniev@meteo.bg

Въведение

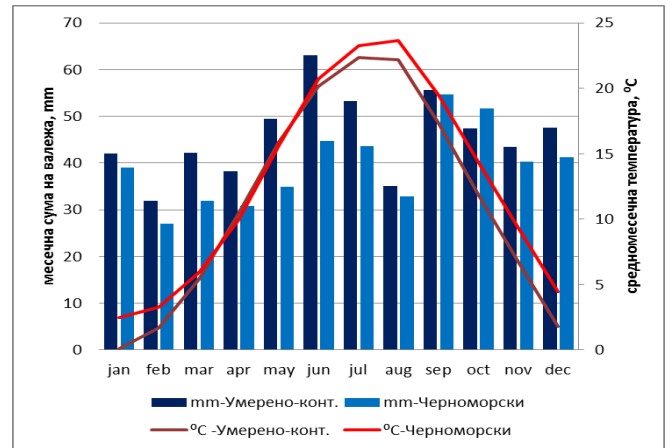
Настоящото изследване има за цел да представи обобщена характеристика на географските и климатичните особености на административните области в страната, като се открояват основните регионални различия и закономерности. То е базирано на резултатите от първата година на изпълнение на научен проект, инициран от изготвянето на новите областни планове за намаляване на риска от бедствия за нуждите на Министерството на вътрешните работи – Главна дирекция „Пожарна безопасност и защита на населението“. В тази връзка са изготвени нови климатични характеристики за всички административни области.

Методология

Изследването е базирано на обобщен анализ на географските и климатичните характеристики на всички административни области в България. Използвани са нормите, пресметнати по стандартите (WMO 1203, 2017) на Световната метеорологична организация (СМО), от всички валежкомерни и климатични метеорологични станции за периода 1991–2020 г. на територията на Република България. Извършен е експертен контрол на качеството на данните. За площно представяне на резултатите се използват QGIS и статистически методи.

Резултати и изводи

Изследвани са месечните средни, максимални и минимални температури на въздуха, сума на валежите, брой дни със снежна покривка, средна и максимална скорост на вятъра и часове слънчево греене, както и историческите екстремуми за всяка област, с цел открояване на доминиращите тенденции и типове климатични условия. Разработени са стандартизирани климатични справки за всички административни области в България. Те включват анализ на основните климатични елементи и фактори, критични за оценка на регионалния климатичен риск. Използването на най-актуалния климатичен период (1991–2020) гарантира, че справките отразяват съвременните тенденции в изменението на климата, които се съгласуват с резултатите в Маринова и Бочева (ред., 2023), което е от съществено значение за сектори като земеделие, енергетика и управление на кризи.



Фигура 1. Пример за изменение на валежите и температурата за област Добрич.

За осигуряване на публичност и приложност на резултатите работата през следващата година ще се фокусира върху създаване на интерактивна карта на България, която да визуализира климатичните характеристики по области. С публикуването на картата и справките на официалния сайт на Националния институт по метеорология и хидрология се осъществява обществен достъп за институции, специалисти и граждани.

Литература

Променяният се климат на България – данни и анализи (2023). Маринова, Т. и Бочева, Л. (ред.), НИМХ, e-ISBN 978-954-90537-3-9, <https://www.meteo.bg>, 105 с.
WMO 1203, WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals (2017), 20 pp., Chairperson, Publications Board, ISBN 978-92-63-11203-3.



Contemporary climatic characteristics for each administrative region in Bulgaria

R. Evgeniev*, B. Dimitrova, Ts. Nikolova

Department of Meteorology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *administrative regions, relief, climate, temperature regime, precipitation regime*

*email: revgeniev@meteo.bg

Introduction

The present study aims to provide a comprehensive overview of the geographical and climatic characteristics of the administrative regions of the country, highlighting the main regional differences and spatial patterns. The research is based on the results obtained during the first year of implementation of a scientific project initiated in response to the development of new Regional Disaster Risk Reduction Plans for the needs of the Ministry of Interior – General Directorate “Fire Safety and Civil Protection”. In this context, updated climatic characteristics have been developed for all administrative regions of the country.

Methodology

The study is based on a comprehensive analysis of the geographical and climatic characteristics of all administrative regions in Bulgaria. Climate normals calculated in accordance with the standards of the World Meteorological Organization (WMO No. 1203, 2017) were used, covering the period 1991–2020. The dataset includes observations from all precipitation and climatological meteorological stations across the territory of the Republic of Bulgaria.

Expert data quality control has been performed. QGIS and statistical methods are applied to present the results.

Results and conclusions

Monthly average, maximum and minimum air temperatures, precipitation amounts, number of days with snow cover, average and maximum wind speed and hours of sunshine, as well as historical extremes for each area were studied, in order to highlight the dominant trends and types of climatic conditions. Standardized climatic reports were developed for all administrative areas in Bulgaria. These reports include an analysis of the main climatic elements and controlling factors that are critical for assessing regional climate risk.

The use of the most recent climate reference period (1991–2020) ensures that the reports reflect contemporary climate change trends, consistent with the findings presented in Marinova and Bocheva (eds., 2023). This is of substantial importance for sectors such as agriculture, energy, and disaster risk management.

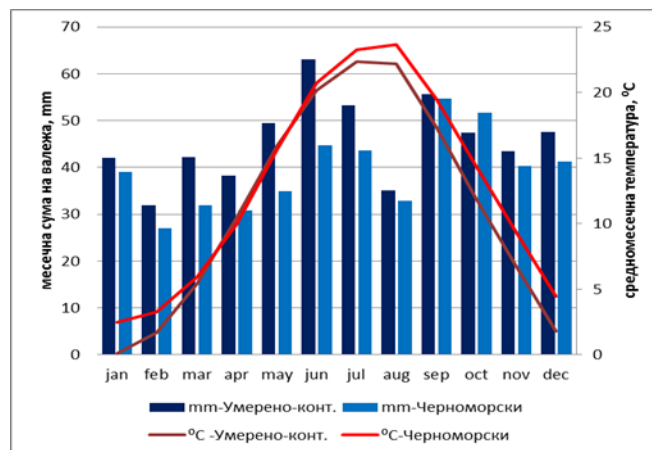


Figure 1. Example of precipitation and temperature changes for Dobrich region.

To ensure the publicity and applicability of the results, the work next year will focus on creating an interactive map of Bulgaria that will visualize the climatic characteristics by region. By publishing the map and the reports on the official website of the National Institute of Meteorology and Hydrology, public access is provided for institutions, specialists and citizens.

References

The Changing Climate of Bulgaria – Data and Analyses (2023). Marinova, T. and Bocheva, L. (eds.), NIMH, e-ISBN978-954-90537-3-9, <https://www.meteo.bg>, 105 pp. (in Bulgarian)

WMO 1203, WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals (2017), 20 pp., Chairperson, Publications Board, ISBN 978-92-63-11203-3.

Съвременни тенденции в проявата на денонощия с тропични нощи в България

Х. Николова¹, Б. Димитрова^{1,2}, С. Матев^{1*}

¹Геолого-географски факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“

²Департамент „Метеорология“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: *тропична нощ, минимална температура, климатични индекси, климатични промени*

*email: smatev@gea.uni-sofia.bg

Въведение

Настоящото изследване разглежда съвременните тенденции в проявата на денонощия с тропични нощи в България за периода 1961–2025 г. Индексът „тропична нощ“ (TN) се дефинира като денонощие, в което минималната температура на въздуха е по-висока или равна на 20 °C (Власков, 2017). Този показател е част от 27-те основни климатични индекса на ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices) и е широко използван в международната практика като надежден индикатор за затоплянето на климата.

Множество изследвания в различни части на Европа и света установяват устойчива тенденция към увеличаване на броя на тропичните нощи, както и разширяване на периода на тяхната проява извън традиционните летни месеци. За територията на България целенасочени анализи са провеждани върху ограничен брой станции (Власков, 2017; Матев, 2019), като настоящото изследване предлага по-дълъг времеви обхват и актуализация на резултатите.

Методология

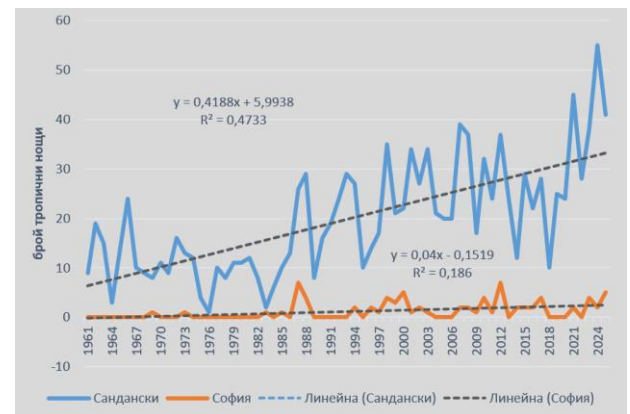
Анализът е извършен на базата на данни от измерванията в осем синоптични станции в България (Видин, Ловеч, Разград, Варна, София, Сливен, Сандански и Кърджали), обхващащи различни физикогеографски райони и хипсометрични пояси. Наблюденията се извършват съгласно изискванията на Световната метеорологична организация (WMO) и са стандартизирани според международните ръководства Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (WMO-No. 8).

Минималната температура (Tmin), използвана за изчисляване на индекса „тропична нощ“, се отчита чрез минимален термометър, като метеорологичните данни са получени от националната синоптична мрежа на Националния институт по метеорология и хидрология.

Резултати и изводи

Резултатите от анализа за периода 1961–2025 г. показват ясно изразени пространствени различия в броя на тропичните нощи на територията на изследваните осем станции в България. Най-високи стойности са регистрирани в станция Варна (1362 общ брой дни), следвана от станция Сандански (1288). Най-малък общ брой е отчетен в станция София (76), което потвърждава значението на надморската

височина като основен климатообразуващ фактор. Проявата на тропична нощ за територията на България е възможна през периода март–октомври и се случва при специфични синоптични и физикогеографски условия и антропогенни въздействия. През последните 5 години се наблюдава скокообразно увеличаване на този показател, като за много станции са отчетени рекордно висок брой тропични нощи за годината.



Фигура 1. Сравнение на годишен брой тропични нощи в градовете Сандански и София за периода 1961–2025 г. и линеен тренд.

Литература

- Власков, В. (2017). Тропични нощи в България (1997–2016). *Управление и устойчиво развитие*, 5(66). Available online: https://jmsd.bg/files/articles/66/66-08_V_Vlaskov.pdf
- 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.
- WMO (2024). *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*. (WMO-No. 8) 1, Volume I – Measurement of Meteorological Variables, 578 pp., CH-1211 Geneva 2, Switzerland; ISBN 978-92-63-10008-5.



Modern trends in the occurrence of tropical nights in Bulgaria

H. Nikolova¹, B. Dimitrova^{1,2}, S. Matev^{1*}

¹Faculty of Geology and Geography, Sofia University “St. Kliment Ohridski”

²Department of Meteorology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *tropical night, minimum temperature, climate indices, climate change*

*email: smatev@gea.uni-sofia.bg

Introduction

The present study examines modern trends in the occurrence of tropical nights in Bulgaria for the period 1961–2025. The “tropical night” (TN) index is defined as a day when the minimum air temperature is equal to or higher than 20 °C (Vlaskov, 2017). This index is one of the 27 core climate indices developed by the ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices) and is widely used in international practice as a reliable indicator of climate warming.

Numerous studies conducted in different parts of Europe and worldwide have identified a persistent trend toward an increasing number of tropical nights, as well as an extension of their occurrence beyond the traditional summer months. For the territory of Bulgaria, targeted analyses have been carried out for a limited number of stations (Vlaskov, 2017; Matev, 2019), while the present study offers a longer temporal coverage and an update of existing results.

Methodology

The analysis is based on observational data from eight synoptic stations in Bulgaria (Vidin, Lovech, Razgrad, Varna, Sofia, Sliven, Sandanski, and Kardzhali), covering different physiographic regions and hypsometric zones. Observations are conducted in accordance with the requirements of the World Meteorological Organization (WMO) and are standardized following the international guidelines Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (WMO-No. 8).

The minimum air temperature (Tmin), used to calculate the ‘tropical night’ index, is recorded using a minimum thermometer, and the meteorological data are obtained from the national synoptic network of the National Institute of Meteorology and Hydrology.

Results and conclusions

The results of the analysis for the period 1961–2025 reveal pronounced spatial differences in the number of tropical nights across the eight studied stations in Bulgaria. The highest values were recorded at the Varna station (1,362 total days), followed by the Sandanski station (1,288 days). The lowest total number was observed at the Sofia station (76 days), confirming the importance of altitude as a major climate-forming factor. The occurrence of tropical nights in Bulgaria is possible during the period from March to October and takes place under specific synoptic and physiographic conditions, as well as under the influence of anthropogenic factors. Over the last five years, a sharp increase in this indicator

has been observed, with record-high annual number of tropical nights reported at many stations.

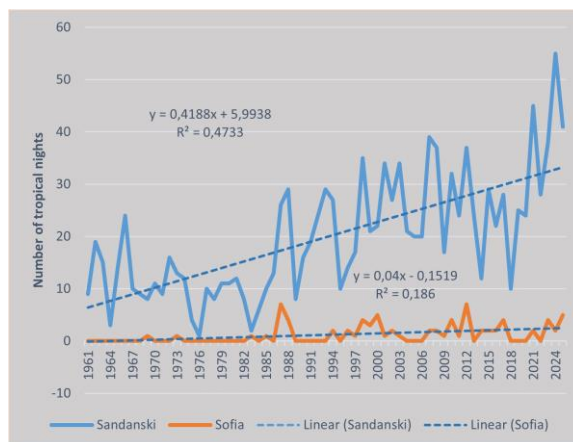


Figure 1. Comparison of the annual number of tropical nights in the cities of Sandanski and Sofia for the period 1961–2025 and the corresponding linear trend.

References

- Matev, S. (2019). Tropical nights in Bulgaria under climate change conditions. In: Nature and Society. Interdisciplinary Readings. Vol. 1. Sofia: St. Kliment Ohridski University Press, pp. 23–35.
- Vlaskov, V. (2017). Tropical nights in Bulgaria (1997–2016). *Management and Sustainable Development*, 5(66). Available online: https://jmsd.bg/files/articles/66/66-08_V_Vlaskov.pdf
- WMO, 2024. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. (WMO-No. 8) 1, Volume I – Measurement of Meteorological Variables, 578 pp., CH-1211 Geneva 2, Switzerland; ISBN 978-92-63-10008-5.



Ресурси на зелената енергия в България

П. Иванов*

Ключови думи: *зелена енергия, възобновяеми енергийни източници, слънчева, вятърна, водна и геотермална енергия, енергия от биомаса, енергия на морските вълни*

*email: ptivis1944@gmail.com

В монографията „Ресурси на зелената енергия в България“ (Иванов, 2023) на базата на експериментални наблюдения и теоретични изследвания, провеждани в Националния институт по метеорология и хидрология в продължение на много години, както и по изследвания на други институции в страната, се разглеждат ресурсите на зелената енергия у нас (количество на слънчевата и вятърната енергия, хидроенергията, енергията от биомаса, геотермалната енергия и енергията на морските вълни). Разглеждат се също така и примери за тяхното използване у нас и в чужбина.

Слънчева енергия. Използването на Слънцето за енергийни цели е познато от древността. То е най-големият, напълно възобновяем ресурс за производство на електро- и топлоенергия на Земята. Слънчевата енергия не е масово използвана в енергетиката през миналия век, но в края му и в началото на настоящия тя все по-широко навлиза в гражданските сфери. Това е свързано с два известни факта: недостига на конвенционалните енергоресурси и природосъобразното производство на електроенергия от различни слънчеви инсталации. Сумарният инсталиран капацитет на фотоволтаичните електроцентрали у нас е 5000 MW.

Вятърната енергия е възобновяем вид енергия и представлява кинетична енергия на въздушните маси в атмосферата. Тя се превръща в полезна форма на енергия, най-често в електрическа или механична. Електрическите генератори преобразуват силата на вятъра в електричество. Вятърната енергетика е бурно развиващ се отрасъл у нас, за което свидетелства фактът, че в края на 2025 година общият капацитет на ветрогенераторите е 714 MW.

Водната енергия е кинетична енергия на водата и се използва широко в практиката. Водоелектрическите централи преобразуват кинетичната енергия на водата в електричество. Сумарната инсталирана мощност на водните електроцентрали у нас е 3000 MW, от които 864 MW помпено акумулиращи, 2080 MW ВЕЦ и 56 MW малки водни централи.

Енергия от биомаса. При фотосинтеза растенията растат и създават биомаса. Биомасата е биологично разграждаща се част от отпадъци и остатъци от биологичен произход, от селскостопанското производство, включително растителни и животински, от горското стопанство и свързаните с тях промишлености. Биомасата може да бъде използвана директно като гориво за добиване на биогорива като биодизел и биоетанол.

Геотермална енергия. Това е топлината, идваща от земните недра. Тя е екологично чиста и постоянна. Геотермалната енергия се използва широко в редица страни за отоплението на сгради, както и за производството на електрическа енергия.

Енергия на морските вълни. За оценка на енергийния потенциал на морските вълни се използва нормираната на линеен метър от вълновия фронт мощност на морските вълни в дълбоководната зона. По експертни оценки стойността на този показател в участъци от крайбрежието на САЩ и Япония е 40 KW/m, край бреговете на Англия е 60 KW/m, а за района на Черноморското крайбрежие – 35 KW/m. Това показва, че нашето крайбрежие има съществен енергиен потенциал на морските вълни.

Литература

Иванов, П. (2023). Ресурси на зелената енергия в България. София. 154 с.



Green energy resources in Bulgaria

P. Ivanov*

Keywords: *green energy, renewable energy sources, solar, wind, water and geothermal energy, biomass energy, sea waves energy*

* email: ptivis1944@gmail.com

In the monograph “Green Energy Resources in Bulgaria” (Ivanov, 2023) the country's green energy potential is examined based on long-term experimental observations and theoretical research conducted at the National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH), as well as studies from other national institutions. The scope of the research includes solar and wind energy capacity, hydropower, biomass energy, geothermal energy, and marine wave energy. Furthermore, the work presents practical examples of their utilization both domestically and internationally.

Solar energy. The utilization of the Sun for energy purposes has been known since antiquity. It represents the largest, fully renewable resource for the production of electricity and thermal energy on the Earth. While solar energy was not widely used in the energy sector during the last century, it has become increasingly prevalent in civil sectors since the late 20th and early 21st centuries. This shift is attributed to two well-known factors: the scarcity of conventional energy resources and the environmentally friendly nature of electricity generation via various solar installations. The total installed photovoltaic capacity is 5,000 MW.

Wind energy. Wind energy is a renewable form of energy representing the kinetic energy of air masses in the atmosphere. It is converted into a useful form of energy, most commonly electrical or mechanical. Wind turbines (electric generators) transform wind power into electricity. Wind energy is a rapidly growing sector in Bulgaria, as evidenced by the fact that at the end of 2025, the total capacity of wind turbines reached 714 MW.

Hydropower. Hydropower is the kinetic energy of water and is widely utilized in practice. Hydroelectric power plants (HPP) convert this kinetic energy into electricity. The total installed capacity of hydroelectric plants in the country is 3,000 MW, consisting of 864 MW from pumped-storage plants (PSHPP), 2,080 MW from conventional HPPs, and 56 MW from small-scale hydro plants.

Biomass energy. During photosynthesis, plants grow and produce biomass. Biomass is the biodegradable fraction of products, waste, and residues of biological origin from agriculture (including plant and animal substances), forestry, and related industries. Biomass can be used directly as fuel or to produce biofuels such as biodiesel and bioethanol.

Geothermal Energy. This is the heat originating from the Earth's interior. It is environmentally clean and constant. Geothermal energy is widely used in numerous countries for heating buildings, as well as for electricity generation.

Wave energy. To assess the energy potential of sea waves, the wave power normalized per linear meter of the wave front in the deep-water zone is utilized. According to expert estimates, the value of this indicator is 40 kW/m along parts of the coastlines of the USA and Japan, and 60 kW/m off the coast of England. For the Black Sea coastal region, the value is 35 kW/m. This indicates that our coastline possesses significant energy potential from sea waves.

References

Ivanov, P. (2023). Green Energy Resources in Bulgaria. (In Bulgarian) Sofia. 154 p.

Оперативни визуализации на резултати от числени модели в помощ при изготвяне на оперативни хидрологични прогнози

П. Царев^{1*}, Г. Кошинчанов²

¹Департамент „Хидрология“, Национален институт по метеорология и хидрология

²Департамент „Прогнози и информационно обслужване“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: *течен валеж, интензивен валеж, внезапни наводнения*

*email: petko.tsarev@meteo.bg

Въведение

За нуждите при съставянето на хидрологични прогнози, в частност внезапни наводнения, актуално и необходимо е използването в квази реално време на прогнози от числено моделиране. В НИМХ успешно са разработени няколко числени модела (Stoycheva et al., 2025) с приложена асимилация на наземни измервания в четири часови срока. Необходимостта от специализирана визуализация е обоснована от нуждата да се определят периоди от прогнозата със значим течен валеж с предпоставки за поройно и/или речно наводнение в предварително определени водосборни области.

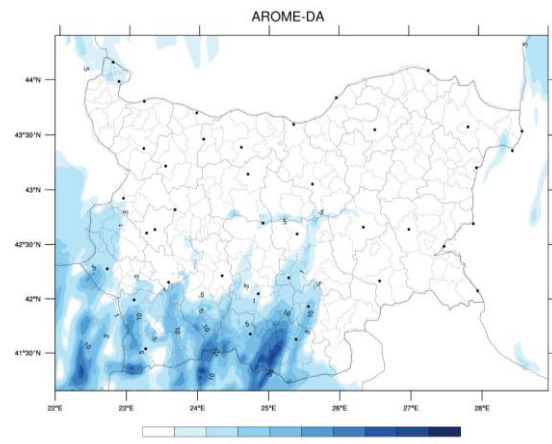
Методология

За нуждите на изследването се използват данни от нехидростатичния модел AROME-BG (Tsenova et al., 2022) с хоризонтална разделителна способност от 2.5 km. Също – резултати от версията AROME-DA (Stoycheva et al., 2025), която използва 6-часов асимилационен цикъл на приземни измервания във формат SYNOP, осигурявайки начални условия за температурата и влажността на въздуха. Предварително дефинираните водосбори се подлагат на допълнителна обработка, при която от часовия прогнозен валеж се изчислява максимална *пълзяща сума за 6-часови периоди*. Работната верига за обработка на суровите данни от числения модел е реализирана чрез скриптова автоматизация, използваща екосистема от библиотеки в Python среда. Обработката на метеорологичните полета и големи масиви от данни се базира на инструментите `hagray`, `numpy`, `pandas` и `georandas`, които позволяват бърза векторна обработка на валежните суми по водосбори. Резултатите се записват в пространствено географичен JSON формат, позволяващ динамична визуализация в уеб среда чрез съвременни GIS инструменти като библиотеката `Leaflet`. Методът на анализ е приложен и при прогнози от `DestinE Digital Twin` за екстремни метеорологични явления в Европа с разделителна способност под 1 km (plovdiv.meteo.bg/maritsa/flash/liquid_precip.html).

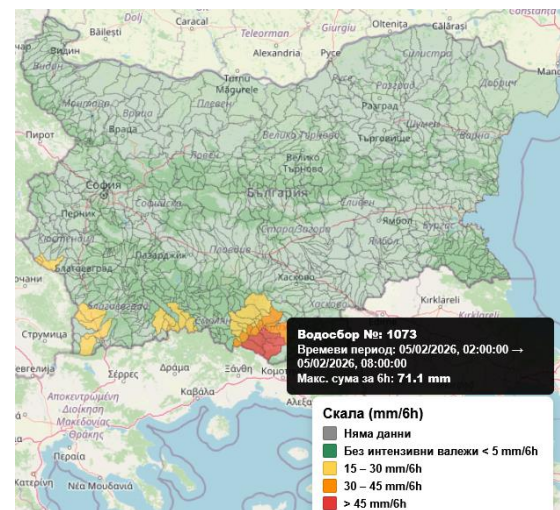
Резултати и изводи

Визуализациите са достъпни във вътрешната мрежа на НИМХ на адрес:

plovdiv.meteo.bg/maritsa/flash/liquid_precip_AROME_DA.html, географични json файлове са достъпни на адрес: plovdiv.meteo.bg/maritsa/flash/.



Фигура 1. Акумулиран валеж от дъжд, прогноза 48 ч.



Фигура 2. Водосбори с определен 6-часов валеж от дъжд (максимална пълзяща сума).

Литература

Stoycheva, A., Gospodinov, I., Tsenova, B. (2025). Using ECMWF Forecasts in the Weather Forecasting Room at NIMH, Bulgaria. *UEF 2025*, 15–18 September 2025, Bologna, Italy.

Tsenova, B., Mladenov, K., Tsankov, M., Bogatchev, A. (2022). Verification of the lightning probability forecast scheme based on AROME-BG. *ACCORD Newsletter*, No. 2, February 2022, pp. 43–49.

Operational visualization of numerical model outputs to support the preparation of operational hydrological forecasts

P. Tsarev^{1*}, G. Koshinchanov²

¹Department of Hydrology, National Institute of Meteorology and Hydrology

²Department of Forecasting and Information Service, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *liquid precipitation, intensive precipitation, flash flood*

*email: petko.tsarev@meteo.bg

Introduction

For the purposes of hydrological forecasting, particularly flash floods, it is relevant and necessary to use quasi-real-time forecasts from numerical modeling. The NIMH has successfully developed several numerical models (Stoycheva et al., 2025), with assimilation of ground measurements in four hour intervals. The necessity for specialized visualization is justified by the need to identify periods of the forecast with significant rainfall with prerequisites for torrential and/or river flooding in predefined catchment areas.

Methodology

Data from the non-hydrostatic model AROME-BG (Tsenova et al., 2022) with a horizontal resolution of 2.5 km are used for the purposes of the study. Results from the AROME-DA version (Stoycheva et al., 2025) are used, which employs a 6-hour assimilation cycle of surface measurements in SYNOP format, providing initial conditions for air temperature and humidity. The predefined catchments are subjected to additional processing, in which the maximum *cumulative amount for 6-hour periods* is calculated from the hourly forecast precipitation. The workflow for processing raw data from the numerical model is implemented through script automation using an ecosystem of libraries in a Python environment. The processing of meteorological fields and large data arrays is based on the xarray, numpy, pandas, and geopandas tools, which enable fast vector processing of precipitation amounts by catchment. The results are recorded in a spatially georeferenced JSON format, allowing dynamic visualization in a web environment using modern GIS tools such as the Leaflet library. The analysis method has also been applied to DestinE Digital Twin forecasts for extreme meteorological events in Europe with a resolution of less than 1 km (plovdiv.meteo.bg/maritsa/flash/liquid_precip.html).

Results and conclusions

The visualizations are available on the NIMH internal network at:

plovdiv.meteo.bg/maritsa/flash/liquid_precip_AROME_DA.html

georeferenced json files are available at: plovdiv.meteo.bg/maritsa/flash/

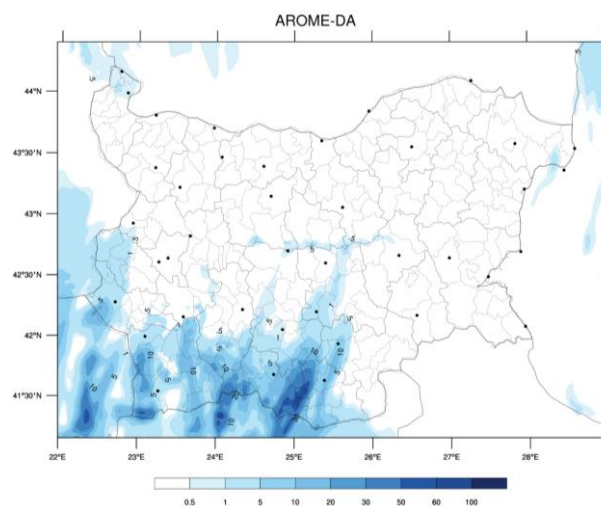


Figure 1. Accumulated rainfall forecast for 48 h.

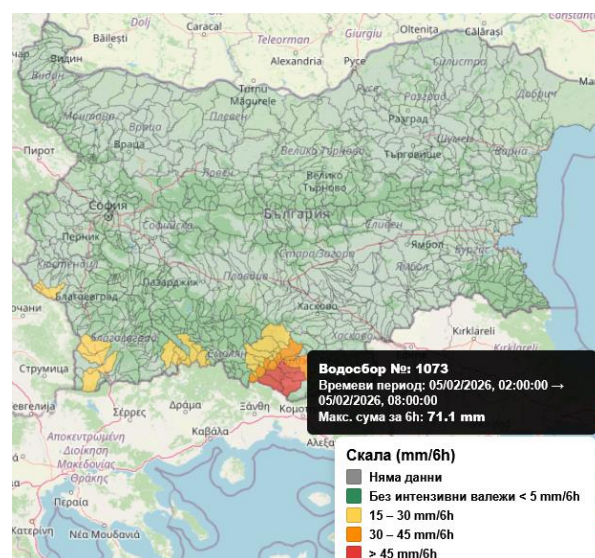


Figure 2. Catchments with a specified 6-hour rainfall (maximum running sum).

References

Stoycheva, A., Gospodinov, I., Tsenova, B. (2025). Using ECMWF Forecasts in the Weather Forecasting Room at NIMH, Bulgaria. UEF 2025, 15–18 September 2025, Bologna, Italy.

Tsenova, B., Mladenov, K., Tsankov, M., Bogatchev, A. (2022). Verification of the lightning probability forecast scheme based on AROME-BG. *ACCORD Newsletter*, No. 2, February 2022, pp. 43–49.

Сравнителен анализ на вятъра бора за районите на Сливен (България) и Книн (Хърватия) за месец февруари 2023 година

А. Донеv^{1,2*}, В. Данчовски²

¹Департамент ИМИТ, Национален институт по метеорология и хидрология

²Физически факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“

Ключови думи: бора, екстремни ветрове, кататичен вятър

*email: adonev@meteo.bg

Въведение

Вятърът бора е пример за кататичен вятър, характерен за крайбрежията на Адриатическо море, но също така може да се наблюдава и в района на Сливен. Той представлява студен и поривист въздушен поток, който се спуска с висока скорост от високите планински хребети към по-ниските крайбрежни или равнинни райони. Характерно за него е, че се причинява от гравитационното спускане на плътен, студен въздух, натрупан зад орографска преграда, който „прелива“ през проходите под действието на силен баричен градиент и допълнително се усилва от ефекта на Вентури. Затова локалните физикогеографски особености съществено повлияват появата и характеристиките на бората (Jurčec, 1989; Bervida et al., 2019).

Методология

Изследването се фокусира върху два епизода на бора през февруари 2023 г., използвайки данни от CERRA (The Copernicus European Regional ReAnalysis), като е направено сравнение между бората в Сливен (България) и Книн (Хърватия). Разглеждат се съпътстващата бората синоптична обстановка, времевият ход на приземното налягане и температурата на въздуха, както и розите на вятъра.

Резултати и изводи

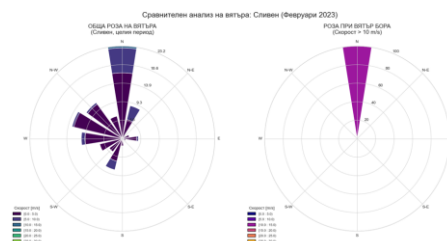
Синоптичната обстановка в началото на февруари 2023 г. (епизод 1, в сиво) е доминирана от Средиземноморския циклон „Барбара“, формирал се над Централното Средиземноморие и придвижващ се на изток към Гърция и Турция. През същия период над Северна и Централна Европа е разположен обширен антициклон. Така Сливен попада в зона на голям баричен градиент и се проявява силна бора, докато в Книн влиянието на „Барбара“ е по-слабо. В първия епизод и в двете станции имаме рязък спад на температурата на въздуха, свързан с преминаването на добре изразен студен фронт (не е показано). При втория епизод (бежово) имаме антициклон над Скандинавския полуостров и циклон в района на Генуезкия залив. Като резултат над Балканите нахлува студен въздух и налягането се повишава (фиг. 1).

От розите на вятъра се вижда, че бората в Сливен се е проявила като вятър от север със скорост 10–15 m/s (фиг. 2). За Книн розата на вятъра в края на месеца (25–27 февруари) показва типичната за

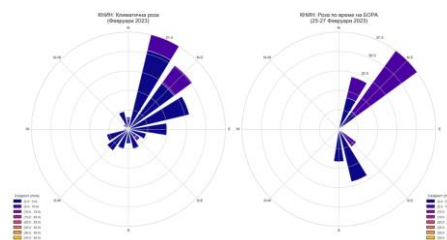
района североизточна посока (NE), обусловена от ориентацията на Динарските Алпи (фиг. 3).



Фигура 1. Приземно атмосферно налягане в Сливен и Книн. Периодите с бора са маркирани в сиво и бежово.



Фигура 2. Рози на вятъра за Сливен (ляво – целият период, дясно – само за скорост на вятъра > 10 m/s).



Фигура 3. Рози на вятъра за Книн (ляво – целият период, дясно – само епизод 2).

Макар и двете локации да са подложени на идентичен физически процес, бората в Книн е с типичната за района североизточна посока, докато в Сливен е северна и с по-големи скорости.

Литература

- Bervida, M. et al. (2019). Near-Ground Profile of Bora Wind Speed at Razdrto, Slovenia. *Atmosphere*, 10(10). Available at: doi.org/10.3390/atmos10100601.
- Jurčec, V. (1989). SEVERE ADRIATIC BORA STORMS IN RELATION TO SYNOPTIC DEVELOPMENTS. *Hrvatski meteorološki časopis*, 24(24), pp. 11–20.

Comparative analysis of the Bora wind for the regions of Sliven (Bulgaria) and Knin (Croatia) for the month of February 2023

A. Donev^{1,2*}, V. Dančovski²

¹Department of IMIT, National Institute of Meteorology and Hydrology

²Faculty of Physics, Sofia University “St. Kliment Ohridski”

Keywords: *bora*, *extreme winds*, *katabatic wind*

*email: adonev@meteo.bg

Introduction

The bora wind is an example of a katabatic wind, characteristic of the Adriatic Sea coasts, but it can also be observed in the region of the city of Sliven. It represents a cold and gusty air stream that descends at high speed from high mountain ridges toward lower coastal or lowland areas. Characteristically, it is caused by the gravitational descent of dense, cold air accumulated behind an orographic barrier, which “overflows” through the passes under the action of a strong pressure gradient and is further amplified by the Venturi effect. Therefore, local physiogeographic features significantly influence the occurrence and characteristics of the bora (Jurčec, 1989; Bervida et al., 2019).

Methodology

The study focuses on two Bora episodes in February 2023, using data from CERRA (The Copernicus European Regional ReAnalysis). A comparison is made between the bora in the city of Sliven (Bulgaria) and the city of Knin (Croatia). The synoptic situation accompanying the bora, the temporal variation of surface pressure and air temperature, as well as wind roses are examined.

Results and conclusions

The synoptic situation at the beginning of February 2023 (episode 1, in gray) was dominated by the Mediterranean cyclone “Barbara” (formed over the Central Mediterranean and moving east toward Greece and Turkey). During the same period, a vast anticyclone was located over Northern and Central Europe. Thus Sliven fell into a zone of a large pressure gradient and a strong bora manifested, while in Knin the influence of “Barbara” was weaker. In the first episode, there was a sharp drop in air temperature at both stations, associated with the passage of a well-defined cold front (not shown). In the second episode (beige), there was an anticyclone over the Scandinavian Peninsula and a cyclone in the region of the Gulf of Genoa, resulting in cold air invading the Balkans and an increase in pressure (Fig. 1).

The wind roses show that the bora in Sliven manifested as a wind from the north with a speed of 10–15 m/s (Fig. 2). For Knin, the wind rose at the end of the month (February 25–27) shows the typical northeasterly direction (NE) for the area, conditioned by the orientation of the Dinaric Alps (Fig. 3).



Figure 1. Surface atmospheric pressure in Sliven and Knin. Periods with bora are marked in gray and beige.

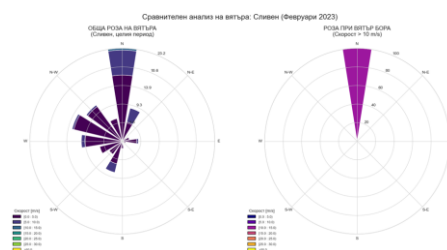


Figure 2. Wind roses for Sliven (left – entire period, right – only for wind speed > 10 m/s).

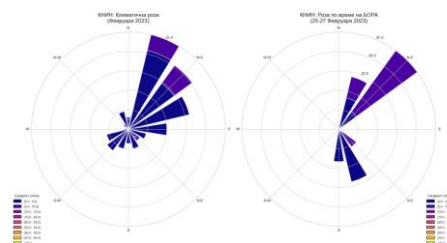


Figure 3. Wind roses for Knin (left – entire period, right – only episode 2).

Although both locations are subject to an identical physical process, the bora in Knin has the typical northeasterly direction for the region, while in Sliven it is northerly and with higher speeds.

References

- Bervida, M. et al. (2019). Near-Ground Profile of Bora Wind Speed at Razdrto, Slovenia. *Atmosphere*, 10(10). Available at: doi.org/10.3390/atmos10100601.
- Jurčec, V. (1989). SEVERE ADRIATIC BORA STORMS IN RELATION TO SYNOPTIC DEVELOPMENTS. *Hrvatski meteorološki časopis*, 24(24), pp. 11–20.



Суховете в България, идентифицирани чрез реанализа ERA5-Land

К. Малчева*, Р. Евгениев, Л. Бочева

Департамент „Метеорология“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: *суховеи, ERA5-Land, внезапни засушавания*

*email: k.mal4eva@gmail.com

Въведение

Внезапните засушавания се случват все по-често поради климатичните промени и повишаването на температурите. Когато са предизвикани от сухи ветрове, те могат да се развият изключително бързо (само за няколко часа или дни), причинявайки сериозен вегетационен стрес и увеличавайки риска от горски пожари. Използването на метеорологични данни в грид с висока резолюция е от съществено значение за своевременно откриване и реагиране на тази нарастваща заплаха.

Явлението суховеи в България е изследвано въз основа на данни от срочни климатични наблюдения в периода 1961–2000 г. (Gocheva et al., 2010). Направена е регионализация на потенциалния риск от появата на суховеи по административни области.

Представеното тук изследване има за цел да проучи възможностите за използване на реанализа ERA5-Land за идентифициране на това комплексно явление в райони с различен климат и топография.

Методология

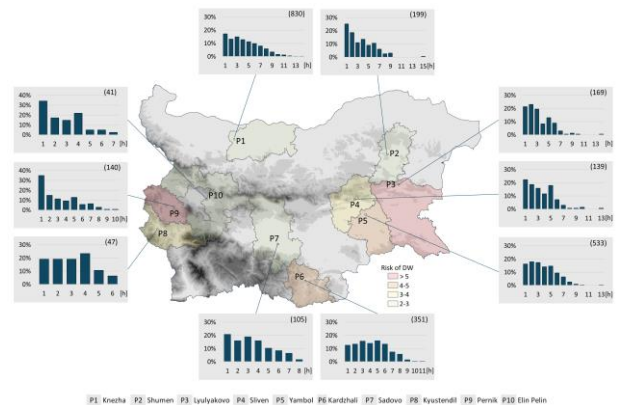
Суховеят се характеризира с температура на въздуха ≥ 25 °C, относителна влажност $\leq 30\%$ и скорост на вятъра ≥ 5 m/s (Gocheva et al., 2010).

В настоящото изследване е използван продукт, който извлича времеви серии от ERA5-Land за дефинирани от потребителя локации (C3S, 2025). Избрахме 10 станции от предишното изследване, разположени в райони с различен риск от суховеи и разнообразен релеф (фиг. 1). От изтеглените данни за температурата на въздуха и точката на оросяване на 2 m, компонентите на скоростта на вятъра на 10 m и количеството влага в почвата на дълбочина 0–7 cm са изчислени часовите стойности на относителната влажност на въздуха, скоростта и посоката на вятъра, както и аномалията на почвената влажност. За съгласуване на данните за скоростта на вятъра от ERA5-Land (1-часово осредняване) с наблюденията (2-минутно осредняване) е използван подходящ корекционен коефициент и по-нисък праг за скоростта на вятъра при суховеи (4 m/s), но при условие аномалията на влажността на почвата да бъде под -1.

Резултати и изводи

През периода 1950–2025 г. над 98% от суховеите се появяват между месеците май и септември, с пик през август (или юли). Между 34 и 59% от случаите са с продължителност 4 часа или повече, достигайки до 10–15 часа в отделни ситуации (фиг. 1). В източната

част на страната тези ветрове духат по-често от север-североизток (или изток), докато в западната част са предимно от запад-югозапад (или юг).



Фигура 1. Относителна честота на суховеите с различна продължителност (в часове, h) за периода 1950–2025 г. в най-близките до избраните станции (P1–P10) точки от грида. Броят на идентифицираните случаи е показан в скоби.

Годишният брой часове варира значително – от нула до над 200–300 в отделни години и места. Суховеите са по-чести в началото на 50-те години и от 2000 г. насам.

По отношение на риска от суховеи има значителни разлики между получените резултати и предишното изследване, особено при станции в райони със сложна топография. Въпреки че данните от ERA5-Land показват висока точност, едно скорошно изследване установява, че реанализът може да подцени скоростта на приземния вятър с повече от 11% в някои региони, като грешката се увеличава при по-сложни терени (Zuo et al., 2025). Нашата работа ще продължи с избор на подходяща техника за статистическо намаляване на мащаба, за да се разработи надеждна климатология на явлението суховеи.

Литература

Copernicus Climate Change Service (C3S), Climate Data Store (2025), <https://cds.climate.copernicus.eu/data/sets/reanalysis-era5-land-timeseries> (accessed on 10 Jan 2026).

Gocheva, A. et al. (2010). *Bul. J. Meteo & Hydro*, 15/4, 55–61.

Zuo, P. et al. (2025). *Atmosphere*, 16(8), 956, <https://doi.org/10.3390/atmos16080956>.



Dry winds in Bulgaria, as identified using the reanalysis ERA5-Land

K. Malcheva*, R. Evgeniev, L. Bocheva

Department of Meteorology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *dry winds, ERA5-Land, flash droughts*

*email: k.mal4eva@gmail.com

Introduction

Flash droughts are increasingly occurring due to climate change and rising temperatures. When triggered by dry winds, they can have an extremely rapid onset (in just a few hours or days), causing severe stress on vegetation and increasing the risk of wildfires. Monitoring a combination of indicators using in-situ and gridded meteorological data with high-resolution is crucial for timely detection and response to this escalating threat.

The previous study on the occurrence of dry winds over Bulgaria during the warm season (1961–2000) utilized in-situ data on air temperature (t), relative humidity (f), and wind velocity (v) as a t - f - v complex, also accounting for rainless periods. The districts in the country were ranked by the potential risk of dry winds (Gocheva et al., 2010).

This study aims to investigate the ERA5-Land reanalysis's ability to identify dry winds across regions with different climates and topographies.

Methodology

Following the definition used by Gocheva et al. (2010), a dry wind is a warm-season weather phenomenon characterized by air temperatures typically exceeding 25 °C, relative humidity below 30%, and wind speeds of at least 5 m/s ($t \geq 25$ °C, $f \leq 30\%$, $v \geq 5$ m/s).

We used the new C3S product based on the ERA5-Land reanalysis (horizontal resolution: $0.1^\circ \times 0.1^\circ$), which provides time series of hourly data from 1950 to the present for user-defined locations (C3S, 2025). We selected 10 stations from the previous study, located in districts with different dry-wind risk and diverse topography (Fig. 1). The downloaded hourly data for dewpoint and air temperatures at 2 m above the ground (in K), wind velocity components at 10 m above the ground (in m/s) and the level 1 (0–7 cm) soil water content (in m^3/m^3) were processed to derive the hourly values of relative humidity, wind speed and direction, and soil moisture anomaly. Since the in-situ wind data represent 2-minute averages of wind parameters, a correction coefficient was used to align the reanalysis data with the observations. Considering that the ERA5-Land data are area-averaged, we allowed a wind speed threshold of 4 m/s, but only when the soil moisture anomaly is below -1.

Results and conclusions

In the period 1950–2025, more than 98% of dry winds occur between May and September, with a peak in August (or July). The higher time resolution of data

revealed that between 34 and 59% of dry winds last 4 hours or longer, in some cases extending to 10–15 hours (Fig. 1). In the eastern part of the country, dry winds often blow from the N–NE (or E), while in the western part, they blow mostly from the W–SW (or S).

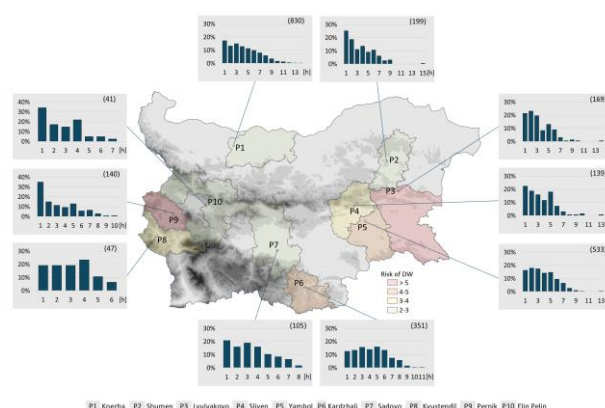


Figure 1. Relative frequency of dry winds with different durations in hours (h) at the nearest grid points to the selected stations (P1 to P10) for 1950–2025.

The number of identified dry winds is shown in parentheses.

The yearly number of dry-wind hours varies significantly, from zero to over 200–300 in certain years and locations. Dry winds occurred more frequently in the early 1950s and since 2000.

Regarding the risk of dry winds, we found substantial discrepancies in results compared to the previous study, especially for stations in regions with complex topography. Although ERA5-Land data featured high accuracy, a recent study indicates that reanalysis can underestimate near-surface winds by at least 11% in some regions, with a bias increasing for complex terrains (Zuo et al., 2025). Therefore, our future work will begin by selecting an appropriate statistical downscaling technique to develop a reliable climatology of dry winds.

References

- Copernicus Climate Change Service (C3S), Climate Data Store (2025), <https://cds.climate.copernicus.eu/data-sets/reanalysis-era5-land-timeseries> (accessed on 10 Jan 2026).
- Gocheva, A. et al. (2010). *Bul. J. Meteo & Hydro*, 15/4, 55–61.
- Zuo, P. et al. (2025). *Atmosphere*, 16(8), 956, <https://doi.org/10.3390/atmos16080956>.



Акценти за климата на България през 2025 година

К. Малчева, Т. Дарелова*, Л. Бочева, Д. Тодорова

Департамент „Метеорология“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: *горещи вълни, опасни явления, суши, наводнения*

*email: tatiana.darelova@meteo.bg

Въведение

2025 г. е третата най-топла година от началото на инструменталните метеорологични наблюдения, след 2024 и 2023 г. (C3S, 2025). Средната глобална температура е с 1.47 °C по-висока от средната стойност за преиндустриалния период 1850–1900 г. През 2025 г. светът преживява екстремни жеги и суши, катастрофални горски пожари и тропически циклони с рекордни количества валежи.

2025 г. е една от най-топлите години от началото на метеорологичните измервания и в България. През почти всички месеци в различни райони на страната са регистрирани екстремни метеорологични явления. Значителните валежи в началото на октомври предизвикват поройни наводнения на много места в страната, като най-значителни са щетите по Южното Черноморие.

Методология

Използвани са данни от всички синоптични, климатични и валежмерни станции от метеорологичната мрежа на Националния институт по метеорология и хидрология (НИМХ). Оценка на екстремните температури, валежи и метеорологични явления през 2025 г. е изготвена по методика за климатични анализи, използвана в НИМХ. Информацията е предоставена и на Министерството на околната среда и водите.

Резултати и изводи

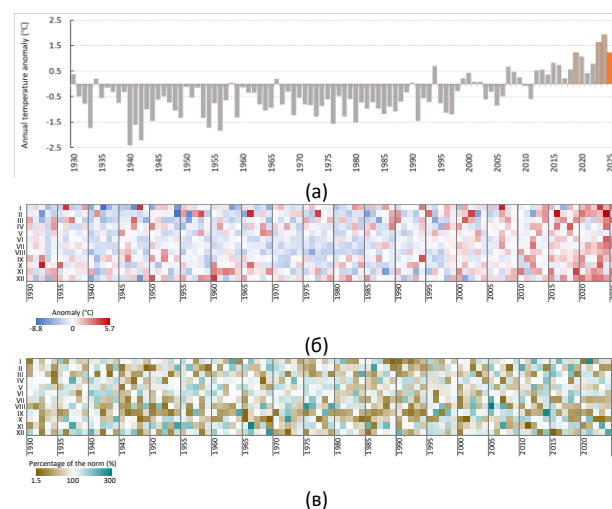
През 2025 г. средната годишна температура за страната е с около 1.2 °C над климатичната норма* и с около 0.8 °C по-ниска от екстремума, достигнат през 2024 г. (НИМХ, 2024) – фигура 1а.

Изминалата година се характеризира с горещо лято – третото най-топло от 1930 г. насам, след лятото на 2024 г. и на 2012 г. През зимата, пролетта и есента средните сезонни температури също са над климатичните норми, но с по-малки по стойност отклонения. Значително над климатичните норми са средните месечни температури през януари (+3.1 °C), март (+3.3 °C), юни (+2.4 °C), юли (+2.8 °C), ноември (+3.2 °C) и декември (+2.1 °C) – фигура 1б.

Средните месечни температури са под нормата през февруари (–2.4 °C), април (–0.3 °C), май (–1.0 °C) и октомври (–1.1 °C).

* Данните са по оперативна информация от метеорологичната мрежа на НИМХ. Окончателните резултати и анализи ще бъдат представени в Годишния хидрометеорологичен бюлетин на НИМХ.

Предварителните оценки сочат, че средно за страната годишната сума на валежите през 2025 г. е с около 7% под климатичната норма, като през отделните месеци валежите варират в широки граници – фигура 1в.



Фигура 1. Отклонение от нормата (1991–2020) на средните годишни (а) и месечни (б) температури и валежи (в) в България за периода 1930–2025 г.

Есента е най-дъждовната от 2014 г. насам, а октомври е най-дъждовният от 1930 г. Лятото обаче е най-сухото за периода 1930–2025 г. През останалите сезони валежите са около и над климатичните норми.

За разлика от топлия месец февруари на 2024 г. (най-топъл от 1930 г.) в периода 16–24.II.2025 г. страната е обхваната от продължително застудяване, като в Североизточна България са регистрирани минимални температури под –20 °C.

През лятото на 2025 г. горещините са с по-малка продължителност от тези през 2024 г., като отново най-масови са през месец юли. В същото време през юли 2025 г. по-често и на повече места са регистрирани температури на въздуха над 40 °C.

Изминалата 2025 г. е поредната година на климатични контрасти от началото на века, която поставя въпроса доколко сме подготвени да се справяме с последиците от изменението на климата.

Литература

НИМХ (2024). Годишен хидрометеорологичен бюлетин, <https://bulletins.cfd.meteo.bg/>
C3S (2025). Global Climate Highlights 2025. Available online: <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2025> (accessed on 11 Feb 2026)



Highlights for Bulgaria's climate in 2025

K. Malcheva, T. Darelova*, L. Bocheva, D. Todorova

Department of Meteorology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *heat waves, extreme events, drought, floods*

*email: tatiana.darelova@meteo.bg

Introduction

2025 is the third warmest year since the beginning of instrumental meteorological observations, ranging after 2024 and 2023 (C3S, 2025). The average global temperature is 1.47 °C higher than the average for the pre-industrial period 1850–1900. In 2025, the world experiences extreme heat and drought, catastrophic forest fires and tropical cyclones, characterized by record amounts of precipitation.

2025 is one of the warmest years since the beginning of meteorological measurements in Bulgaria as well. Extreme weather events have been recorded in almost all months in different regions of the country. Significant precipitation in early October causes flash floods in many places in the country, with the most significant damages on the Southern Black Sea coast.

Methodology

Operational data from all synoptic, climate and precipitation stations in the meteorological network of the National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH) are used. The assessment of extreme temperature and precipitation events for 2025 was conducted in accordance with the climate analysis methodology applied by the NIMH. The resulting analytical datasets were also provided to the Ministry of Environment and Water (MEW).

Results and conclusions

In 2025, the average annual temperature for the country is about 1.2 °C above the climate norm* and about 0.8 °C lower than the extremum reached in 2024 (NIMH, 2024) – Figure 1a.

The past year is characterized by a hot summer – the third warmest since 1930, after 2024 and 2012. In winter, spring and autumn, the average seasonal temperatures were also above the climatic norms, but with smaller deviations. Significantly above the climatic norms are the average monthly temperatures in January (+3.1 °C), March (+3.3 °C), June (+2.4 °C), July (+2.8 °C), November (+3.2 °C) and December (+2.1 °C) – Figure 1b.

Average monthly temperatures are below normal in February (–2.4 °C), April (–0.3 °C), May (–1.0 °C) and October (–1.1 °C).

Preliminary estimates show that the average annual precipitation for the country in 2025 is about 7% below the climatic norm, with precipitation varying significantly between months – Figure 1c.

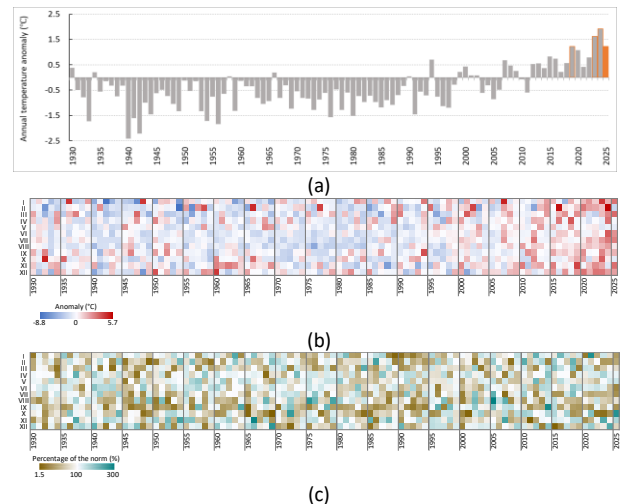


Figure 1. Deviation from normal (1991–2020) of mean annual (a) and monthly (b) air temperature and precipitation sums (c) in Bulgaria for the period 1930–2025

Autumn is the rainiest since 2014, and October is the rainiest since 1930. Summer, however, is the driest for the period 1930–2025. During the other seasons, precipitation is around and above climatic norms.

Unlike the warm month of February 2024 (the warmest since 1930), in the period 16–24 February 2025 the country was hit by a prolonged cold snap, with minimum temperatures below –20 °C recorded in Northeastern Bulgaria.

In the summer of 2025, heat waves are of shorter duration than those in 2024 and are again most prevalent in July. In addition, in July 2025, temperatures above 40 °C are reached more often and in more places than in the previous year.

The past year 2025 is another year of climatic contrasts since the beginning of the century, which raises the question of how prepared we are to deal with the consequences of climate change.

References

- NIMH (2024). Annual hydrometeorological bulletin (in Bulgarian), <https://bulletins.cfd.meteo.bg/>
C3S. (2025). Global Climate Highlights 2025. Available online: <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2025> (accessed on 11 Feb 2026)

* The data are based on operational information from the NIMH meteorological network. The final results and analyses will be presented in the NIMH Annual Hydrometeorological Bulletin.

ВОДИ – РЕКИ, ПОДЗЕМНИ ВОДИ, ЧЕРНО МОРЕ



WATER – RIVERS, GROUNDWATER, BLACK SEA



Оценка на резервите в обработката на интензивните валежи за целите на проектиране на отводнителни системи в урбанизирани територии

С. Дарачев*, Е. Ангелова

Департамент „Хидрология“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: канализация, интензивни валежи, обезпеченост, времеоттичане, рационален метод

*email: sdarachev@meteo.bg

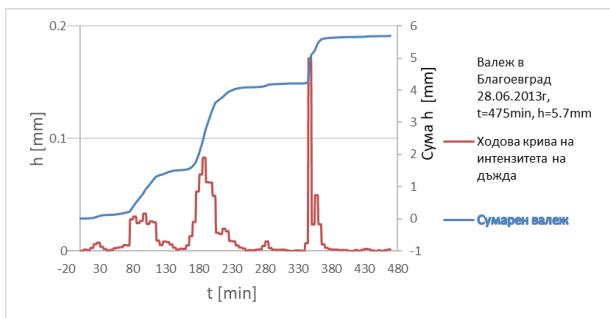
Въведение

При проектирането на селищни канализационни мрежи за основен изчислителен модел е използван Рационалният метод. Основна предпоставка при него е приемането $t_{от} = t_d$ (времето на оттичане в мрежата е равно на времето на дъжда). За тази цел се прилага обработването на реалните отчетени валежни събития по Метода на пределната интензивност. Оразмерителната интензивност на дъжда в този период за даден канализационен участък се отчита от криви, даващи връзката между интензивността при зададено времетраене за приет период на повторение (Intensity-Duration-Frequency, IDF).

Методология

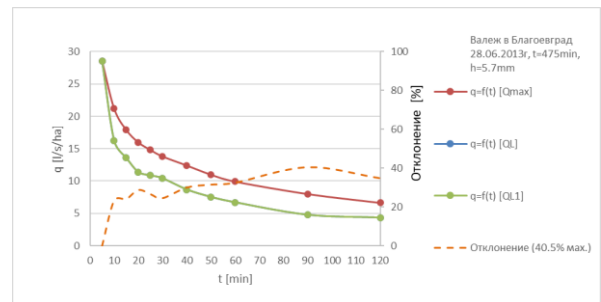
В изследването са обработени първичните данни от самопишещите дъждомери. Създаден е алгоритъм за обработка на интензивните валежи, отговарящ на предпоставките, заложи в Рационалния метод. Селектирани са реално отчетените интензивности за непрекъснато времетраене от валежното събитие. Така отчетените стойности са статистически оценени и са изведени нови IDF криви (за анализирания период), които са сравнени с получените такива по Метода на пределната интензивност. Разликата между така изведените зависимости се явява резерв или дефицит, залаган при оразмеряването на отводнителни системи в урбанизирани територии.

Резултати и изводи



Фигура 1. Характеристика на валеж в Благоевград от 28.06.2013 г., $t = 475$ min, $h = 5.70$ mm.

Обработените данни са за период от 10 години (2010–2019), за станция Благоевград – от 8 години (2011–2018). Практически всички резултати водят до извода, че в метода за обработка, прилаган до момента, е пренебрегната последователността от интензивности, които за целите на хидрологията и изследването на водосбори с времеоттичане над 60–120 мин. не се отразяват значимо, докато при малки територии, като градски ареали, се натрупва голямо отклонение и практически в статистическата обработка участват събития, които никога не са се случвали, което презапасява оразмеряваната канализационна мрежа.



Фигура 2. Изчислени интензивности (IDF) за дадено времетраене.

Тази оценка може да послужи за отговор в съвременните условия, при които за оразмеряване на канализационни мрежи имаме линейна зависимост: $Q = q \cdot F \cdot \Psi$, където q е интензивността, F – площта на водосбора, и Ψ – отточен коефициент, изразяващ отношението на оттеклия се в канализационната мрежа валеж към падналия върху водосбора. Така при слаб контрол върху бурно развиващите се градове с увеличаване на отводняваната площ (F) и презастрояването (Ψ) имаме значително увеличаване на оразмерителното количество Q при запазващо се или увеличаващо се q , докато в настоящото изследване се доказва изначално.

Благодарности: Изследването е осъществено в рамките на проект „Метод за обработка на интензивните валежи за целите на проектиране на отводнителни системи в урбанизирани територии“, финансиран от НИМХ, приет с протокол на №47 от 09.03.2022 г.

Assessment of reserves in the calculation of intense precipitation for the purposes of designing drainage systems in urban areas

S. Darachev*, E. Angelova

Department of Hydrology, National Institute of Meteorology and Hydrology

*email: sdarachev@meteo.bg

Introduction

In the design of urban sewerage networks, the “Rational Method” is used as the basic computational model. Its main premise is the assumption $t_r = t_d$, (the time of drainage in the network is equal to the time of rain).

For this purpose, the processing of the actual recorded precipitation events is applied according to the “Rational Method”. The design rainfall intensity for a given sewer section during this period is determined from IDF (Intensity-Duration-Frequency) curves, which define the relationship between rainfall intensity and duration for a chosen return period.

Methodology

The study processed the primary data from the self-recording rain gauges. An algorithm for processing intense rainfall was created, meeting the assumptions set out in the “Rational Method”. The actually recorded intensities for the continuous duration of the rainfall event were selected. The recorded values were statistically evaluated and new IDF curves (for the analyzed period) were derived, which were compared with those obtained by the maximum intensity method. The difference between the dependencies thus derived is a reserve or deficit, assumed in the sizing of drainage systems in urban areas.

Results and conclusions

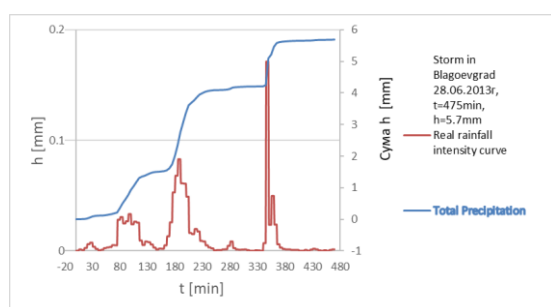


Figure 1. Characteristics of precipitation in the city of Blagoevgrad from 28.06.2013, $t = 475$ min, $h = 5.70$ mm.

Stations were processed for a period of 10 years (2010–2019) and for the Blagoevgrad station for 8 years (2011–2018). Practically all results led to the conclusion that the processing method applied so far has neglected the sequence of intensities, which for the purposes of hydrology and the study of watersheds with a runoff time of over 60–120 min is not significantly reflected. However, in small territories, such as urban areas, a large deviation

accumulates and practically the statistical processing involves events that have never happened, which oversupplies the dimensioned sewer network.

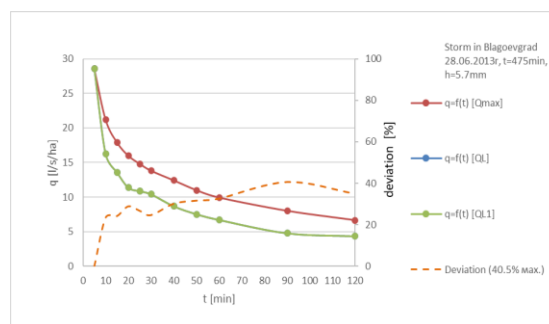


Figure 2. Calculated intensities (IDF) for a given duration.

This assessment can serve as an answer in modern conditions in which for the sizing of sewer networks we have a linear dependence in which $Q = q \cdot F \cdot \Psi$, where q – intensity, F – area of the watershed, and Ψ – runoff coefficient expressing the ratio of the precipitation drained into the sewer network to that fallen on the watershed.

Thus, with weak control over rapidly developing cities with an increase in the drainage area (F) and overbuilding (Ψ) we have a significant increase in the sizing quantity Q with a constant or increasing q , while in the present study it is initially proven.

Acknowledgements: The research was carried out within the framework of the project “Method for processing intense precipitation for the purposes of designing drainage systems in urbanized areas”, funded by the National Institute of Hydrology and Hydrology, adopted by protocol No. 47 of 09.03.2022.



Състояние на подземните води през продължителната суша 2023–2025 г.

М. Иванов*, Г. Друмева-Антонова, Р. Иванова, М. Илиева, В. Недева

Департамент „Хидрология“, Национален институт по метеорология и хидрология
Ключови думи: *хидроложка суша, подземни води, продължителна суша, запаси*

*email: marin.ivanov@meteo.bg

Въведение

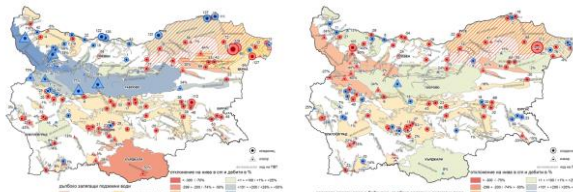
Продължителните суши водят до понижаване на нивата на подземните води, намаляване на количеството на подземния отток към реки и извори, затрудняване на експлоатацията и намаляване на дебита на водоземните съоръжения.

Методология

Влиянието на продължителната суша през последните три години върху количеството на подземните води е оценено в национален мащаб по намаляването на нивата на кладенците и дебита на изворите, включени като пунктове в националната хидрогеоложка мрежа, както и по тенденциите в изменението на запасите на подземни води.

Резултати и изводи

Отклонението спрямо предходна година на средногодишните нива и дебити по подземни водни тела (ПВТ) с хидрогеоложки наблюдателни пунктове е показано на фигура 1.

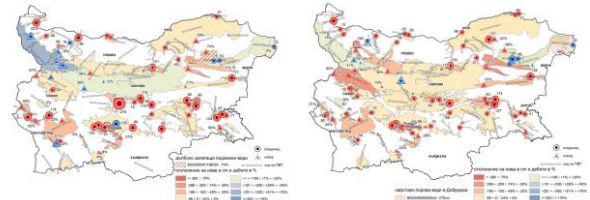


а) 2023 г. спрямо 2022 г. б) 2024 г. спрямо 2023 г.

Фигура 1. Отклонения на нива и дебити спрямо предходна година.

През 2024 г. 67% от изворите имат понижение на дебита спрямо стойностите им през 2023 г., като най-засегнатите райони са „Карстови води в Западния Балкан, Годечкия масив и в Предбалкана“; нивата на плиткозалагащите подземни води намаляват при 71% от пунктовете (до 105 cm), а в дълбоко-залагащите карстови хоризонти средногодишните нива намаляват във всички мониторингови пунктове, достигайки 14–46 cm в барем-аптския и 18–411 cm в малм-валанжския водоносен комплекс.

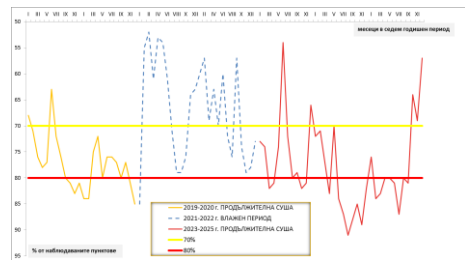
Отклонението на средногодишните нива и дебити спрямо нормите показва, че се наблюдава спад за 35–36 ПВТ, съответно за 2023 и 2024 г. (фиг. 2). Най-значителни са пониженията в терасите на реките Дунав, Искър, Янтра, Камчия, Марица и Тунджа, в повечето котловини, както и в част от сарматски водоносен хоризонт в Североизточна България, с отклонения до 560 cm под нормата през 2024 г.



а) 2023 г. спрямо периода 1991–2020 г. б) 2024 г. спрямо периода 1991–2020 г.

Фигура 2. Отклонения на нива и дебити спрямо нормите.

Обобщена оценка на намаляването на запасите на различни видове подземни води – порови, пукнатинни, карстови и смесен тип, както и плитко, средно и дълбокозалагащи – за територията на цялата страна въз основа на отклонението на регистрираните нива и дебити спрямо нормите им за съответния месец е представена на фигура 3.



Фигура 3. Тенденции на намаляване на запасите на подземни води за периода 2019–2025 г.

Изводите, които могат да се направят, са, че ключов фактор за настъпването на хидроложка „продължителна суша“ са две последователни сухи години, като сами по себе си те може да не са най-сухите години в многогодишен аспект. Друг основен фактор е недостатъчното подхранване на подземните води през есенно-зимните месеци от дъждове и топене на снежна покривка. Тези две главни природни причини водят до „продължителната суша“ 2019–2020 г., наблюдават се отчасти за 2023 г. и в много голяма степен за 2024 г. През есенно-зимните месеци на 2024–2025 г. едва 10–15% от общия брой наблюдавани кладенци и извори не са регистрирали спад в нивата и дебитите си. 2025 г. е трета поредна година с изразена преобладаваща тенденция на намаляване на запасите на подземни води в национален мащаб. В нейният край обаче се наблюдава оптимистична тенденция на покачване на нивата в кладенците и дебитите на изворите във все повече наблюдателни пунктове.

Groundwater status during the prolonged drought 2023–2025

M. Ivanov*, G. Drumeva-Antonova, R. Ivanova, M. Ilieva, V. Nedeva

Department of Hydrology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *hydrological drought, groundwater, prolonged drought, storage*

*email: marin.ivanov@meteo.bg

Introduction

Prolonged droughts lead to a decrease in groundwater levels, groundwater runoff to rivers and springs and can make the operation of water supply wells more difficult.

Methodology

The impact of the prolonged drought over the last three years on the quantity of groundwater is assessed on a national scale by reducing well levels and spring discharges at the national hydrogeological monitoring network, as well as by trends in the change in groundwater storage.

Results and conclusions

The deviations of the average annual levels and discharge compared to the previous year is shown in Figure 1 for groundwater bodies (GWBs) with hydrogeological monitoring points.

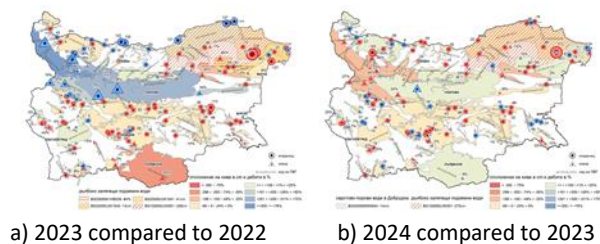


Figure 1. Level and discharge deviations compared to previous year.

In 2024, 67% of springs have a decrease in flow compared to their values in 2023, with the most affected areas being “Karst waters in the Western Balkans, the Godech Massif and the Fore-Balkans”; shallow groundwater levels decrease at 71% of the wells (up to 105 cm), and in deep karst aquifers, the average annual levels decrease at all monitoring points, reaching 14–46 cm in the Barremian-Aptian and 18–411 cm in the Malm-Valanginian aquifer complex.

The deviations of the average annual levels and discharge from the norms show that a decrease is observed for 35–36 GWBs, respectively for 2023 and 2024 (Fig. 2). The most significant decreases are in the terraces of the Danube, Iskar, Yantra, Kamchia, Maritsa and Tundzha rivers, in most valleys, as well as in part of the Sarmatian aquifer in Northeastern Bulgaria where, the deviation up to 560 cm is observed in 2024.

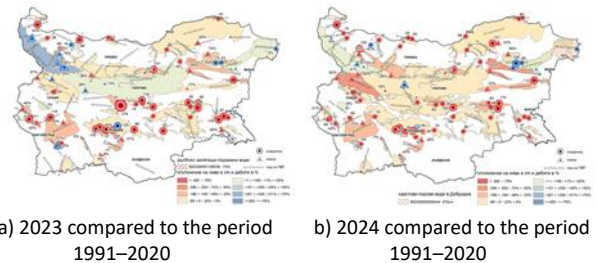


Figure 2. Level and discharge deviations compared to the norms.

A summarized assessment of the storage reduction trends of various groundwater types – pore, fissure, karst and mixed type, as well as shallow, medium and deep groundwater – for the entire country based on the deviation of the registered levels and discharge from their month norms is presented in Figure 3.

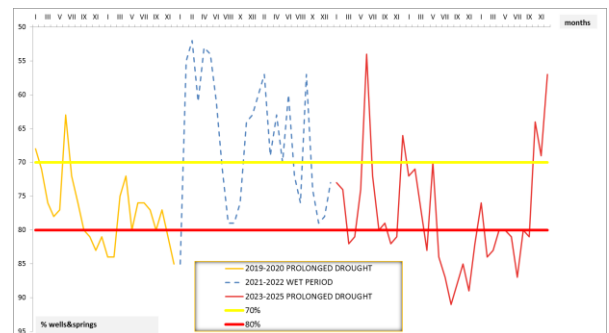


Figure 3. Groundwater storage decreasing trends for the period 2019–2025.

The conclusions that can be drawn are that a key factor for the occurrence of a “prolonged drought” is two consecutive dry years, which in themselves may not be the driest in a long-term aspect. Another main factor is the insufficient groundwater recharge during the autumn-winter months from rains and melting snow cover. These two main natural causes lead to the “prolonged drought” 2019–2020, are partly observed for 2023 and to a very large extent for 2024. During the autumn-winter months of 2024–2025, only 10–15% of the total number of monitoring wells and springs did not register a decrease in their levels and discharge. 2025 is the third consecutive year with a pronounced prevailing trend of decreasing groundwater storage on a national scale. At its end, however, an optimistic trend of rising well levels and spring discharge is observed at more and more monitoring points.



Числено моделиране на разпространението на нефтени разливи: оперативно приложение на модела OpenDrift в Черно море

Л. Николова*, В. Гълъбов

Департамент „Прогнози и информационно обслужване“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: моделиране на нефтени разливи, замърсяване на морската среда, Черно море, OpenDrift

*email: lilia.nikolova@meteo.bg

Въведение

Замърсяването на морската среда с нефтопродукти представлява сериозен екологичен и социално-икономически проблем, особено за полузатворени морета като Черно море. Прогнозирането и мониторингът на нефтените разливи са от съществено значение за ограничаване на негативните въздействия върху околната среда, както и за подобряване на реакцията при инциденти в крайбрежните райони.

Методология

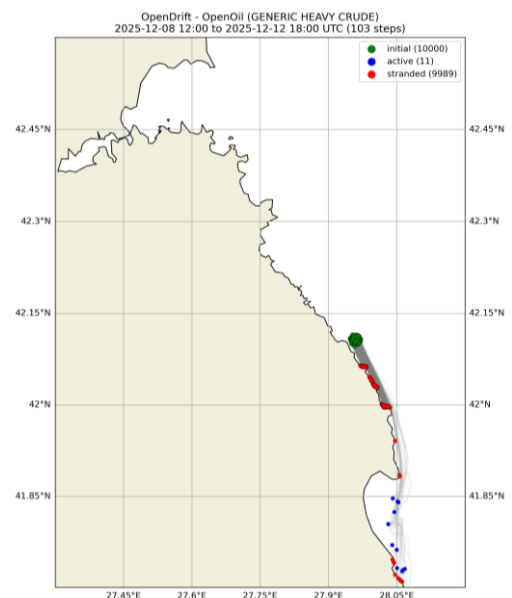
Представено е приложението на норвежкия модел OpenDrift за симулиране на дрейфа на обекти, субстанции и замърсители като петролните продукти на морската повърхност за района на Черно море (Dagestad et al., 2018). Моделът е внедрен през 2025 г. в оперативната и научна практика на секция „Морски и специализирани прогнози“. В предишно изследване моделът беше използван за проследяване на еволюцията във времето на разпространението на нефтени разливи и за оценка на уязвимостта на заливите при различни хидрометеорологични условия (Nikolova & Galabov, 2025).

Настоящата работа представя симулация на разпространението на хипотетичен нефтен разлив от танкера „Кайрос“, заседнал на 5 декември 2025 г. край бреговете на Ахтопол. Симулацията обхваща периода 8–12.12.2025 г. (фиг. 1).

Използвани са метеорологични и океанографски данни от Black Sea Waves Analysis and Forecast, Black Sea Physics Analysis and Forecast на програмата „Коперник“ и GFS, като скорост на вятъра на 10 m височина, значима височина на вълната, скорост на повърхностните течения, соленост, температура на морската вода, както и дрейфът на Стокс. Петролният продукт, използван за симулацията, е тежък суров петрол. В симулацията са включени и различни естествени физико-химични и биологични процеси, като адвекция, дифузия, изпарение, емулгиране и биохимическо разлагане, които променят свойствата на петрола след разлив и влияят върху неговото разпространение.

Резултати и изводи

Симулацията показва, че нефтеният разлив от танкера „Кайрос“ е имал потенциал да се разпространи на юг от Ахтопол и да причини замърсяване на някои чувствителни крайбрежни райони, като северния плаж на Синеморец – плаж Велека (фиг. 1). Според резултатите разливът е можел да достигне и турското крайбрежие на 12.12.2025 г. Системата за моделиране на разпространението на нефтени разливи OpenDrift се доказва като подходящ инструмент за бързо изготвяне на симулации при аварийни разливи поради своята точност и бързодействие.



Фигура 1. Симулация на разпространението на хипотетичен нефтен разлив край Ахтопол.

Литература

- Dagestad, K. F., Röhrs, J., Breivik, Ø., Ådlandsvik, B. (2018). OpenDrift v1.0: a generic framework for trajectory modelling. *Geoscientific Model Development*, 11(4), pp. 1405–1420, <https://doi.org/10.5194/gmd-11-1405-2018>.
- Nikolova, L., Galabov, V. (2025). Implementation of Forecasting System for Oil Spills along the Bulgarian Coast. *Journal of Balkan Ecology*, Vol. 28, № 3, 2025, pp. 283–297. ISSN 1311-0527 (Print); ISSN 2815-3758 (Online).

Numerical modeling of oil spills: Operational application of the OpenDrift model in the Black Sea

L. Nikolova*, V. Galabov

Department of Forecasts and Information Service, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *oil spill modelling, marine pollution, Black Sea, OpenDrift*

*email: lilia.nikolova@meteo.bg

Introduction

Marine oil pollution represents a major ecological and socio-economic challenge, particularly in semi-enclosed seas such as the Black Sea. Accurate forecasting and monitoring of oil spill behaviour are essential in order to mitigate undesirable environmental impacts, to ensure better pollution-response operations in coastal zones.

Methodology

In this context, the present work aims to demonstrate the application of the Norwegian trajectory model OpenDrift for simulating the surface drift of objects and substances, including petroleum pollutants, in the Black Sea region (Dagestad et al., 2018). The model was implemented and adapted in 2025 for operational and scientific use within the Marine and Specialized Forecasts Division. In a previous study, the framework was utilized to simulate the trajectory and temporal evolution of oil spills and to assess the vulnerability of bays under different hydrometeorological conditions (Nikolova & Galabov, 2025).

This study presents a simulation of a hypothetical oil spill from the crude oil tanker Kairos, which was stranded in the coastal waters near Ahtopol on 5 December 2025. The forecast of the oil spill evolution was conducted for the period 8–12 December 2025 (Fig. 1).

Meteorological and oceanographic input data for the model, such as 10 m wind fields, significant wave height, surface currents, salinity, seawater temperature, and Stokes drift, were obtained from the Copernicus Black Sea Waves Analysis and Forecast and Black Sea Physics Analysis and Forecast and GFS. The oil product used for the simulation is generic heavy crude. The simulation includes various natural physicochemical and biological processes such as advection, diffusion, evaporation, emulsification, and biodegradation, which change the properties of the oil after a spill and influence its spread.

Results and conclusions

The simulation indicates that the oil spill from the crude oil tanker Kairos had the potential to spread south of Ahtopol and cause contamination in sensitive coastal areas, such as the northern beach of Sinemorets – Veleka Beach (Fig. 1). According to the results, the spill could have reached and contaminated the Turkish coastline by 12 December. Due to its robustness and great computational performance, the OpenDrift oil spill modeling system has proven to be a suitable tool for quick and reliable simulations in the event of accidental oil spills.

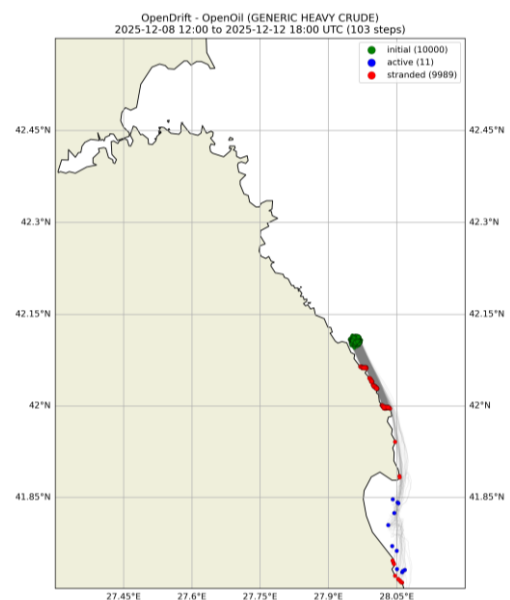


Figure 1. Simulation of a hypothetical oil spill near Ahtopol.

References

- Dagestad, K. F., Röhrs, J., Breivik, Ø., Ådlandsvik, B. (2018). OpenDrift v1.0: a generic framework for trajectory modelling. *Geoscientific Model Development*, 11(4), pp. 1405–1420, <https://doi.org/10.5194/gmd-11-1405-2018>.
- Nikolova, L., Galabov, V. (2025). Implementation of Forecasting System for Oil Spills along the Bulgarian Coast. *Journal of Balkan Ecology*, Vol. 28, No 3, 2025, pp. 283–297. ISSN 1311-0527 (Print); ISSN 2815-3758 (Online).

Оценка на възможностите за водоснабдяване от язовири „Калин“ и „Карагьол“

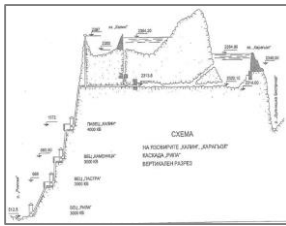
О. Сантурджиян, С. Дарачев*

Департамент „Хидрология“, Национален институт по метеорология и хидрология
Ключови думи: управление на язовири чрез зонирание, приоритети на водоползване*email: sdarachev@meteo.bg

Въведение

„Калин“ и „Карагьол“ са най-високо разположените язовири на България и съставят началото на каскада „Рила“ с 4 водноелектрически централи. Двата язовира са свързани помежду си с напорен тунел, като яз. „Калин“ е по-високо разположен и може да пълни яз. „Карагьол“. Язовир „Калин“ е със завирен обем 1,02 млн. m^3 , а яз. „Карагьол“ – с 2,2 млн. m^3 . Последният се пълни от естествения си водосбор, от яз. „Калин“, а също и с води, изпомпвани от долния изравнител на ПАВЕЦ „Калин“.

Под язовирите е разположена каскада от четири водноелектрически централи с три малки изравнителя и няколко събирателни канала за допълнителни водни количества.



От началото на XXI век от основния изпускател на яз. „Карагьол“ се подават води за водоснабдяване на Дупница, когато наличният воден обем в него е над $1.10^6 m^3$. От изтичалото на ВЕЦ „Каменица“ се подават води и за питейно-битово водоснабдяване (ПБВ) за градовете Рила, Кочериново, Бобошево и селища (група „Рила“). Това прави язовирите многоцелеви с енергийно и ПБВ водоползване. За осигуряване на приоритета на ПБВ трябва да се въведат правила за управление.

Методология

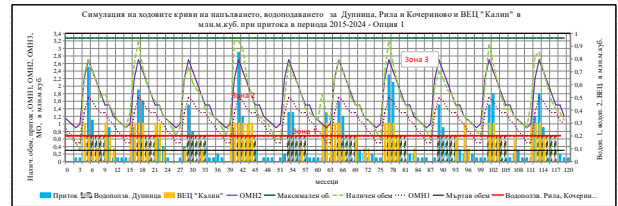
Изследването е извършено по указанията и софтуера RESERVOIR1 на Методика за разпределение на водите на язовирите и използване на водните им ресурси (НИМХ, 2023). Язовирите са свързани и при водобалансовите оценки се отчита общият им обем. Приема се, че от язовирите черпят вода три независими водоползвателя – за ПБВ на Дупница и на група „Рила“ и за независим енергодобив чрез ПАВЕЦ „Калин“. За целта полезният обем на язовирите се разделя на три надстоящи зони. При напълване в Зона 1 се подава вода само за група „Рила“, в Зона 2 – за група „Рила“ и за Дупница, а в Зона 3 – за всички водоползватели. Оценява се също като трета опция с две зони на водоползване, без вода за Дупница.

Водоползването за група „Рила“ е прието като равномерно разпределено при Опция 1 – по $0,2 \cdot 10^6$, и Опция 2 – $0,25 \cdot 10^6 m^3/мес.$, а това за Дупница – по $0,2 \cdot 10^6 m^3$ от юни до октомври, когато наличният воден обем в язовир „Карагьол“ е над $1,0 \cdot 10^6 m^3$. При Опция 3 за група „Рила“ се подават по $0,3 \cdot 10^6 m^3/мес.$

Размерите на зоните се получават след итеративни изчисления на баланса на язовирите при приток, аналогичен на този в периода 2015–2024 г., за който има данни. Това се прави до достигане на близо 100% обезпеченост на ПБВ за група „Рила“ и до възможния максимум за Дупница. Средногодишният приток е $4,97 \cdot 10^6 m^3$ при $C_v = 0,12$. Характерно за притока е, че той е концентриран в периода май–октомври.

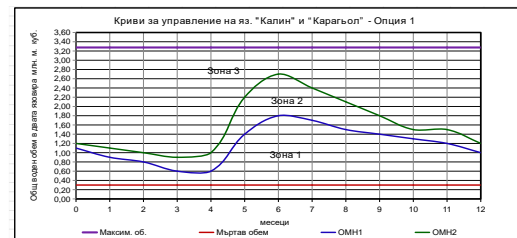
Резултати и изводи

На фигурата са показани месечните графики в 10-годишния период на симулация на баланса на язовирите при Опция 1.



С ОМН1 (тъмночервени точки) и ОМН2 (лилава плътна линия) са обозначени горните граници на обемите на първа и втора зона, на притока (светлосини колони), на водоползването за група „Рила“ (червена плътна линия), за Дупница (тъмнозелени прекъснати колони), за ВЕЦ (светложълти колони).

Група „Рила“ е обезпечена близо 100%, Дупница – 100% при Опция 1 и 95% по обем при Опция 2. При Опция 3 тя взема вода от яз. „Дяково“.



Правилата за определяне на месечни лимити се определят от кривите на управление, показани на фигурата. „Кюстендилска вода“ ЕООД съвместно с МОСВ трябва да избере една от оценените 3 опции за приложение.



Assessment of the water supply resources of the “Kalin” and “Karagyol” reservoirs

O. Santurdjiyan, S. Darachev*

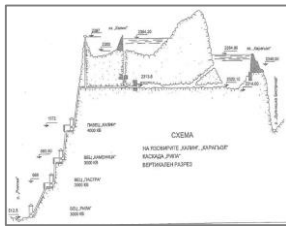
Department of Hydrology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *dam water allocation through zoning, water use priorities*

*email: sdarachev@meteo.bg

Introduction

The “Kalin” and “Karagyol” dams are the highest in Bulgaria and form the initial stage of the “Rila” cascade with 4 hydroelectric power plants. They are interconnected by a pressure tunnel, with the “Kalin” dam being higher and able to fill the “Karagyol” dam. The “Kalin” dam has a storage capacity of 1,02 million m³, and the “Karagyol” dam with 2,2 million m³. The latter is filled from its natural catchment, from the “Kalin” dam, as well as with water pumped from the lower equalizer of the “Kalin” hydroelectric power plant. Below the dams is a cascade of four hydroelectric power plants with three small equalizers and several collection channels for additional water inflow.



Since the beginning of the 21-st century, through the bottom outlet of the “Karagyol” reservoir water has been supplied to the city of Dupnitsa when the actual filling is above 1.10⁶ m³. From the outflow of the “Kamenitsa” HPP, water is also supplied for the towns of Rila, Kocherinovo, Boboshevo and settlements (“Rila” Group). This turns the reservoirs into multipurpose ones with energy and domestic water supply (DWS) use. Management rules ought to be introduced to ensure the priority of the DWS users.

Methodology

The study was carried out using the methods and software RESERVOIR1 of the Methodology for the reservoirs’ water allocation and use of their water resources (NIMH, 2023). The two reservoirs are connected and their total volume is taken into account in their water balance assessments. It is assumed that three independent water users take water from the reservoirs – for the Dupnitsa and “Rila” Group water supply and for independent energy production by the “Kalin” hydroelectric power plant. For this purpose, the operation volume of the reservoirs is divided into three placed one above the other zones. When the filling is in Zone 1, water is released only for the “Rila” Group, in Zone 2 – for the “Rila” Group and Dupnitsa, and in Zone 3 – for all water users. It is also evaluated a third option with two water use zones without water for Dupnitsa.

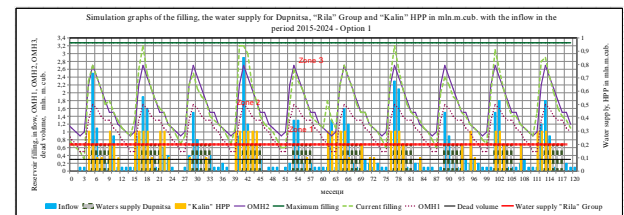
The water supply for the “Rila” Group is assumed to be evenly distributed – under Option 1 with 0,2.10⁶, and Option 2 – 0,25.10⁶ m³/month, and for Dupnitsa –

0,2.10⁶ m³/month from June to October, when the filling in the “Karagyol” reservoir is over 1,0.10⁶ m³. Under Option 3, to the “Rila” Group supplied are 0,3.10⁶ m³/month.

The volumes of the zones are obtained after iterative computation of the monthly water balance of the dams with an inflow equal to that in the period 2015–2024, for which data is available. This is done until reaching nearly 100% reliability of the DWS for the “Rila” Group and to the possible maximum for the city of Dupnitsa. The average annual inflow is 4,97.10⁶ m³ with Cv = 0.12. The characteristic feature of the inflow is that it is substantial in the period May-October.

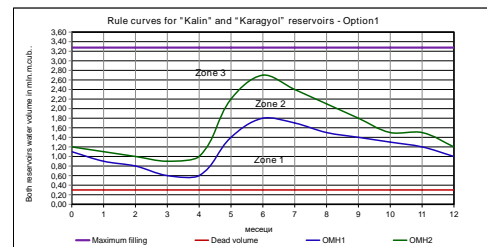
Results and conclusions

The figure shows the monthly graphs in the 10-year simulation period of the balance of the dams under Option 1.



OMN1 (dark red dots) and OMN2 (purple solid line) indicate the upper limits of the volumes of the first and second zones, the light blue columns show the inflow, the red solid line is the water supply for the “Rila” Group, and the dark green dotted columns – for Dupnitsa, for the HPP are the light yellow columns.

The “Rila” Group supply reliability is almost 100%, that of Dupnitsa is 100% under Option 1 and 95% by volume under Option 2. Under Option 3, it draws water from the “Dyakovo” reservoir.



The rules for setting the monthly water use limits are determined by the rule curves shown in the figure. The firm “Kyustendilska Voda” EOOD together with the Ministry of Environment and Water, must select one from the 3 evaluated options for the reservoirs’ water allocation.

Определяне на екстремни ветрови параметри при разчет на ветрово вълнение в повърхностни водни обекти

Г. Вълков*, Н. Йорданов, Ю. Стоименов

ДП „Управление и стопанисване на язовири“

Ключови думи: прогнозиране на ветрови режим, Гумбелово разпределение, ветрови вълни

*georgi_valkov@dpusia.bg

Въведение

Ветровото вълнение е основно външно натоварване, действащо върху хидротехнически съоръжения като вълноломи, буни, плаващи платформи, язовирни стени, изградени в повърхностни водни обекти (морета, реки, езера). То трябва да бъде прецизно изчислено, за да се гарантира сигурността на съоръженията. При липса на директни наблюдения върху вълновия режим в района се използват ветрови данни, позволяващи чрез статистическа обработка определянето на екстремни ветрови скорости с необходимата повторимост за изчисляване на вълнението, съгласно националните нормативни изисквания.

Методология

Изследването предлага метод за определяне на екстремни ветрови параметри чрез прилагане на вероятностното разпределение на Гумбел (*Gumbel distribution*), известно още като *Fisher-Tippett Type I* – подход, препоръчан в световната специализирана литература. Като източник на данни е използвана платформата *MeteoBlue*, предоставяща моделирани (*hindcast*) климатични данни за нужната географска локация. Методът включва обработка на ветрови данни и определяне на коефициентите на Гумбеловото разпределение чрез изчисляване на основните статистически характеристики на извадките с цел прогнозиране на ветровите скорости по посоки за зададена многогодишна повторимост (20, 50, 100 години), в зависимост от класа на съоръжението.

За прогнозирането на оразмерителните ветрови параметри са използвани статистически методи и разработени *ad hoc* изчислителни програми. В процеса на обработка на данните ветровите скорости се разпределят по посоки (по 8- или 16-румбовата скала), съобразно тежестта на всяка подгрупа в извадката. Изчисленията са осъществени чрез собствен софтуер, реализиран в две версии – на *MS Excel* и на *Python*, определящ коефициентите на Гумбеловото разпределение за всяка географска посока, въз основа на които се изчислява ветровата скорост с нужната обезпеченост – последната се явява основен фактор при генериране на ветрово вълнение.

Резултати и изводи

За тестване на метода е избран язовир „Огняново“. Входните данни са ветровите скорости в района, представени под формата на роза на ветровете, групирани по скоростни групи и продължителност. Определени са екстремните скорости по посоки за периоди на повторимост от 1 до 100 години и са изчислени нормативно изискуемите вълнови параметри за разчета на височината на пълзене на вълните по водния откос на язовирната стена.



Фигура 1. Ветрови разгон в язовир „Огняново“.

Разработеният прогностичен метод използва статистически анализ на достъпни метеорологични данни, като предлага на хидроинженерите надежден инструмент за определяне на ветровите параметри с нужната многогодишна повторимост. Този подход е приложим за широк спектър от специалисти, работещи в областта на хидротехническото строителство и управлението на водни ресурси в България.

Литература

- Норми за натоварвания и въздействия на хидротехнически съоръжения от вълни, лед и плавателни съдове (1988).
- Норми за проектиране на насипни язовирни стени (1985).
- Thompson, E.F. (2002). Hydrodynamic Analysis and Design Conditions. Coastal Engineering Manual, EM 1110-2-1100, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC. Pt. II Coastal Hydrodynamics, Ch. II-8, 62 p.



Determination of extreme wind parameters for calculation of wind waves in surface water bodies

G. Valkov*, N. Yordanov, Y. Stoimenov

State-Owned Enterprise “Management and Stewardship of Dams”
Keywords: *wind speeds forecasting, Gumbel distribution, wind waves*
*email: georgi_valkov@dpusia.bg

Introduction

Wind-generated waves constitute a primary external load acting upon hydraulic structures such as breakwaters, groynes, floating platforms, and dams constructed within surface water bodies (seas, rivers, lakes). These loads must be precisely calculated to ensure the structural integrity and safety of the facilities. In the absence of direct observations of the wave regime in a given area, wind data is utilized. Through statistical processing, this data enables the determination of extreme wind speeds with the required return periods for wave calculation, in accordance with the national regulatory requirements.

Methodology

The study proposes a method for determining extreme wind parameters by applying the *Gumbel probability distribution*, a.k.a. *Fisher-Tippett Type I* – approach widely recommended in global specialized literature. The *MeteoBlue* Internet platform was utilized as the data source, providing hindcast climate data for the required geographic location. The methodology involves processing wind data and determining the Gumbel distribution coefficients by calculating the primary statistical characteristics of the samples. This aims to forecast directional wind speeds for specified return periods (20, 50, and 100 years), depending on the technical classification of the structure.

To forecast the design wind parameters, statistical methods and *ad hoc* computing programs were employed. During the data processing phase, wind speeds are distributed by directions (using an 8- or 16-point compass rose), according to the weight of each bin within the sample. The calculations were performed using own software implemented in two versions – *MS Excel* and *Python*. This software enables the rapid determination of Gumbel distribution coefficients for each geographic direction, which serve as the basis for calculating the extreme wind speeds for the required return period that is the fundamental factor in wind-wave generation.

Results and conclusions

The Ognyanovo Dam was selected to test the methodology. The input data consists of wind speeds in the area, presented as a wind rose and categorized by speed intervals and duration. Extreme directional wind speeds were determined for return periods ranging from 1 to 100 years, and the wave parameters required

by regulatory standards were calculated to determine the wave run-up height on the upstream water slope of the dam wall.

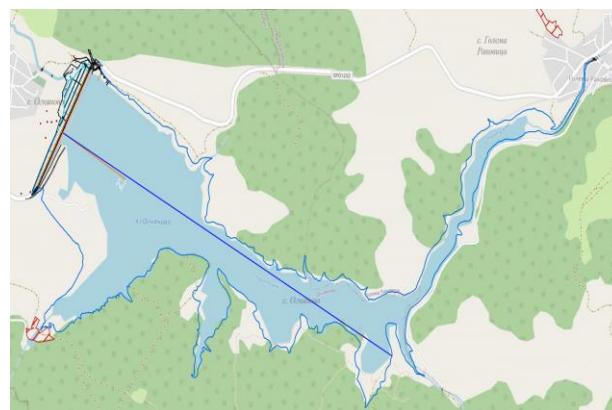


Figure 1. Wind fetch at Ognyanovo Dam.

The developed forecasting method utilizes statistical analysis of accessible meteorological data, providing hydraulic engineers with a reliable tool for determining wind parameters with the necessary long-term return periods. This approach is applicable to a wide range of professionals working in the fields of hydraulic engineering and water resource management in Bulgaria.

References

- Design Standards for Embankment Dams (1985).
- Standards for Loads and Actions on Hydraulic Structures from Waves, Ice, and Vessels (1988).
- Thompson, E.F. (2002). Hydrodynamic Analysis and Design Conditions. Coastal Engineering Manual, EM 1110-2-1100, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC. Pt. II Coastal Hydrodynamics, Ch. II-8, 62 p.



Морска аквакултура в България – възможности за иновативно развитие

Ф. Пенчев*

Институт по рибни ресурси – Варна, Селскостопанска академия

Ключови думи: Черно море, морска аквакултура, пригодност на видове, IMTA, RAS

*email: f.penchev@ifrvarna.com

Въведение

Морската аквакултура в България остава слабо развита въпреки благоприятните екологични условия и дългогодишните традиции в аквакултурното производство. Исторически секторът е доминиран от сладководни видове, докато морските видове, основно черна мида (*Mytilus galloprovincialis*), представляват малък дял от продукцията. През последните десетилетия морската аквакултура показва възходяща тенденция, подкрепена от подобрена нормативна уредба, нарастващ инвеститорски интерес и съответствие с политиките на ЕС за устойчив растеж. В този контекст е необходима оценка на производствените тенденции, пространствените ограничения и пригодността на различни видове с цел бъдещо развитие. Настоящото изследване представя еволюцията на морската аквакултура в България въз основа на статистически данни, информация за регулаторния режим и пространственото планиране, както и експертни становища на заинтересованите страни. Проучен е потенциалът за технологично развитие чрез интегрирани мултитрофични аквакултури (IMTA) и рециркулационни аквакултурни системи (RAS).

Методология

Методологията интегрира статистически и пространствени подходи за оценка на потенциала за развитие на морската аквакултура в България. Данните за производство за периода 1960–2024 г. са анализирани чрез национални статистически източници и базата данни FAO FishStatJ, с акцент върху видов състав, растеж и структурни промени в сектора. Извършен е преглед на регистъра на фермите и пространствените планове с цел оценка на разположението на обектите и на ключовите ограничения за развитие на IMTA и RAS.

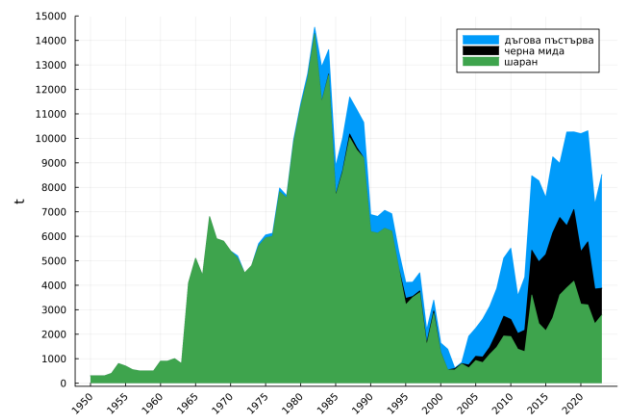
Извършен е ГИС анализ на пригодността за IMTA и RAS с цел идентифициране на потенциални видове от различни трофични нива, подходящи за отглеждане. Използвани са параметри като температура на морската вода, соленост, хлорофил-*a*, вълнение и конфликти със защитени територии и други дейности (Zaharia, 2017). Данни от заинтересованите страни бяха събрани чрез работни срещи и консултации.

Резултати и изводи

Производството от морска аквакултура показва растеж, предимно за черна мида, но остава под своя потенциал. Административни процедури, ограничени обособени морски зони и липса на технологични

иновации са идентифицирани като ключови бариери. Екологичните характеристики на Черно море и натрупаният опит в отглеждането на миди създават благоприятни условия за въвеждане на IMTA и RAS.

Резултатите показват, че зонирването за кръгова аквакултура може да намали конфликтите между ползвателите на морското пространство и да подпомогне внедряването на иновативни производствени модели. Черната мида остава доминиращ вид, показвайки екологична пригодност и пазарно търсене (Massa et al., 2021). Европейската стриди (*Ostrea edulis*) показва потенциал, подкрепен от историческото ѝ разпространение и екологична съвместимост (Nenciu et al., 2020).



Фигура 1. Водещи видове в аквакултурата в България по обем на производство.

Благодарности: Изследването е съфинансирано от ЕС по програма „Научни изследвания, иновации и дигитализация за интелигентна трансформация 2021–2027“, проект „Блу Кристал“, договор № BG16RFPR002-1.014-0016-C01.

Литература

- FAO (2023). FishStatJ – Software for Fishery and Aquaculture Statistical Time Series.
- FAO (2024). Fishery and Aquaculture Country Profile: Bulgaria. FAO Fisheries and Aquaculture Division.
- Massa, F. et al. (2021). *Aquaculture Studies*, 21(4), 181–220.
- Nenciu, M. et al. (2020). Study on mussel farming performance in the North-Western Black Sea.
- Zaharia, T. et al. (2017). Protocol for Identifying Suitable Sites for Mariculture.



Marine aquaculture in Bulgaria – opportunities for innovative development

Ph. Penchev*

Institute of Fish Resources – Varna, Agricultural Academy

Keywords: *Black Sea, marine aquaculture, species suitability, IMTA, RAS*

*email: f.penchev@ifrvarna.com

Introduction

Marine aquaculture in Bulgaria remains underdeveloped despite favourable environmental conditions and a long national tradition in aquaculture. Aquaculture production has historically been dominated by freshwater species, while marine species, primarily the Black Sea mussel (*Mytilus galloprovincialis*), account for only a small share of total volume. Over the past decades marine aquaculture has shown upward trend, supported by improved licensing procedures, investor interest, and alignment with EU policies promoting sustainable blue growth. In this context, a detailed assessment of production trends, spatial constraints, and species suitability is needed to guide future development. This study provides an overview of the evolution of marine aquaculture in Bulgaria, based on long-term datasets, licensing and spatial planning information, and stakeholder insights. Attention is given to the potential for technological diversification through Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) and Recirculating Aquaculture Systems (RAS).

Methodology

The study integrates statistical and spatial approaches to assess the development potential of marine aquaculture in Bulgaria. Long-term production trends (1960–2024) were analysed using national statistics and FAO FishStatJ data, focusing on species composition, growth rates, and structural changes in the sector. Licensing registers and spatial planning documents were reviewed to quantify the number, area, and location of farms and to identify administrative constraints. The analysis focuses on identifying structural constraints, environmental considerations, and opportunities for innovation, with particular attention to IMTA and RAS.

A GIS-based suitability analysis for both IMTA and RAS was carried out to identify potential species across different trophic levels that may be considered for aquaculture. The analysis included sea surface temperature, salinity, chlorophyll-*a*, exposure to waves, and conflicts with protected areas and other maritime uses (Zaharia, 2017). Stakeholder inputs were derived from workshops and consultations with farmers and authorities.

Results and conclusions

Marine aquaculture production has increased steadily, driven almost entirely by mussels, but remaining below its potential yet. Administrative complexity, limited designated marine space, and

insufficient technological diversification were identified as key barriers. Black Sea's environmental characteristics and existing mussel-farming experience create favourable conditions for introducing IMTA and RAS.

Preliminary analysis shows that circular aquaculture zoning can reduce conflicts, support licensing, and support the uptake of innovative, low-impact production models. The black mussel remains the strongest candidate for sustainable expansion, demonstrating excellent environmental suitability and market demand (Massa et al., 2021). The European flat oyster (*Ostrea edulis*) also shows potential, supported by historical presence and ecological compatibility (Nenciu et al., 2020).

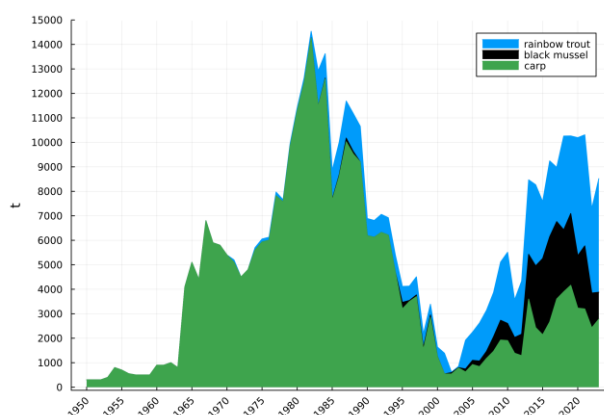


Figure 1. Top three aquaculture species in Bulgaria by production.

Acknowledgements: This study is co-financed by the EU under the programme “Research, Innovation and Digitalization for Smart Transformation 2021–2027”, “Blue Crystal” Project, under contract BG16RFPR002-1.014-0016-C01.

References

- FAO (2023). FishStatJ – Software for Fishery and Aquaculture Statistical Time Series.
- FAO (2024). Fishery and Aquaculture Country Profile: Bulgaria. FAO Fisheries and Aquaculture Division.
- Massa, F. et al. (2021). *Aquaculture Studies*, 21(4), 181–220.
- Nenciu, M. et al. (2020). Study on mussel farming performance in the North-Western Black Sea.
- Zaharia, T. et al. (2017). Protocol for Identifying Suitable Sites for Mariculture.



Дългосрочни изменения в еутрофикацията на крайбрежни морски води в Бургаския залив

Д. Беров*, Й. Георгиева, С. Клайн, В. Карамфилов

Лаборатория по морска екология, Институт по биоразнообразие и екосистемни изследвания, Българска академия на науките

Ключови думи: Черно море, Бургаски залив, еутрофикация, биогени, хлорофил-а

*email: dimitar.berov@iber.bas.bg

Въведение

Между края на 70-те и началото на 90-те години на ХХ век Черно море е претърпяло серия от екосистемни „сривове“ и „режимни промени“, предизвикани от комбинираното въздействие на антропогенната еутрофикация, свръхулова на риба и инвазивни видове. Тези изменения са особено силни в плитките крайбрежни зони със засилено локално въздействие и замърсяване и слаба циркулация на водните маси, вкл. и Бургаския залив. От края на 90-те години на ХХ век се наблюдава тенденция към намаляване на концентрациите на биогени, подобряване на качеството на водите и на общото състояние на екосистемите в района. Целта на това изследване е да проследи и анализира динамиката в концентрациите на биогени и хлорофил-а, както и промените в екологичния статус на крайбрежната зона на Бургаския залив в периода между 1984 и 2024 г.

Методология

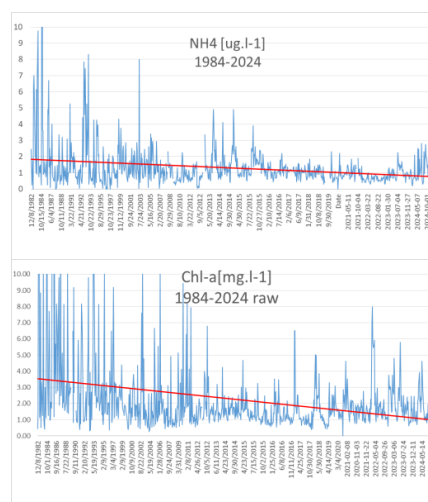
В периода между 1984 и 2024 г. на стандартна станция за изследвания в района на Созополския залив (LTER Site LTER_EU_BG_06) са проведени редовни сезонни измервания на концентрации на биогени (NH_4^+ , NO_3^- , and PO_4^{3-} , N_{inorg} , N_{tot}), chl-a и суспендирана частикуларна материя. В допълнение, в периодите 2009–2011 и 2021–2024 г. е проведен сезонен мониторинг на морската вода в 7 станции по южното крайбрежие на Бургаския залив, между Крайморието и Маслен нос. Между 2021 и 2024 г. тези изследвания са допълнени с инструментални измервания на профили на температура, соленост, рН, кислород и chl-a (NKE Instruments многопараметрична сонда).

Резултати

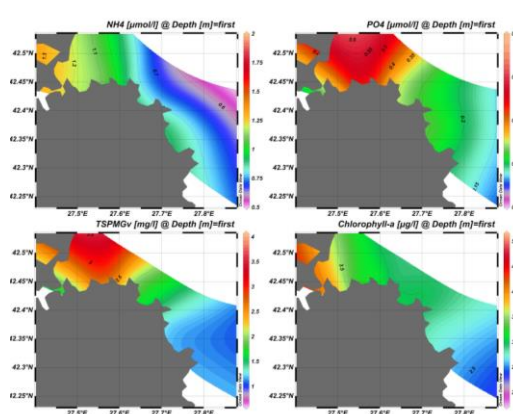
За времето на изследването концентрациите на биогени и хлорофил-а в Созополския залив са най-високи в периода 1984–1990, следвани от постепенното им намаляване до 2000–2005 г. и стабилно ниски концентрации след 2010 г., когато екологичният статус (ЕС) на крайбрежното водно тяло трайно достига „добър“-„отличен“. Изключения са периодите на ежегодните зимно-пролетни цъфтежи на фитопланктон и периодите с повишени валежи в района (напр. 2014, 2015 и 2018 г.).

И в двата периода на изследването, 2009–2011 и 2021–2024 г., е установено наличието на стабилен градиент на еутрофикация в крайбрежието на

Бургаския залив. Най-високи концентрации на биогени и съответно нисък екологичен статус са отчетени в района на Крайморието, с постепенно подобрение в посока към нос Атия и постоянно „добър“-„отличен“ ЕС на водите южно от нос Акин. В района на Крайморието между 2009 и 2021 г. е установено значимо понижение на максимални и средногодишни концентрации на биогени и хлорофил-а, индикиращо значимо понижение на втока на биогени и замърсители във вътрешния Бургаски залив за периода.



Фигура 1. Динамика на концентрации на амоний и хлорофил-а между 1984 и 2024 г. в Созополския залив.



Фигура 2. Градиент на еутрофикация по южното крайбрежие на Бургаския залив (2009–2024 г.).

Благодарности: Изследването е осъществено в рамките на проекти ACTNOW Horizon-CL6-2021-BIODIV-01-04 (Grant Agreement 101060072) и LTER-BG (Дог. с МОН No D01-320/23.11.2023).



Long-term changes in eutrophication on coastal marine waters in Burgas Bay

D. Berov*, J. Georgieva, S. Klayn, V. Karamfilov

Marine Ecology Laboratory, Institute of Biodiversity and Ecosystem Research, Bulgarian Academy of Sciences

Keywords: *Black Sea, Burgas Bay, eutrophication, nutrients, chlorophyll-a*

*email: dimitar.berov@iber.bas.bg

Introduction

The Black Sea has undergone a series of ecosystem collapses and ecosystem regime shifts in the 1970s–1990s due to the combined effects of anthropogenic eutrophication, overfishing and invasive species. These effects were most pronounced in shallow coastal regions with local inputs of pollutants and slower water circulation, such as the Burgas Bay in the SW Black Sea. Since the late 1990s, nutrient loads have decreased, the water quality has improved and ecosystems have gradually recovered. The goal of this study is to quantify the changes in nutrient concentrations, chlorophyll-*a* and overall ecological status of coastal waters in this region in the period between the early 1980s and 2024.

Methodology

Concentrations of nutrients (NH_4^+ , NO_3^- , and PO_4^{3-} , Ninorg., N tot.), chl-*a* and suspended particulate matter were measured following standard analytical methods at a long-term monitoring station in Sozopol Bay on a weekly-monthly basis between 1984 and 2024 (LTER Site LTER_EU_BG_06). Additionally, in 2009–2011 and 2021–2024 seasonal monitoring was carried out at seven stations along the Sought Burgas Bay coast between Kraimorie and Cape Maslen Nos. Water column profiles of temperature, salinity, pH, oxygen and chl-*a* concentrations were measured in 2021–2024 with multiparameter probes (NKE Instruments).

Results

Nutrient and chl-*a* concentrations in Sozopol Bay were highest in the 1980s and early 1990s, followed by gradual decrease till the early 2000s and stable low concentrations since 2010, with 'good'–'high' ecological status (ES) of the water body, except during winter-spring seasonal phytoplankton blooms. Lower ES were detected in years with higher precipitation in the area (e.g. 2014, 2015 and 2018).

A well-established and stable eutrophication gradient was present in Burgas Bay in both study periods (2009–2011, 2021–2024). Highest nutrient concentrations and correspondingly lowest ecological status were recorded at stations in Inner Burgas Bay (Kraimorie), with gradual improvement of water quality towards Cape Atia, and stable 'good'–'high' ecological status of stations south of Cape Akin. A notable decrease in average and maximum concentrations of nutrients and chl-*a* was noted in the vicinity of Kraimorie between 2009 and 2024, indicating

a significant decrease in nutrient inputs in the Inner Burgas Bay in that period.

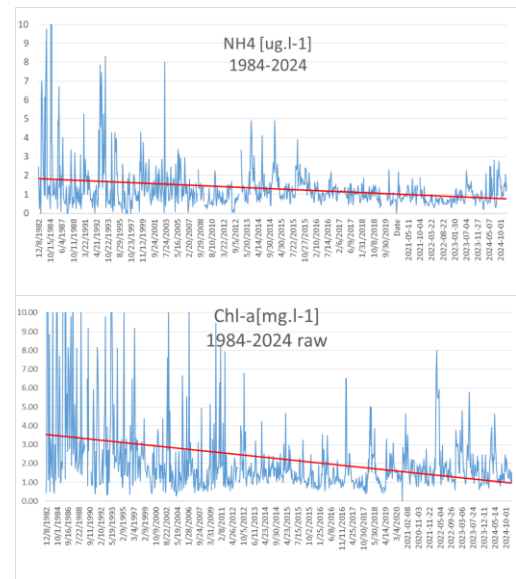


Figure 1. Dynamics of ammonia and chl-*a* concentrations between 1984 and 2024 in Sozopol Bay.

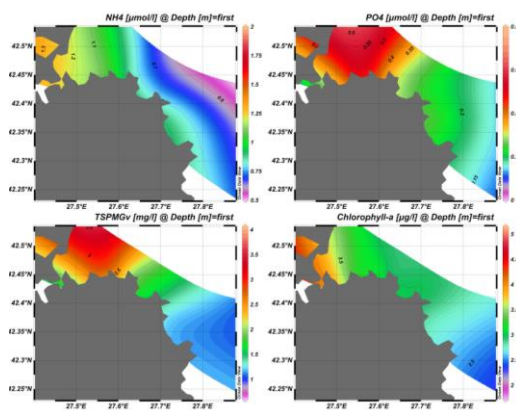


Figure 2. Eutrophication gradient along the southern coast of Burgas Bay (2009–2024).

Acknowledgements: This work was supported by ACTNOW Horizon-CL6-2021-BIODIV-01-04 (Grant Agreement 101060072), and LTER-BG (MoES agreement No D01-320/23.11.2023).



Управление на водоползването от язовирите в реално време

О. Сантурджиян, С. Дарачев

Департамент „Хидрология“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: язовири, приоритетно зонирание, криви на управление

Целта на водохранилищата е да регулират времевите колебания на притока и да го приведат в съответствие с режима на водоползване. В нормален случай обемът им, както и регулираният размер на притока не са достатъчни, за да осигурят 100% обезпеченост на всички водоползватели. Периодите на нисък приток водят до изпразване на водохранилището и в резултат на това до недостиг на вода за задоволяване на техните нужди. В случай на многоцелеви язовири различните видове водоползватели са осигурени с различна обезпеченост. Последната е свързана с тяхното жизнено значение, отразено и в Закона за водите на Република България, и определя реда на техните приоритети. Те трябва да бъдат взети предвид при разпределението на водата на водоемите по време на периоди на недостиг, което означава, че водоползването от тях трябва да бъде управлявано.

През 2012 г. по поръчка на МОСВ в НИМХ е разработена оригинална инженерна методика за управление на водите на язовирите, която през 2022 г. е допълнена с много практически примери и завършена под наименованието Методика за разпределение на водите на язовирите и използване на водните им ресурси. Тя разглежда цялостно проблемите на управлението на язовирите и включва софтуер за симулиране на месечния им воден баланс при различни варианти на управление. Основният инструмент за това е разделянето на оперативния им обем на зони на водоползване според техните приоритети, като най-ниската зона е за водоползвателя с най-висок приоритет. Обемите на зоните, осигуряващи необходимата обезпеченост на потребителите, се определят чрез месечен воден баланс на язовира през многогодишен период с дължина според вида на водоползвателя или наличните данни за притока. Граничните линии между зоните в годишен период се наричат криви на управление. Когато пълненето на язовира е в дадена зона, водата се подава на водоползвателя на зоната и на всички останали водоползватели с по-висок приоритет.

Като пример е илюстрирано определянето на правилата за управление на язовир „Горни Дъбник“, който е част от сложна ВС система в басейна на р. Вит, с 2 големи и 3 малки язовира и напоителните полета Голяма Витска и Малка Витска напоителна система. Максималният му обем е 130 млн. m^3 , но е запълнен до 85 млн. m^3 поради незавършено строителство.

Водите му се използват за осигуряване на екологичен отток в речното корито, захранване на шахтовите кладенци на водоснабдителната група при с. Крушовица, за промишлено водоснабдяване в

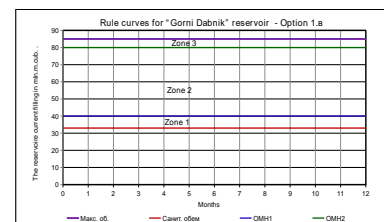
Плевен, за напояване на Голяма Витска напоителна система (ГВНС) и запълване на малките язовири „Долен Дъбник“ и „Крушовица“. За последните две цели водата се осигурява през каналите М2 и М2-1. Те могат да се напълнят при водно ниво на язовира над $40.10^6 m^3$.

Потребителите на вода са разделени на три групи по приоритети: Приоритет 1 включва екологичния поток, подхранването на шахтовите кладенци при с. Крушовица и загубите от течове и изпарение; Приоритет 2 – водоползване за промишлени цели, напояване на ГВНС, пълнене на язовирите „Долен Дъбник“ и „Крушовица“; Приоритет 3 – производство на еленергия чрез МВЕЦ „Горен Дъбник“ и „Хидромид“. Експлоатационният обем на язовира е съответно разделен на три зони, разположени в два варианта – и трите зони над санитарния обем от 40 млн. m^3 или първата зона под него.

Оценени са и два варианта за водоползване – Вариант 1 според реално използваните обеми и Вариант 2 според разрешените от МОСВ лимити. Последният вариант е по-малък.

Притокът към язовира идва от водохващане „Боаза“ на р. Вит. Данните за периода 2007–2023 г. са извлечени от месечните баланси на язовира, изчислявани от ЕАД „Напоителни системи“. Средният годишен приток е равен на $42,3.10^6 m^3$.

Извършени са симулации на месечния воден баланс и е оценена обезпечеността на трите групи водоползватели при поставяне на Зона 1 над и под $40.10^6 m^3$. Вариантът със Зона 1 под този обем и водоползване според разрешените обеми е сетен за приемлив за управлението на язовир „Горни Дъбник“. Общото водоползване е $42,6.10^6 m^3$. Годишната обезпеченост за групата с приоритет 1 е 100%, а за тази с приоритет 2 е 70,6%. Размерите на зоните са: Зона 1 – $7.10^6 m^3$, Зона 2 – $40.10^6 m^3$, и Зона 3 – $5.10^6 m^3$. Санитарният обем е $33.10^6 m^3$.



Правилата за водоподаване според напълването са

1. В Зона 3 се подава вода за всички потребители.
2. В Зона 2 водата се подава на потребители с първи и втори приоритет.
3. Когато пълненето на язовира падне под $40.10^6 m^3$, т.е. в Зона 1, вода се подава само на потребители от група 1 и на промишленото водоснабдяване.



Real-time reservoirs water allocation

O. Santurdjiyan, S. Darachev

Department of Hydrology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *reservoirs, priority zoning, rule curves*

The purpose of reservoirs is to regulate the time variation of the inflow and bring it in accordance to the water use regime. In the normal case, their volume, as well as the regulated size of the inflow, are not sufficient to provide all water users with 100% reliability. Periods of low inflow lead to the lake being emptied and as consequence to water shortage to meet their needs. In the case of multi-purpose reservoirs the different types of water users ought to be provided with different reliability. The latter is related to their vital importance, also reflected in the Water Act of the RB, and determines the order of their priorities. They must be taken into account in reservoirs water allocation during periods of water shortage, which means that the water use from them should be ruled.

In 2012, ordered by the Ministry of Environment and Water (MEW), an original engineering methodology for dam water management was developed at the NIMH, which in 2022 was supplemented with many practical examples and completed under the name Methodology for dams water allocation and use of their water resources. It comprehensively examines the problems of reservoirs water management, including their retention role of flood inflow and includes software for modeling their monthly water balance under different management options. The main tool for this is the division of their operation volume into water users zones according to their priorities, with the lowest zone being for the water user with the highest priority. The volumes of the zones ensuring the users necessary reliability are determined by calculating the dam balance over a multi-year period with a length according to the type of the water user or the available inflow data. The boundary lines between the zones in the annual period are called rule curves. When the reservoir filling is in a given zone water is supplied to the user of the zone and to all other users with a higher priority.

As an example illustrated is the definition of the management rules for the “Gorni Dabnik” dam, which is part of a complex water management system in the Vit River basin, encompassing 2 large and 3 small reservoirs and the Golyama Vitska (GVNS) and Malka Vitska irrigation fields. Its maximum volume is 130 million m³, but it is filled up to 85 million m³, because of unfinished construction of mentioned above irrigation systems

Its waters are used for the following purposes: to ensure ecological flow in the riverbed; feeding the shaft wells of the water supply group at Krushovitsa for the city of Pleven; water supply for industrial purposes for the “Plama” plant and other users, also in Pleven; energy production through 2 MWPP; irrigation of the Large river Vit Irrigation System (LVIS) and filling the “Dolen Dabnik” and “Krushovitsa” small reservoirs. For the latter two purposes the water is provided through the M2 and

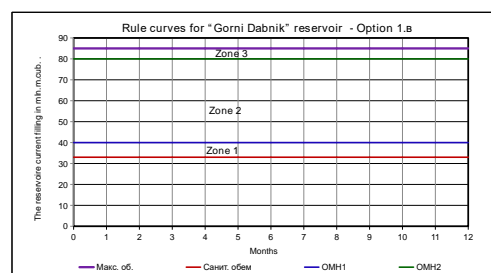
M2-1 canals. They can completely be filled at water levels of the reservoir filled over 40.10⁶ m³. This requires assuming such a sanitary volume in it.

The water users are divided into three priority groups: Priority 1 – including the ecological flow in the riverbed, the artificial recharge of the shaft wells at Krushovitsa for the city of Pleven water supply and the losses from leaks and evaporation; Priority 2 – containing the following users: water use for industrial purposes, irrigation of the LVIS, filling of the “Dolen Dabnik” and “Krushovitsa” dams; Priority 3 – energy production through “Goren Dabnik” and “Hydromid” MPP. The operational volume of the dam is respectively divided into 3 zones located in two options – the all three zones above the sanitary volume of 40 million m³ or the first zone below it.

Two water use options have also been assessed – Option 1 according to the actually used volumes and Option 2 according to the limits permitted by the MEW. The latter option is smaller.

The reservoir inflow comes from the “Boaza” weir on the Vit River through the Canal M1. The data for the monthly inflow available for the period 2007–2023 are extracted from the monthly balances of the reservoir being implemented by the “Irrigation Systems” State Company. The average annual inflow is equal to 42.3.10⁶ m³.

Water balance studies and assessments of the reliability of the three groups of water users have been carried out when placing Zone 1 above and below 40 million m³. The option with Zone 1 below this volume and water use according to the permitted volumes has been considered as acceptable for the management of the G.D. dam. The total water use is 42.6.10⁶ m³. The yearly reliability for the group with priority 1 is 100%, and for that with priority 2 it is 70.6%. The sizes of the zones are: Zone 1 – 7.10⁶ m³, Zone 2 – 40.10⁶ m³, and Zone 3 – 5.10⁶ m³. The sanitary volume is 33.10⁶ m³.



The operation rules according to filling are:

1. In Zone 3 the demands of all users are satisfied.
2. In Zone 2 water is supplied to users with first and second priority.
3. When the filling of the dam drops below 40.10⁶ m³, i.e. in Zone 1, water is supplied only to the users of group 1 plus for industrial water use.

Оценка на взаимовръзката между метеорологично и хидроложко засушаване по речни басейни при различни времеви стъпки

А. Йорданова^{1*}, И. Илчева¹, Л. Бочева², К. Малчева², К. Любенова¹,
В. Йорданова³, Й. Димитров¹, Г. Друмева-Антонова¹

¹Департамент „Хидрология“, ²Департамент „Метеорология“, ³Департамент „Прогнози и информационно обслужване“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: изменение на климата, продължителна суша, SRI, SPI, корелация, РДВ

*email: AnnaYordanova@meteo.bg

Въведение

Сушата 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“. Хидроложката суша обикновено изостава от метеорологичната. Може да изминат дни и месеци, преди дефицитът на валежи да доведе до намаление на оттока в реките и притока към язовирите. Намаляването на нивата на подземните води и язовирите се реализира накрая, а възстановяването на нормалното им състояние след суша е по-бавно (Marinova & Bocheva, eds., 2023).

Методология

Изследването е част от цялостен подход за идентифициране на продължително засушаване, разработен и надграден от експерти на НИМХ в подкрепа на МОСВ и Рамковата директива за водите (РДВ). Анализът е базиран на месечно изчисляването в оперативен порядък индекси на засушаване (SPI3 и SRI), <https://hydro.bg/>. Извършен е преход към оценка на индексите на басейново ниво. Използван е коефициентът на корелация, за да се определи взаимовръзката между двата индекса SRI и SPI при различни времеви стъпки за периода 2014–2024 г.:

$$\text{Correl}(X, Y) = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

Резултати и изводи

Анализирани са закономерностите на процеса на засушаване за речните басейни от <https://hydro.bg/>.

Таблица 1. Корелация между индексите SRI3 и SPI3 и SRI6 и SPI6 за 2014–2024 (фрагмент)

№	Река	Корелация	
		SRI3 – SPI3	SRI6 – SPI6
1	Огоста	0.60	0.71
4	Факийска	0.60	0.71
5	Тунджа	0.57	0.71

Оценени са корелацията, синхронността и фазовото отместване между индексите. Резултатите показват, че корелацията нараства с преход от 3-месечна към 6-месечна времева стъпка. Тя е статистически по-значима при 6-месечен разрез и отразява по-дългосрочното влияние на минал отток.

Колкото по-дълъг период се разглежда, толкова по-ясно е изразена връзката между валежа и оттока.



Фигура 1. Съпоставка на SPI3–SRI3 и SPI6–SRI6 за 2014–2024 г. по речни басейни (фрагмент).

Оценката на корелацията и фазовото отместване ясно идентифицира периодите на продължително засушаване (фиг. 1), като е анализирана и спецификата на всеки речен басейн. Открояват се:

- Продължително засушаване 2019–2020 г.
- Продължително засушаване 2022–2024 г.

Очаквано, SRI е фазово отместено и изостава спрямо SPI в различна степен за отделните речни басейни. Като цяло късите мащаби (месечни и тримесечни времеви скали) са подходящи за малки и незарегулирани басейни, докато по-дългите периоди са по-подходящи за по-големи басейни с изкуствено съхранение. Ключови фактори за настъпването на „продължителна суша“, които влияят на регулиращите възможности на поречието (язовири и подземни води), са две последователни сухи години (които сами по себе си може да не са най-сухите), засушаването през есенно-зимните месеци, намаляването на снежната покривка. Зачестяването и последователното редуване на екстремни явления – суши и наводнения, също са фактор, защото интензивните валежи не допринасят за подхранването на подземните води и невинаги са във водосборите на язовирите.

Благодарности: Изследването е част от научен проект на НИМХ в подкрепа на МОСВ за 2025 г.

Литература

Marinova, T. & Bocheva, L., eds. (2023). The changing climate of Bulgaria – data and analyses. NIMH, <https://www.meteo.bg/bg/zaNas/knigi>

Assessment of the relationship between meteorological and hydrological droughts in river basins at different time scales

A. Yordanova^{1*}, I. Ilcheva¹, L. Bocheva², K. Malcheva², K. Ljubanova¹,
V. Yordanova³, Y. Dimitrov¹, G. Drumeva-Antonova¹

¹Department of Hydrology, ²Department of Meteorology, ³Department of Forecasts and Information Service, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *climate change, prolonged drought, SRI, SPI, correlation, WFD*

*email: Anna.Yordanova@meteo.bg

Introduction

Drought is defined by the international meteorological community as a “period of unusually dry weather, long enough for the lack of precipitation to cause a serious hydrological imbalance”. Hydrological drought usually lags behind meteorological drought. It can take days and months before the precipitation deficit leads to reduced river flow and reservoir inflow. The lowering of groundwater and reservoir levels occurs last, and the recovery to their normal state after a drought is slower (Marinova & Bocheva, eds., 2023).

Methodology

The study is part of a comprehensive approach for identifying prolonged drought, developed and enhanced by experts from the National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH) in support to the Ministry of Environment and Water (MEW) and the Water Framework Directive (WFD). The analysis is based on drought indices (SPI3 and SRI) calculated monthly on an operational basis <https://hydro.bg/>. A transition was made to assessing the indices at the basin level. The correlation coefficient was used to determine the relationship between the two indices, SRI and SPI, at different time scales for the period 2014–2024. The synchronicity and phase shift between the indices were evaluated:

$$\text{Correl}(X, Y) = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

Results and conclusions

The dependencies in the drying process for the river basins from <https://hydro.bg/> have been analysed.

Table 1. Correlation between the SRI3 and SPI3 indices and the SRI6 and SPI6 indices for 2014–2024 (fragment)

№	River	Correlation	
		SRI3 – SPI3	SRI6 – SPI6
1	Ogosta	0.60	0.71
4	Fakiyska	0.60	0.71
5	Tundzha	0.57	0.71

The correlation, synchrony, and phase shift between the indices were assessed. The results show that the correlation increases when moving from a 3-month to a 6-month time step. It is statistically more significant in the 6-month interval and reflects the longer-term impact of past outflow. The longer the period considered, the

clearer the relationship between rainfall and runoff becomes.

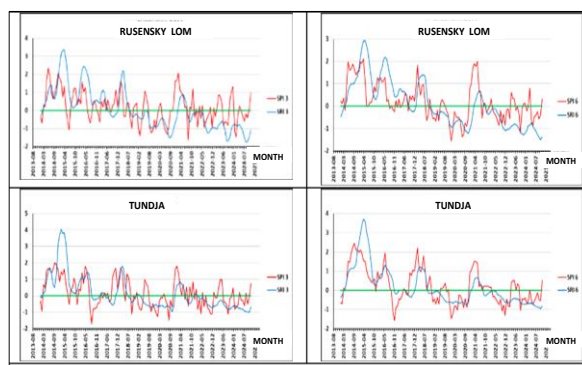


Figure 1. Comparison of SPI3–SRI3 and SPI6–SRI6 for 2014–2024 by river basins (fragment).

Through the assessment of correlation and phase shift, periods of prolonged drought are clearly identified (Fig. 1), taking into account the specifics of each river basin. The following stands out:

- Prolonged drought 2019–2020;
- Prolonged drought 2022–2024.

As expected, SRI is phase-shifted and lags behind SPI to varying degrees for different river basins. In general, shorter scales (monthly and quarterly time scales) are suitable for small and unregulated basins, while longer periods are more appropriate for larger basins with artificial storage. Key factors in the occurrence of a “prolonged drought”, which affect the regulatory capacity of river sections (reservoirs and groundwater), are two consecutive dry years (which in themselves may not be the driest), drought during the autumn-winter months, and a reduction in the snow cover. The increased frequency and sequential alternation of extreme events – droughts and floods, are also a factor, because the intense rainfall does not contribute to the recharge of groundwater and also it is not always within the catchment areas of reservoirs.

Acknowledgements: The research is part of the research projects carried out with the support of MEW for 2025.

References

Marinova, T. & Bocheva, L., eds. (2023). The changing climate of Bulgaria – data and analyses. NIMH, <https://www.meteo.bg/bg/zaNas/knigi>

Анализи и индекси за оценка на водностопанските баланси в съответствие с типовете ресурсни оценки на НИМХ

К. Любенова*, И. Илчева, А. Йорданова, М. Ранкова, К. Крумова, Р. Добрева, А. Боева, Г. Друмева-Антонова, Й. Димитров, Е. Ангелова

Департамент „Хидрология“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: водностопански баланс, водопотребление, WEI, уязвимост

*email: krassimira.nacheva@meteo.bg

Въведение

Развитието на методите за оценка на националните водни и водностопански баланси е научноизследователска задача, свързана с ангажиментите на НИМХ по Закона за водите. В основата ѝ са разработвани в НИМХ методични подходи и системи от индекси за оценка и картиране на разполагаемите водни ресурси, водния стрес, уязвимостта на водоснабдяването, вкл. при климатични сценарии и различно потребление (CC-WARE project, Mitigating Vulnerability..., 2014).

Методология

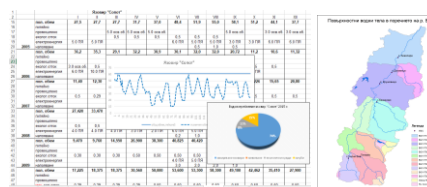
Индексите на експлоатация WEI, WEI+ и др. спомагат за оценката на натиска и недостига на вода, но имат своите ограничения поради опростения воден баланс. За по-реалистична оценка на водния стрес в НИМХ са разработени подходи и система от индекси за оценка, която включва: климатични, индекси за оценка на водния стрес, уязвимостта и адаптивния капацитет на природните и социални системи. Те са приложени на транснационално ниво, ниво речен басейн и локално ниво – водностопанска система, язовир, водно тяло. Адаптира се подход за реалистична оценка на уязвимостта чрез агрегиране на районите на воден стрес (Илчева и Георгиева, 2017).

За целите на Рамковата директива за водите (РДВ) в настоящата разработка експериментално се прилагат новите подходи и индекси в съответствие с типовете ресурсни оценки на НИМХ (на национално, басейново и локално ниво – водосбор, подводосбор, водно тяло). Разработват се ГИС базирани анализи и се дават практически насоки за приложението им при решаването на различни задачи в подкрепа на МОСВ и Басейновите дирекции – оценка на натиска, водния стрес, уязвимостта и др.

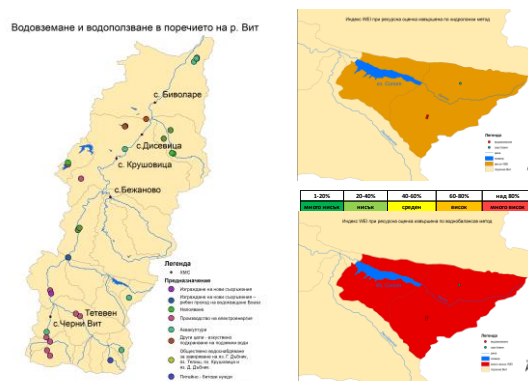
$$WEI = \frac{\text{общо годишно водочерпене}}{\text{налични дългосрочни сладководни ресурси}}$$

Резултати и изводи

Ползва се надеждна и актуална информация от Басейнови дирекции, МОСВ, НСИ, Напоителни системи, ресурсни оценки на НИМХ. Анализира се функционирането на водностопанската система (ВС) и язовирите и влиянието му върху индексите.



Фигура 1. Анализ на функционирането на ВС и язовирите и ГИС базирани анализи на индексите.



Фигура 2. Водовземане в поречието на р. Вит и оценка на WEI във водосбора на яз. „Сопот“.

Необходим е анализ на функционирането на язовирите и ВС в дадено поречието за реалистична оценка на водния стрес и резултатите. Потвърждават се изводите от предходни изследвания, че при водни тела с язовири индексите на воден стрес дават завишена оценка, а на ниво речен басейн оценката е занижена. Дефинират се практически насоки за оценка на индексите и приложението им в подкрепа на МОСВ и Басейновите дирекции, в съответствие с типовете ресурсни оценки на НИМХ.

Литература

- Илчева, И., Георгиева, Д. (2017). Планове за управление на речните басейни, на водоснабдяването и екологичния отток при засушаване. В: Годишник на УАГФ, ISSN 1310-814X, Т. 51, 6, pp. 95–111.
- Mitigating Vulnerability of Water Resources under Climate Change (2014). Executive Forest Agency, Forest University, FRI-BAS, NIMH (Spiridonov, V., I. Ilcheva, K. Nikolova, S. Balabanova, I. Niagolov). <http://www.iag.bg/docs/lang/1/cat/5/index>

Analyses and indices for assessing the water management balance in accordance with the various types of resource assessments of the National Institute of Meteorology and Hydrology

K. Ljubenova*, I. Ilcheva, A. Yordanova, M. Rankova, K. Krumova, R. Dobрева, A. Boeva,
G. Drumeva-Antonova, Y. Dimitrov, E. Angelova

Department of Hydrology, National Institute of Meteorology and Hydrology
Keywords: *water management balance, water consumption, WEI, vulnerability*
*email: krassimira.nacheva@meteo.bg

Introduction

The development of methods for assessing national water and water management balances is a research task related to the commitments of the NIMH under the Water Act. It is based on methodological approaches and index systems developed by the NIMH for assessing and mapping available water resources, water stress, and water supply vulnerability, including under climate scenarios and different consumption patterns (CC-WARE project, Mitigating Vulnerability..., 2014).

Methodology

The WEI, WEI+, and other exploitation indices help assess water stress and scarcity, but they have their limitations due to the simplified water balance. For a more realistic assessment of water stress, the NIMH has developed approaches and a system of assessment indices that include: climate, water stress assessment indices, vulnerability, and the adaptive capacity of natural and social systems. They are applied at the transnational level, river basin level, and local level – water management system, reservoir, water body. An approach for realistic vulnerability assessment is adapted by aggregating water stress areas (Ilcheva and Georgieva, 2017).

For the purposes of the Water Framework Directive (WFD), this study experimentally applies the new approaches and indices in accordance with the types of resource assessments of the NIMH (at national, basin, and local levels – catchment, sub-catchment, water body). GIS-based analyses are developed and practical guidelines are provided for their application in solving various tasks in support of the Ministry of Environment and Water and the Basin Directorates – assessment of pressure, water stress, vulnerability, etc.

$$WEI = \frac{\text{total annual water abstraction}}{\text{available long-term freshwater resources}}$$

Results and conclusions

Reliable and up-to-date information from Basin Directorates, the MOEW, the National Statistical Institute, Irrigation Systems, and resource assessments by the NIMH are used. The functioning of the water management system (WMS) and reservoirs and its impact on the indices are analyzed.

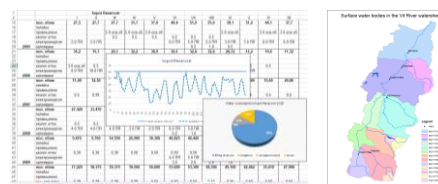


Figure 1. Analysis of the functioning of WMS and reservoirs and GIS-based analyses of indices.

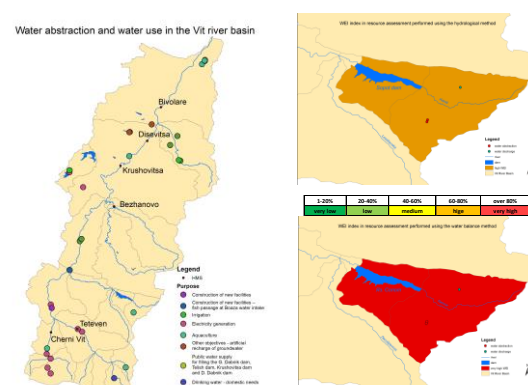


Figure 2. Water abstraction and water use in the Vit River basin and WEI assessment in the Sopot Reservoir catchment area.

An analysis of the functioning of reservoirs and water management system in a given river basin is necessary for a realistic assessment of water stress and results. The study confirms previous findings that water stress indices yield exaggerated assessments for water bodies with dams but lower assessments at the river basin level. Practical guidelines are defined for the assessment of the indices and their application in support of the MOEW and the Basin Directorates in accordance with the various types of standard resource assessments of the NIMH.

References

- Ilcheva, I., Georgieva, D. (2017). Plans for management of river basins, water supply and ecological runoff during drought. In: Yearbook of UACEG, ISSN 1310-814X, Vol. 51, 6, pp. 95–111. (In Bulgarian)
- Mitigating Vulnerability of Water Resources under Climate Change (2014). Executive Forest Agency, Forest University, FRI-BAS, NIMH (Spiridonov, V., I. Ilcheva, K. Nikolova, S. Balabanova, I. Niagolov). <http://www.iag.bg/docs/lang/1/cat/5/index>



Пилотна система за наблюдения на водни нива, температура, параметри на реки и подземни води в мониторинговата мрежа на НИМХ

П. Ангелов*

Департамент „Хидрология“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: измерване, скорост, температура, водни нива

*email: pangelov@meteo.bg

Въведение

През 2026 г. Националният институт по метеорология и хидрология (НИМХ) планира внедряване на пилотна автоматизирана система за мониторинг на водни нива, температура и основни хидроложки и хидрогеоложки параметри в реално време. Системата ще обхване избрани пунктове от националната мониторингова мрежа за повърхностни и подземни води и ще интегрира съвременни сензорни технологии, телеметрия и централизирана информационна платформа (Tauro et al., 2018).

Основната цел е повишаване на точността, честотата и надеждността на измерванията, осигуряване на данни в реално време за оперативни прогнози, ранно предупреждение при екстремни хидрологични събития и подобряване на управлението на водните ресурси. Пилотната система ще служи като модел за информационна платформа.

Методологична основа за хидроложки измервания и автоматизирани станции: ISO 748:2007. Hydrometry – Measurement of liquid flow in open channels using current-meters or floats (Хидрометрия – Измерване на дебита в отворени канали и съоръжения).

Технически цели

- Автоматизирано измерване на:
 - водни нива (реки и подземни води),
 - температура на водата,
 - дебит и скорост на течението,
 - електропроводимост, рН, мътност;
- Осигуряване на телеметрично предаване на данни в реално време;
- Намаляване на ръчните измервания и човешкия фактор;
- Повишаване на устойчивостта на станциите при екстремни условия;
- ISO 748:2007 – Hydrometry WMO, в отворени канали и съоръжения;
- ISO 3352:2007 за измерване на дебита на вода в кладенци.

Национални източници

Национален институт по метеорология и хидрология. Годишен хидрологичен бюлетин (последно издание): Официален източник за данни от националната мрежа.

Министерство на околната среда и водите. Планове за управление на речните басейни (ПУРБ): Национална рамка за управление на водните ресурси.

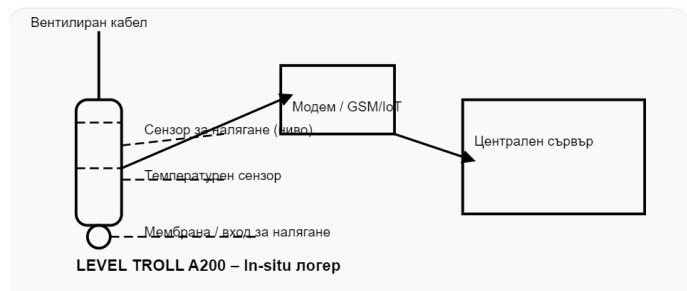


Схема 1. Архитектура на пилотната система.



Фигура 1. Архитектура на пилотната система.

Благодарности: На всички колеги, участвали в изграждането на пилотната система.

Литература

Tauro, F., Selker, J., Van de Giesen, N., et al. (2018). Measurements and observations in the XXI century (MOXXI): Innovation and multi-disciplinarity to sense the hydrological cycle. *Hydrological Sciences Journal*, 63(2), 169–196.

Pilot system for monitoring water levels, temperature, river and groundwater parameters in the NIMH monitoring network

P. Angelov*

Department of Hydrology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *measurement, velocity, temperature, water levels*

email: pangelov@meteo.bg

Introduction

In 2026, the National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH) plans to implement a pilot automated system for monitoring water levels, temperatures, and key hydrological and hydrogeological parameters in real-time. The system will cover selected points from the national monitoring network for surface and groundwater and will integrate modern sensor technologies, telemetry, and a centralized information platform (Tauro et al., 2018).

The main goal is to enhance the accuracy, frequency, and reliability of measurements, provide real-time data for operational forecasts, early warning of extreme hydrological events, and improve water resource management. The pilot system will serve as a model for the information platform.

Methodological basis for hydrological measurements and automated stations: ISO 748:2007. Hydrometry – Measurement of liquid flow in open channels using current-meters or floats.

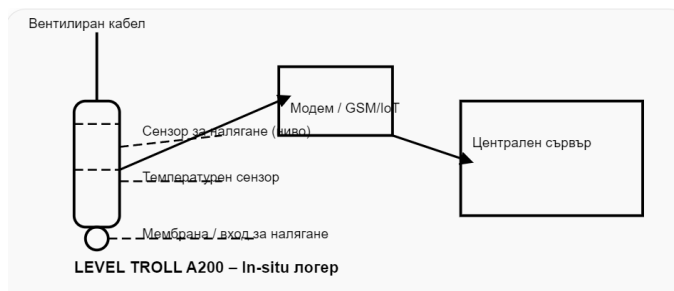
Technical goals

- Automated measurement of:
 - Water levels (rivers and groundwater),
 - Water temperature,
 - Flow rate and velocity,
 - Electrical conductivity, pH, turbidity;
- Ensuring telemetry-based real-time data transmission;
- Reducing manual measurements and human error;
- Enhancing the resilience of the stations under extreme conditions;
- ISO 748:2007 – Hydrometry WMO open channel measurement;
- ISO 3352:2007 for the measurement of water discharge in wells.

National sources

National Institute of Meteorology and Hydrology. Annual Hydrological Bulletin (latest edition): Official source for data from the national network.

Ministry of Environment and Water. River Basin Management Plans (RBMPs): National framework for water resources management.



Scheme 1. Architecture of the Pilot System.



Figure 1. Architecture of the Pilot System.

Acknowledgements: To all colleagues who have contributed to the development of the pilot system.

References

- Tauro, F., Selker, J., Van de Giesen, N., et al. (2018). Measurements and observations in the XXI century (MOXXI): Innovation and multi-disciplinarity to sense the hydrological cycle. *Hydrological Sciences Journal*, 63(2), 169–196.

Изменение на нивата на поровите подземни води в Казанлъшката котловина при минали продължителни суши

Г. Друмева-Антонова*, К. Любенова, А. Йорданова, И. Илчева

Департамент „Хидрология“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: хидроложка суша, подземни води, продължителна суша, Казанлъшка котловина

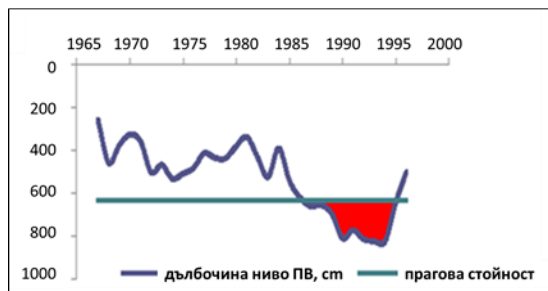
*email: drdroum@abv.bg

Въведение

Оценката на ефекта на сушата върху количественото състояние на подземните води (ПВ) най-често се извършва чрез анализ на изменението на техните нива, защото те могат да бъдат директно измерени, с достатъчна точност и честота (Benderev et al., 2008). Анализът на влиянието върху ПВ на минали многогодишни суши позволява да се определят т.нар. горещи точки – подземно водно тяло (ПВТ) или части от него, които са най-силно засегнати от протекла метеорологична суша.

Методология

За определяне на ефекта на сушата върху състоянието на ПВ на локално ниво е използван методът на праговата стойност и кумулативното отклонение (Hisdal & Tallaksen, 2000).



Фигура 1. Метод на праговата стойност и кумулативното отклонение от нея.

Кумулативното отклонение на нивото на ПВ при суша се изчислява по формула (1):

$$s_t = \begin{cases} s_{t-\Delta t} + (H_0 - H_t)\Delta t & \text{при } H_t \leq H_0 \\ 0, & \text{при } H_t > H_0 \end{cases} \quad (1)$$

Където: s – кумулативното отклонение при суша, H_0 – праговата стойност, H_t – ниво на подземните води, Δt – разглежданият интервал от време.

С помощта на този метод е направен сравнителен анализ за степента на намаляване на водните нива вследствие на сушата през периода 1989–1994 г. за ПВТ BG3G00000NQ003 Порови води в Неоген - Кватернер - Казанлъшка котловина. Използвана е прагова стойност 70 перцентил, за да се оцени продължителната суша през този период. ПВТ е формирано в кватернерните алувиални и пролувиални отложения, които имат повсеместно разпространение в Казанлъшката котловина и залягат върху един мощен плиоценски комплекс от редуващи се глини, глинести пясъци, пясъци и по-рядко чакъл. Средната му дебелина е 15 m,

отличава се с висока водообилност и среден коефициент на филтрация 70 m/d (ПУРБ 2010–2015).

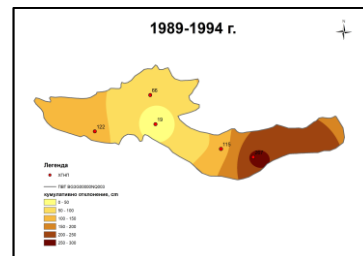
Резултати и изводи

За да се определят пространственото разпределение и интензивността на ефекта на многогодишната суша върху водните нива в разглежданото ПВТ, максималното кумулативно отклонение за периода 1989–1994 г. е изчислено за мрежа от хидрогеоложки наблюдателни пунктове (ХГНП) – фигура 2.



Фигура 2. ХГНП в ПВТ Порови води в Неоген - Кватернер - Казанлъшка котловина.

Получените резултати са представени в ГИС среда – фигура 3.



Фигура 3. Максимално кумулативно отклонение за периода 1989–1994 г.

Многогодишната суша през периода 1989–1994 г. най-слабо е повлияла нивото на поровите подземни води в района на гр. Казанлък. Значителни са пониженията в източната част на Казанлъшката котловина, като спадът на водните нива е продължил още 2–3 години след 1994 г.

Литература

Benderev, A. D., Orehova, T., Bojilova, E. (2008). Some aspects of groundwater regime in Bulgaria with respect to climate variability. In: Dragoni, W. and Sukhija, B. S. (Eds.). Climate Change and Groundwater. Geological Society, London, Special Publications 288, 13–24.

Hisdal, H., Tallaksen, L. M. (Eds.) (2000). Drought Event Definition, Technical Report to the ARIDE project № 6, 41.

ПУРБ 2010–2015. Източнобеломорски район.

Pore groundwater levels decreases in the Kazanlak Valley during past prolonged droughts

G. Drumeva-Antonova*, K. Ljubenova, A. Yordanova, I. Ilcheva

Department of Hydrology, National Institute of Meteorology and Hydrology
 Keywords: *hydrological drought, groundwater, prolonged drought, Kazanlak Valley*

*email: drdroum@abv.bg

Introduction

The assessment of the drought effect on the quantitative status of groundwater (GW) is most often carried out by analyzing the change in their levels, as they can be directly measured, with sufficient accuracy and frequency (Benderev et al., 2008). The analysis of the impact on GW of past prolonged droughts allows to determine the so-called hot spots – groundwater body (GWB) or its parts that are most severely affected by a past meteorological drought.

Methodology

The Threshold Level and Cumulative Departure Method is used to determine the effect of drought on the GW at the local level (Hisdal & Tallaksen, 2000).

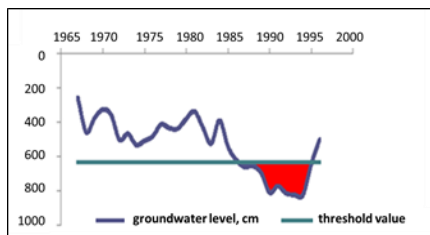


Figure 1. Threshold Level and Cumulative Departure Method.

The cumulative departure of the groundwater level during drought is calculated by formula (1):

$$s_t = \begin{cases} s_{t-\Delta t} + (H_0 - H_t)\Delta t & \text{при } H_t \leq H_0 \\ 0, & \text{при } H_t > H_0 \end{cases} \quad (1)$$

Where: s – the cumulative departure during drought, H_0 – the threshold value, H_t – groundwater level, Δt – the time interval under consideration.

A comparative analysis of the degree of water level decrease due to drought period 1989–1994 is made for the GWB BG3G00000NQ003 Pore waters in Neogene - Quaternary - Kazanlak Valley by this method. To assess the prolonged drought during this period a threshold value of 70 percentile is used. The GWB is formed in the Quaternary alluvial and proluvial deposits, which are widespread in the Kazanlak Valley and lie on a thick Pliocene complex of alternating clays, clay loams, sands and, less often, gravel. Its average thickness is 15 m. It is characterized by high water abundant and an average permeability coefficient of 70 m/d (RBMP 2010–2015).

Results and conclusions

In order to determine the spatial distribution and intensity of the effect of the prolonged drought on water levels in the considered GWB, the maximum cumulative departure for the period 1989–1994 is calculated for a network of monitoring wells – Figure 2.

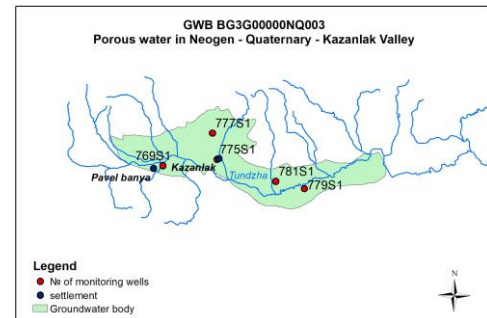


Figure 2. GWB Pore waters in Neogene - Quaternary - Kazanlak Valley and monitoring wells network.

The obtained results are presented by GIS map in Figure 3.

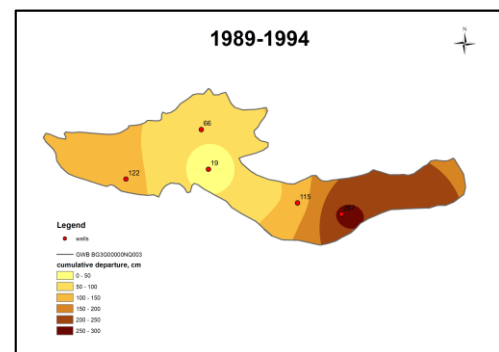


Figure 3. Maximum cumulative departure for the period 1989–1994.

The past prolonged drought during the period 1989–1994 had the least impact on the pore groundwater level in the region of Kazanlak. The significant decreases were in the eastern part of the Kazanlak Valley, as the decline in water levels continued for 2–3 years after 1994.

References

- Benderev, A. D., Orehova, T., Bojilova, E. (2008). Some aspects of groundwater regime in Bulgaria with respect to climate variability. In: Dragoni, W. and Sukhija, B. S. (Eds.). *Climate Change and Groundwater*. Geological Society, London, Special Publications 288, 13–24.
- Hisdal, H., Tallaksen, L. M. (Eds.) (2000). *Drought Event Definition*, Technical Report to the ARIDE project № 6, 41.
- River Basin Management Plan 2010–2015. Eastern Aegean Region.



CASeVaya: Интегрирана оценка на факторите, определящи качеството на повърхностните води във водосбора на езеро Вая – концепция и методологична рамка

Л. Гонсалвеш^{1*}, С. Цаковски², А. Вели¹, Х. Йеменджиев³, В. Георгиева¹, В. Михайлова², М. Георгиева¹, Х. Мутлу¹

¹Факултет по природни науки, Бургаски държавен университет „Проф. д-р Асен Златаров“

²Факултет по химия и фармация, Софийски университет „Св. Климент Охридски“

³Факултет по технически науки, Бургаски държавен университет „Проф. д-р Асен Златаров“

Ключови думи: *приоритетни замърсители, метагеномика, геохимичен анализ, пространствено-времева динамика*

*email: lenia_gonsalvesh@abv.bg, lenia_gonsalvesh@uniburgas.bg

Въведение

Езеро Вая е най-голямото естествено езеро в България и водоем с висока екологична стойност, включен в мрежата Natura 2000 и обявен за Рамсарска територия. Въпреки защитения си статут езерото е подложено на интензивен антропогенен натиск, произтичащ от урбанизация, индустриални дейности и земеделски практики във водосбора. Съществуващият нормативен мониторинг осигурява базова информация, но не улавя в достатъчна степен пространствено-времевата динамика на замърсителите и вътрешноезерните процеси. Това налага необходимостта от интегриран научен подход за детайлна оценка на факторите, определящи екологичното състояние на системата.

Проектът CASeVaya цели да изгради комплексна методологична рамка за оценка на химичния и екологичния статус на езеро Вая чрез съчетаване на физикохимични, геохимични, минераложки, метагеномни и статистически анализи.

Методология

Проектът предвижда многокомпонентен подход, обхващащ водната фаза, суспендираните вещества, повърхностните седименти и седиментните ядки. Фокусът е върху приоритетни замърсители, в т.ч. потенциално токсични елементи (PTEs), полициклични ароматни въглеводороди (PAHs), полихлорирани бифенили (PCBs) и органохлорни пестициди (OCPs). Планираните дейности включват още: 1) пространствено и сезонно пробовземане от езерото и основните притоци; 2) геохимичен и минераложки анализ на повърхностни седименти и седиментни ядки; 3) радиометрично датiranje (²¹⁰Pb, ¹³⁷Cs) за реконструкция на историческото натоварване; 4) последователна екстракция за определяне на формите и мобилността на PTEs; 5) метагеномен анализ на микробните общности и функционално профилиране; 6) интеграция на данните чрез многовариантни статистически методи и рецепторно моделиране.

Дискусия

Предложеният проект адресира съществуващата празнина между нормативния мониторинг и необходимостта от висока пространствена и времева резолюция при оценката на силно антропогенно натоварени езерни системи. Очаква се интегрираният анализ да позволи разграничаване на естествените геохимични процеси от антропогенния принос, както и идентифициране на основните източници и механизми на транспорт и акумулация на приоритетни замърсители.

Стратифицираният анализ на седиментните ядки ще предостави възможност за реконструкция на историческите тенденции и оценка на дългосрочните промени във водосбора. Метагеномният подход ще допълни класическите физикохимични показатели чрез идентифициране на микробни общности и функционални маркери, чувствителни към антропогенен натиск, което създава потенциал за разработване на нови биоиндикатори.

Интеграцията на химични, биологични и геохимични данни ще позволи изграждането на системен модел за оценка на екологичното състояние на езеро Вая, приложим и към други чувствителни крайбрежни водни екосистеми.

Благодарности: Изследванията се реализират в рамките на проект КП-06-Н94/6, финансиран от ФНИ, МОН.



CASeVaya: Integrated assessment of the factors determining surface water quality in the Lake Vaya catchment – Concept and methodological framework

L. Gonsalvesh^{1*}, S. Tsakovski², A. Veli¹, H. Yemendzhiev³, V. Georgieva¹, V. Mihaylova², M. Georgieva¹, H. Mutlu¹

¹Faculty of Natural Sciences, Burgas State University “Prof. Dr. Asen Zlatarov”

²Faculty of Chemistry and Pharmacy, Sofia University “St. Kliment Ohridski”

³Faculty of Technical Sciences, Burgas State University “Prof. Dr. Asen Zlatarov”

Keywords: *priority pollutants, metagenomics, geochemical analysis, spatio-temporal dynamics*

*email: lenia_gonsalvesh@abv.bg, lenia_gonsalvesh@uniburgas.bg

Introduction

Lake Vaya is the largest natural lake in Bulgaria and a water body of high ecological significance, included in the Natura 2000 network and designated as a Ramsar site. Despite its protected status, the lake is subjected to considerable anthropogenic pressure resulting from urbanization, industrial activities and agricultural practices within its catchment area. The existing regulatory monitoring provides baseline information, which does not sufficiently capture the spatio-temporal variability of pollutants and the internal processes occurring within the lake ecosystem. This necessitates the development of an integrated scientific approach for a more comprehensive assessment of the factors determining the ecological state of the system.

The CASeVaya project aims to establish a comprehensive methodological framework for assessing the chemical and ecological status of Lake Vaya by integrating physicochemical, geochemical, mineralogical, metagenomic and statistical analyses.

Methodology

The project adopts a multi-component approach encompassing the water phase, suspended particulate matter, surface sediments and sediment cores. The research focuses on priority pollutants, including potentially toxic elements (PTEs), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), polychlorinated biphenyls (PCBs) and organochlorine pesticides (OCPs). The planned activities include: 1) Spatial and seasonal sampling of the lake and its main tributaries; 2) Geochemical and mineralogical analyses of surface sediments and sediment cores; 3) Radiometric dating (²¹⁰Pb, ¹³⁷Cs) to reconstruct historical pollution inputs; 4) Sequential extraction procedures to determine the speciation and mobility of PTEs; 5) Metagenomic analysis of microbial communities and functional profiling; 6) Integration of the obtained datasets using multivariate statistical methods and receptor modelling approaches.

Discussion

The proposed project addresses the existing gap between regulatory monitoring and the need for high spatial and temporal resolution in the assessment of heavily anthropogenically impacted lake systems. The integrated analytical approach is expected to enable the

differentiation between natural geochemical processes and anthropogenic inputs, as well as the identification of the main sources and mechanisms governing the transport and accumulation of priority pollutants.

The stratified analysis of sediment cores will provide an opportunity to reconstruct historical trends and evaluate long-term changes within the catchment area. The metagenomic approach will complement conventional physicochemical indicators by identifying microbial communities and functional markers sensitive to anthropogenic pressure, thereby creating opportunities for the development of new bioindicators.

The integration of chemical, biological and geochemical datasets will enable the development of a systemic model for assessing the ecological status of Lake Vaya, which may also be applicable to other sensitive coastal aquatic ecosystems.

Acknowledgements: This research is carried out within the framework of project KP-06-H94/6, funded by the Bulgarian National Science Fund (BNSF), Ministry of Education and Science.



Приложение на ArcGIS Pro при анализ и оценка на високи вълни

С. Крaсeв*

Департамент „Прогнози и информационно обслужване“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: ГИС, наводнение, високи води

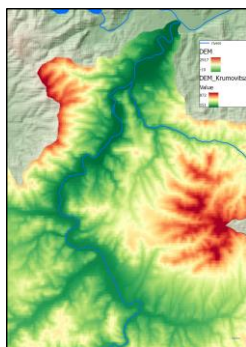
*email: stanislav.krusev@meteo.bg

Въведение

Географските информационни системи (ГИС) могат да бъдат изключително полезни при изобразяване на моделирани високи води в дадени поречия, уязвими към наводнения. На 07.01.2026 г. в резултат на обилни и интензивни валежи р. Крумовица излиза от коритото си и залива стотици декари земеделски площи и улици в землището на Крумовград. С помощта на ГИС са моделирани заливаемите зони по течението на р. Крумовица за посочения район при максимално водно ниво, съответстващо на това от 07.01.2026 г.

Методология

За изследването е използван софтуерният продукт ArcGIS Pro (Esri, 2024), основно инструментът *Spatial Analyst Tool*. Крайната цел е да бъдат определени уязвимите райони, които потенциално биха били залети при преминаването на висока вълна. За база е използван цифров модел на терена (DEM) с резолюция на клетката 50 m, както и слой с речна мрежа на територията на общ. Крумовград (фиг. 1). За точно описание на речното дъно е използвана интерполация тип *Topo to Raster* и е дефинирана батиметрията на речното дъно. С помощта на *Raster Calculator* е изчислена дълбочината на водния слой при прието водно ниво (фиг. 2). В случая то е 5 метра над дъното на реката, като е съобразено с максималния воден стоеж, отчетен по-надолу по течението при ХМС с. Горна Кула (№61550).



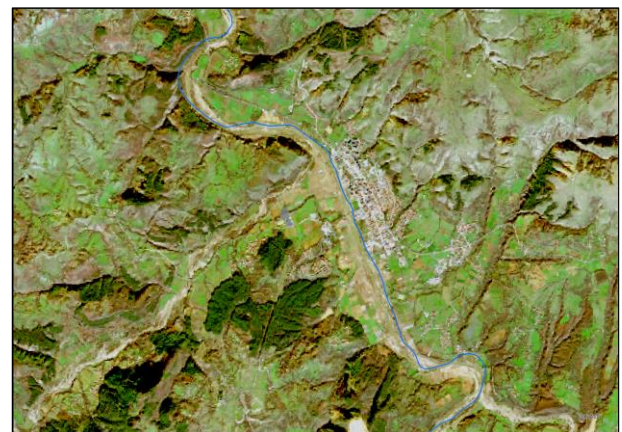
Фигура 1. DEM за водосбора на р. Крумовица.

Резултати и изводи

Получените залети площи са сравнени със сателитна снимка от Sentinel-2 (Copernicus, 2026) от 09.01.2026 г. (фиг. 3), както и с изображения, заснети с дрон от деня на наводнението (фиг. 4), показващи щетите по поречието.



Фигура 2. Моделирана дълбочина на водния слой.



Фигура 3. Сателитна снимка от 09.01.2026 г.



Фигура 4. Последствия от наводнението на 07.01.2026 г.

Литература

Copernicus Sentinel data (2026). Sentinel-2 imagery processed in Copernicus Browser. European Union, Copernicus Programme, <https://browser.dataspace.copernicus.eu>

Esri (2024). *ArcGIS Pro* (Version 3.4). Redlands, CA: Esri Inc.

Application of ArcGIS Pro in assessment and analysis of high waves

S. Krasev*

Department of Forecasts and Information Service, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *GIS, flood, high waters*

*email: stanislav.krasev@meteo.bg

Introduction

Geographic Information Systems (GIS) can be extremely useful in the visualization of modelled high waters in given river basins vulnerable to flooding. On the 7th of January 2026, as a result of heavy and intense rainfall, the Krumovitsa River overflowed and flooded hundreds of hectares of agricultural land and streets on the territory of the town of Krumovgrad. With the help of GIS, the flood-prone zones along the Krumovitsa River for the specified area were modelled at a maximum water level corresponding to that of January 7, 2026.

Methodology

ArcGIS Pro (Esri, 2024) is the main software product used in making this study, precisely the *Spatial Analyst Tool*. The end goal is to determine the vulnerable areas that would potentially be flooded during the event of high waters. The base layer is a combination of a Digital Elevation Model (DEM) with a cell resolution of 50 m and a river network layer within the territory of Krumovgrad Municipality (Fig. 1). For an accurate description of the riverbed, *Topo to Raster* interpolation is used which helps with defining the bathymetry of the riverbed. The modelled depth of the water layer is calculated at an adopted water level (Fig. 2) using *Raster Calculator*. In this case, the water level is 5 meters above the riverbed, taking into account the maximum water stage recorded further downstream at the hydrometric station near Gorna Kula village (No. 61550).

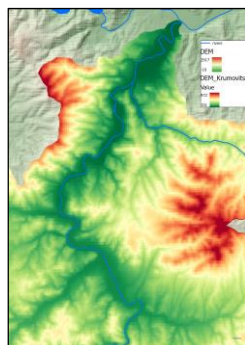


Figure 1. DEM for the Krumovitsa watershed.

Results and conclusions

The flood-prone areas derived from this study are compared with a satellite image provided by the Sentinel-2 satellite (Copernicus, 2026) from the 9 of January 2026 (Fig. 3), as well as an image shot with a drone on the day of the flood, showcasing the damage along the riverbanks (Fig. 4).



Figure 2. Modelled depth of the water layer.



Figure 3. Satellite image from January 9.



Figure 4. The aftermath of the flood on the 7 of January.

References

- Copernicus Sentinel data (2026). Sentinel-2 imagery processed in Copernicus Browser. European Union, Copernicus Programme, <https://browser.dataspace.copernicus.eu>
- Esri (2024). *ArcGIS Pro* (Version 3.4). Redlands, CA: Esri Inc.



Методика за оценка на прелелите отпадъчни води в зони с жилищно застрояване

С. Дарачев*

Департамент „Хидрология“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: замърсяване, канализация, интензивни валежи, канализационен преливник

*email: sdarachev@meteo.bg

Въведение

Съвременните изисквания за ограничаване на честотата на преливане във водните обекти все повече акцентират на завишен контрол върху канализационните преливници и тяхната работа (Директива (ЕС) 2024/3019). Едно от основните изисквания е ограничаване на замърсяванията от преливане на отпадъчни води по време на валежи. Това преливане не трябва да е повече от 2% от годишния товар на отделни параметри, отчитащи биологично замърсяване при сухо време (чл. 5).

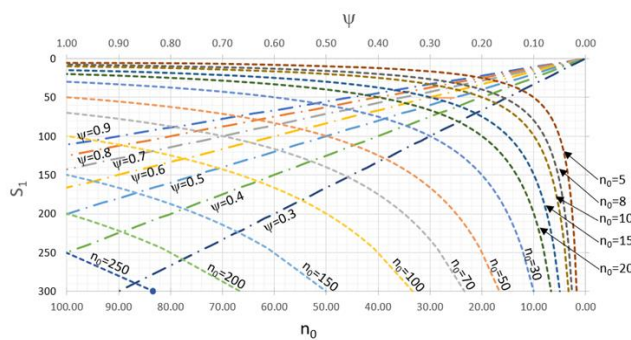
Методология

В изследването е анализирана достъпната информация за покритието на населението от канализационната мрежа, гъстотата на населението (G), водоснабдителната и канализационна норма, степента и вида на покритие на повърхността на територията (Ψ).

Резултати и изводи

Предложената методика дава рамката за предварителна оценка на съществуващото положение на канализационната мрежа на урбанизирани жилищни зони и честотата на преливане във водните обекти.

За целите на изследването е въведена променлива S_1 , представляваща: $S_1 = \frac{n_0}{\Psi}$



Фигура 1. Обобщена зависимост $\Psi, n_0 = f(S_1; \Psi, n_0)$.

Основната предпоставка е изведена в краен вид:

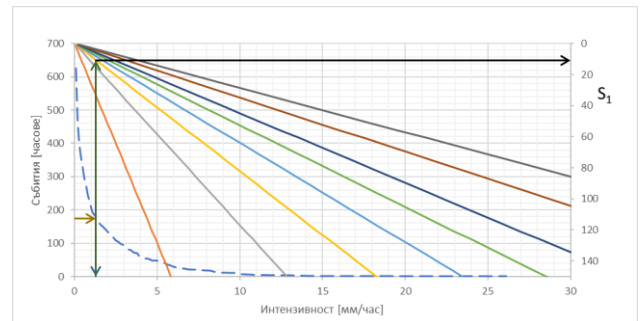
$$\frac{n_0}{\Psi} = S_1 = \frac{q}{0,9G \times Q_{\text{ср.дн.ж.}} \times \kappa_0}$$

Предложени са два типа задачи за решаване според конкретната ситуация.

В единия случай (права задача) се търси каква трябва да бъде степента на разреждане при преливника, която да отговаря на зададена честота на преливане, както и необходимият отточен коефициент в случай на силно преуплътнена територия.

Във втория случай (обратна задача) при налични данни за работата на канализационния преливник с изчислена по норматив степен на разреждане и потвърдени данни за отточен коефициент се оценява еквивалентният валеж, който отговаря на сухия отток, формиран от населението в изследваната територия. Този анализ ще даде оценка каква е реалната честота на преливане спрямо климатична характеристика на района на обекта.

Направени са изчисления за няколко български града.



Фигура 2. Обобщена зависимост $S_1 = f(q, Q_{\text{сухо}}, G, t)$.

Литература

Директива (ЕС) 2024/3019 на Европейския парламент и на Съвета от 27 ноември 2024 година за пречиштането на градските отпадъчни води.



Methodology for assessing wastewater overflows in residential areas

S. Darachev*

¹Department of Hydrology, National Institute of Meteorology and Hydrology

*email: sdarachev@meteo.bg

Introduction

Modern standards for limiting overflow frequency in water bodies increasingly emphasize the need for stricter control and monitoring of sewer systems. These requirements are formulated in the new Directive (EU) 2024/3019 of the European Parliament and of the Council of 27 November 2024 on urban waste water treatment. One of the main stipulations is to limit pollution from wastewater overflow during rainfall. This overflow must not exceed 2% of the annual load for specific parameters indicating dry-weather biological pollution (Article 5).

Methodology

The study analyzes available information regarding sewer network coverage, population density (G), water supply and sewerage consumption rates, and the degree and type of surface cover (Ψ).

Results and conclusions

The proposed methodology provides a framework for a preliminary assessment of the existing situation of the sewage network of urbanized residential areas and the frequency of overflows into water bodies.

For the purposes of the study, a variable has been introduced (S_1) representing $S_1 = \frac{n_0}{\Psi}$

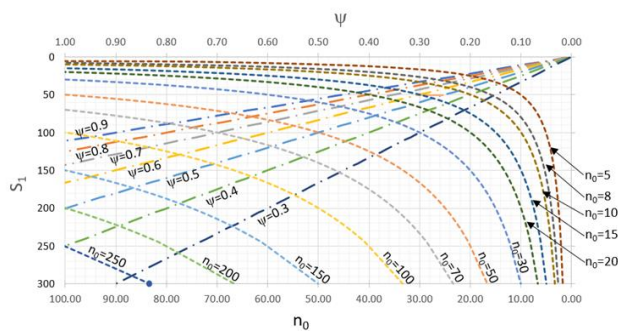


Figure 1. Generalized dependence $\Psi, n_0 = f(S_1; \Psi, n_0)$.

The underlying assumption is derived in its final form:

$$\frac{n_0}{\Psi} = S_1 = \frac{q}{0,9G \times Q_{\text{ср.дн ж.х}} \times \kappa_0}$$

Two types of tasks have been proposed for solution, depending on the specific case.

In the first case (direct problem), the objective is to determine the required dilution rate at the overflow to meet a specified overflow frequency, as well as the necessary runoff coefficient for highly densified areas.

In the second case (inverse problem), using available data on sewer overflow operation with a regulated dilution rate and verified runoff coefficient data, the equivalent rainfall is estimated corresponding to the dry runoff generated by the population in the studied area. This analysis will provide an estimate of the actual frequency of overflow, based on the climatic characteristics of the site area.

Calculations have been made for several Bulgarian cities.

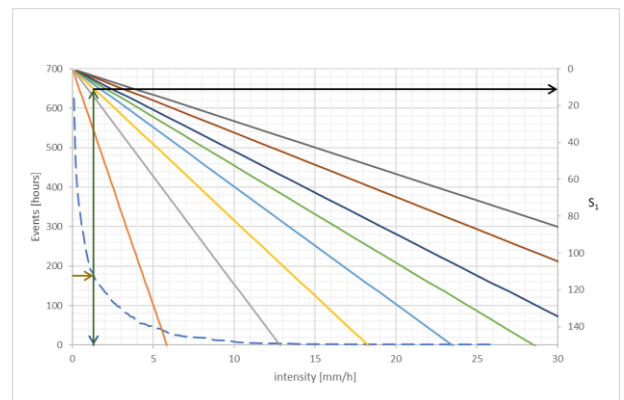


Figure 2. Generalized dependence $S_1 = f(q, Q_{\text{dry}}, G, t)$.

References

Directive (EU) 2024/3019 of the European Parliament and of the Council of 27 November 2024 concerning urban wastewater treatment



Анализ и оценка на изменението на ресурса на р. Искър, р. Огоста и реки западно от Огоста и някои техни притоци за два референтни климатични периода (1961–1990 и 1991–2020 г.)

М. Ранкова*, Б. Вучков*

Департамент „Хидрология“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: *изменение, ресурс, климатичен период, р. Искър, р. Огоста*

*email: maya.rankova@meteo.bg, borislav_vuchkov87@abv.bg

Въведение

Настоящото изследване разглежда изменението на водните ресурси на реките Искър, Огоста и разположените западно от Огоста реки, както и част от техните притоци, чрез сравнителен анализ на два референтни климатични периода: 1961–1990 и 1991–2020 г. Основната цел е да се оцени влиянието на климатичните промени върху количествените характеристики на речния отток и наличния воден ресурс в региона.

Методология

Анализирани са хидрометрични станции по основното поречие на р. Искър – с. Ореховица №18850, р. Искър – гр. Нови Искър №18700, р. Искър – с. Бели Искър №18650, и някои притоци: №18370 Палакария, №18420 Владайска, №18500 Батулия, №18520 Искрецка и №18560 Малък Искър. Една хидрометрична станция по поречието на р. Огоста – с. Бутан №16850, и някои нейни притоци: р. Ботуня – с. Стояново №16500, и р. Скът – гр. Мизия №17850. Както и три станции на поречия западно от р. Огоста: р. Ерма – гр. Трън №11650, р. Лом – с. Василовци №14840, и р. Войнишка – с. Търняне №12850.

В изследването са използвани данни за средногодишния отток, както и средномногогодишен средномесечен отток.

Резултати и изводи

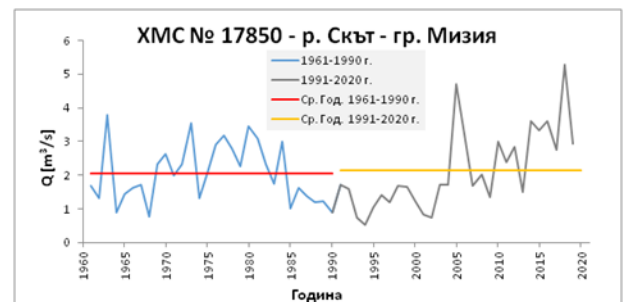
Общо за поречие Искър се наблюдава намаление на оттока в периода 1961–2020 г., като намалението продължава и след 2021 г. При съпоставката на двата климатични периода средномногогодишното средногодишно водно количество на последния период намалява в границите от -4% до -24%. Таблица 1 показва процентно изменение на ресурса по поречия и някои техни притоци за двата климатични периода.

Наблюдаваната тенденция за района на р. Огоста и реки западно от Огоста също отчита трайно намаление на оттока през климатичния период 1961–2020 г., като посоката се запазва и след 2021 г. Изключение прави само р. Скът при гр. Мизия, която отчита увеличаване на оттока с около 5% (фиг. 1). Сравнението между двата климатични периода показва, че средногодишното водно количество през по-новия период е по-ниско – намалението варира от

около -30% за р. Войнишка при с. Търняне до около 5% за р. Скът край гр. Мизия. Най-сухи са месеците август и септември, а най-голям воден отток се наблюдава през март и април.

Таблица 1. Изменение на ресурса по поречия и някои техни притоци за климатичен период 1961–1990 г. към климатичен период 1991–2020 г. (%) за поречие Искър

р. Искър	ХМС №	изменение на ср. мн. ср. год. отток		амплитуда на изменение на месечния отток		
		%	от, %	мн. ср. мн. ср. м.		макс. ср. мн. ср. м.
				месец	до, %	
	18850	-10	-22	февруари	40	август
	18700	-7	-25	ноември	13	април, август
	18650	-13	-32	септември	6	април
	18500	-24	-44	юли	2	август



Фигура 1. Хидрографи на изменение на регистрирания средногодишен отток за двата референтни климатични периода 1961–1990 и 1991–2020 г. за р. Скът – гр. Мизия.

Благодарности: Изследването е осъществено в рамките на проект „Анализ и оценка на ресурса на основните поречия и някои техни притоци за два референтни климатични периода (1961–1990 и 1991–2020 г.) по райони за басейново управление“, финансиран по Заповед №323/08.05.2025 г. на Министъра на околната среда и водите в изпълнение на Закона за водите, с ръководител доц. д-р Елена Божилова.



Analysis and assessment of changes in the water resources of the Iskar River, the Ogosta River, and rivers west of the Ogosta and some of their tributaries for the two reference climatic periods (1961–1990 and 1991–2020)

M. Rankova*, B. Vuchkov*

Department of Hydrology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *change, resource, climatic period, Iskar River, Ogosta River*

*email: maya.rankova@meteo.bg, borislav_vuchkov87@abv.bg

Introduction

The present study examines changes in the water resources of the Iskar River, the Ogosta River, and the rivers located west of the Ogosta, as well as some of their tributaries, through a comparative analysis of two reference climatic periods: 1961–1990 and 1991–2020. The main objective is to assess the impact of climate change on the quantitative characteristics of river runoff and the available water resources in the region.

Methodology

Hydrometric stations along the main basin of the Iskar River were analyzed at Orehovitsa №18850, Novi Iskar №18700, and Beli Iskar №18650, as well as several tributaries: №18370 the Palakaria River, №18420 Vladayska River, №18500 Batuliya River, №18520 Iskretska River, and №18560 Malki Iskar River. One hydrometric station was analyzed in the basin of the Ogosta River at Butan №16850, together with some of its tributaries: the Botunya River at Stoyanovo №16500 and the Skat River at Mizia №17850. Additionally, three stations located in river basins west of the Ogosta River were included: the Erma River at Tran №11650, the Lom River at Vasilovtsi №14840, and the Voynishka River at Taryane №12850.

Data on mean annual runoff as well as long-term mean monthly runoff were used in the study.

Results and conclusions

Overall, a decrease in runoff has been observed in the basin of the Iskar River during the period 1961–2020, with the decline continuing after 2021. In the comparison between the two climatic periods, the long-term mean annual water volume in the more recent period decreases within the range of -4% to -24%. Table 1 presents the percentage change in water resources by river basins and some of their tributaries for the two climatic periods.

The observed trend for the region of the Ogosta River and the rivers west of it also indicates a persistent decrease in runoff during the climatic period 1961–2020, with this trend continuing after 2021. The only exception is the Skat River near Mizia, where an increase in runoff of about 5% has been recorded (Fig. 1). Comparison between the two climatic periods shows that the mean annual water volume in the more recent period is lower — the decrease ranges from about -30% for the Voynishka River at Taryane to about +5%

for the Skat River near Mizia. The driest months are August and September, while the highest river runoff is observed in March and April.

Table 1. Changes in water resources by river basins and some of their tributaries from the climatic period 1961–1990 to the climatic period 1991–2020 (%) for the basin of the Iskar River

Iskar river	HMS №	change on average pl. average year runoff		amplitude of change in monthly runoff			
		%	from, %	min. av. multi-year average monthly		max. av. multi-year average monthly	
				month	to, %	month	month
	18850	-10	-22	February	40	August	
	18700	-7	-25	November	13	April, August	
	18650	-13	-32	September	6	April	
	18500	-24	-44	July	2	August	

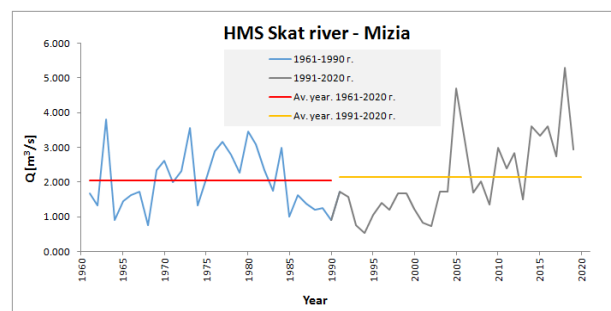


Figure 1. Hydrographs showing changes in the recorded mean annual runoff for the two reference climatic periods 1961–1990 and 1991–2020 for the Skat River at Mizia.

Acknowledgements: The study was carried out within the framework of the project “Analysis and assessment of the water resources of the main river basins and some of their tributaries for two reference climatic periods (1961–1990 and 1991–2020) by river basin management regions”, funded under Order No. 323/08.05.2025 of the Ministry of Environment and Water of Bulgaria in implementation of the Water Act, with project leader Assoc. Prof. Dr. Elena Bozhilova.

Влияние на водоземането от подземни води върху екологичния отток на р. Тунджа

Т. Орехова*, Д. Шопова

Институт за изследвания на климата, атмосферата и водите – Българска академия на науките
Ключови думи: водочерпателен кладенец, намаляване на речния отток, екологичен отток, р. Тунджа

*email: tvorehova@gmail.com

Въведение

Използването на вододобивни кладенци в близост до реки е обичайна практика в България от ХХ век, като разрешителните за водоземане са валидни за десетилетия. С цел предотвратяване на свръхексплоатацията на водните ресурси в рамките на Рамковата директива за водите е разработено Ръководство № 31 (2014) за осигуряване на екологичен отток (Eflows). Настоящото изследване оценява съвместимостта на разрешителните за водоземане от подземните води в две локации с изискванията за екологичен отток на р. Тунджа.

Методология

Разгледани са два обекта за водоземане от подземни води по р. Тунджа – при Баня и Ямбол (фиг. 1).

Известно е, че при водоземане от подземни води намаляват подземният приток и речният отток (De Graaf et al., 2019), което може да застраши речните екосистеми. Поради това се сравняват екологичният отток и разрешеното водоземане от подземни води.

Eflow се определя съгласно националната нормативна уредба като 10% от средногодишния отток, но не по-нисък от минималния средномесечен отток с 95% вероятност при естествени условия. QL5, QL10 и QL20 са минимални месечни стойности на оттока при вероятности на непревишаване съответно 80%, 90% и 95% (Bozhilova & Ninov, 2022).

Резултати и изводи

Резултатите, представени в таблици 1 и 2, показват съотношение между разрешеното водоземане от подземни води и характеристиките на минималния отток (QL5, QL10 и QL20).

Таблица 1. Сравнение между Eflow и разрешените дебити на водоземане от подземни води за водоснабдяване (m^3/s)

Обект	Eflow	Разрешен дебит
Баня	2.538	0.182
Ямбол	3.207	0.493

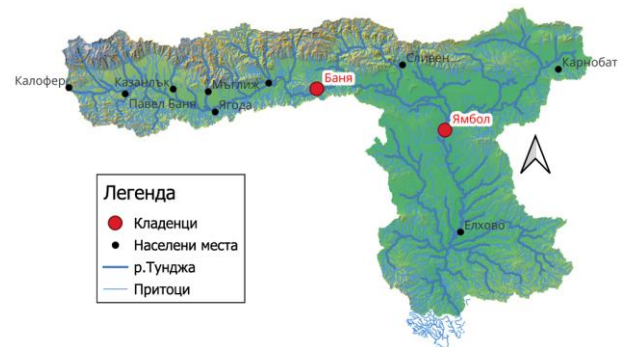
Таблица 2. Сравнение между разрешените дебити и стойностите на QL5, QL10 and QL20 (m^3/s)

Обект	Разр. дебит	QL5	QL10	QL20
Баня	0.182	0.130	0.062	0.053
Ямбол	0.493	1.367	1.222	0.563

За Ямбол разрешеното водоземане ($0.493 m^3/s$) представлява приблизително 36–40% от QL5 и QL10 и близо 88% от QL20. При маловодие разрешеният дебит става съпоставим с минималния месечен отток.

За Баня разрешеното водоземане ($0.182 m^3/s$) надвишава QL5 ($0.130 m^3/s$), QL10 ($0.062 m^3/s$) и QL20 ($0.053 m^3/s$). При маловодие разрешеният дебит превишава съответния минимален месечен отток.

Годишният Eflow не се превишава и на двете локации, но съвместимостта на разрешителните с изискванията за Eflow зависи основно от маловодието, а не от годишните обеми.



Фигура 1. Местоположение на изследваните обекти в басейна на р. Тунджа.

В заключение, за да се предотврати намаляването на речния отток и да се гарантира Eflow в реката, е важно да се анализира дебитът на кладенците и при необходимост да се ограничи водоземането от подземни води чрез преразглеждане на съответните разрешителни.

В условията на нарастваща хидроклиматична изменчивост подобни проблеми ще възникват по-често.

Литература

- Bozhilova, E., Ninov, P. (2022). *GeoConference SGEM*, 22(3.1).
- De Graaf, I. E., Gleeson, T., Van Beek, L. P.H., Sutanudjaja, E. H., and Bierkens, M. F. (2019). *Nature*, 574(7776).
- Water Framework Directive. CIS guidance document No. 31 (2014).



Impact of groundwater abstraction on ecological flow in the Tundzha River

T. Orehova*, D. Shopova

Climate, Atmosphere and Water Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences

Keywords: *abstraction well, streamflow depletion, ecological flow, Tundzha River*

*email: tvorehova@gmail.com

Introduction

Pumping wells near rivers have been a common practice in Bulgaria for water supply since the 20th century. Water abstraction permits are typically valid for several decades. To prevent over-abstraction of European water resources, Guidance No. 31 (2014) was developed within the framework of the Water Framework Directive, aimed at ensuring ecological flows (Eflows) in rivers. The aim of this study is to assess whether groundwater abstraction permits at two locations are compatible with the Eflow requirements of the Tundzha River.

Methodology

This study examines two groundwater abstraction sites on the Tundzha River, located near the settlements of Banya and Yambol (Fig. 1).

As a rule, groundwater extraction results in reduced groundwater discharge and streamflow depletion (De Graaf et al., 2019). Reduced river flow may threaten river ecosystems. Therefore, a comparison is made between the Eflow of the river and the permitted groundwater abstraction.

The Eflow is defined under national regulation as 10% of the mean annual discharge, but not less than the minimum mean monthly discharge with 95% probability under natural conditions. QL5, QL10 and QL20 denote statistically defined minimum monthly discharges corresponding to occurrence probabilities of 80%, 90% and 95%, respectively, according to Bozhilova and Ninov (2022).

Results and conclusions

The results presented in Tables 1 and 2 highlight the relationship between permitted groundwater abstraction and low-flow indicators (QL5, QL10 and QL20).

Table 1. Comparison between Eflow and permitted groundwater abstraction rates for water supply (m³/s)

Location	Eflow	GW permits
Banya	2.538	0.182
Yambol	3.207	0.493

Table 2. Comparison between permitted flow rate and QL5, QL10 and QL20 values (m³/s)

Location	GW permits	QL5	QL10	QL20
Banya	0.182	0.130	0.062	0.053
Yambol	0.493	1.367	1.222	0.563

For Yambol, the permitted groundwater abstraction (0.493 m³/s) represents approximately 36–40% of QL5 and QL10 and nearly 88% of QL20. Under severe low-flow conditions, the permitted abstraction becomes comparable to the statistically defined minimum monthly discharge.

For Banya, the permitted groundwater abstraction (0.182 m³/s) exceeds QL5 (0.130 m³/s), QL10 (0.062 m³/s) and QL20 (0.053 m³/s). Under such conditions, the permitted abstraction is greater than the corresponding minimum monthly streamflow values.

Although the annual Eflow is not exceeded at either location, the comparison shows that the compatibility between groundwater permits and Eflow requirements depends primarily on low-flow characteristics rather than on annual volumes alone.

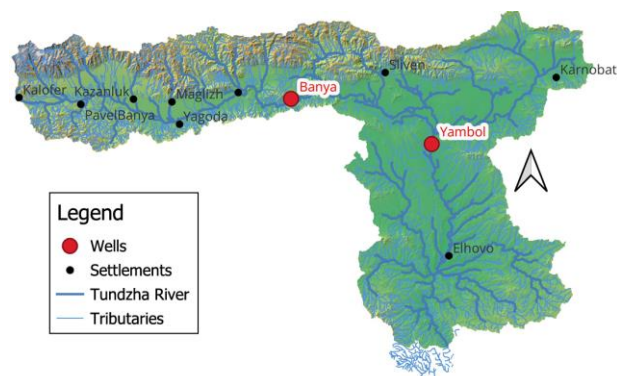


Figure 1. Location of the study areas in the Tundzha River Basin.

In conclusion, to prevent streamflow depletion and to guarantee environmental flow in a river, it is necessary to analyse the pumping rate of the wells and, if required, to restrict groundwater abstraction through revision of the respective permits.

With increasing hydroclimatic variability, such problems will arise more frequently.

References

- Bozhilova, E., Ninov, P. (2022). *GeoConference SGEM*, 22(3.1).
- De Graaf, I. E., Gleeson, T., Van Beek, L. P.H., Sutanudjaja, E. H., and Bierkens, M. F. (2019). *Nature*, 574(7776).
- Water Framework Directive. CIS guidance document No. 31 (2014).

Сравнение на резултатите от избрани софтуерни продукти и класически метод за съставяне на годишна ключова крива на зависимостта воден стоеж – водно количество

К. Паралска*

Департамент „Хидрология“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: *ключова крива воден стоеж – водно количество, софтуер за съставяне на ключови криви, изчисление на речен отток*

*email: katia.paralska@gmail.com

Въведение

Ключовата крива на зависимостта воден стоеж – водно количество представлява основен инструмент за преобразуване на водния стоеж в отток.

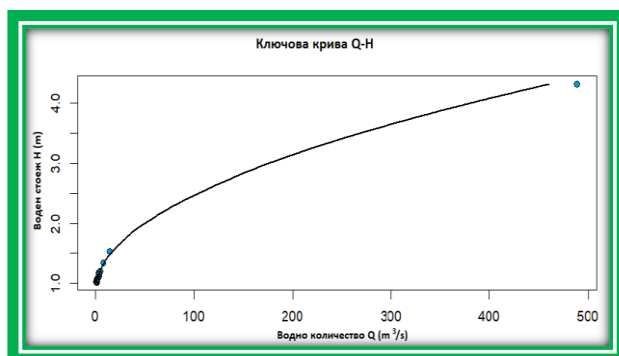
Съставянето на годишни ключови криви традиционно се извършва чрез класически графично-аналитичен подход, базиран на експертна оценка и ръчно напасване. Съвременните софтуерни решения предлагат методи за моделиране, в някои случаи и оценка на несигурността и изчисляване на процентната грешка.

Настоящото изследване има за цел да сравни резултатите от избрани софтуерни продукти с класическия метод при съставяне на годишна ключова крива.

Методология

За изследването са използвани измервания на воден стоеж и водно количество от хидрометрична станция за една година. Ключовата крива е изградена чрез класически метод, при който се прилага аналитично-графично съставена зависимост между водния стоеж и водното количество. Получените резултати са сравнени с изчисления от избрани софтуерни продукти, базирани на различни методологични подходи – статистически, Байесови и многомоделни алгоритми.

Анализът включва оценка на формата на кривата, стойностите на калибрационните параметри и степента на съвпадение между изчисления отток и наблюдаваните данни.



Фигура 1. Ключова крива Q-H (метод bdrс).

Резултати и изводи

Класическият метод е приложим и надежден при добре разпределени данни, но изисква ръчно изчертаване и субективна преценка. Резултатите подчертават значението на комбинираното използване на традиционен опит и съвременни аналитични инструменти при изготвяне на ключови криви в оперативната практика.

В таблица 1 са представени избраните софтуерни продукти и методи, включени в настоящия сравнителен анализ.

Таблица 1. Софтуерни продукти и методи

Наименование	Вид	Основен метод
HydRA	софтуер	Статистически / Емпиричен (RISC, 2018)
bdrс	софтуерен пакет	Байесов / Статистически
BaRatinAGE	софтуер	Байесов / Хидравличен (Le Coz et al., 2014)
Voting Point Method (VPM)	метод	Многомоделен / Статистически
Notebook 2: Rating Curve Development	софтуерен пакет	Емпиричен / Статистически
Класически метод	метод	Графичен / Аналитичен (хидравлично обоснован)

Литература

Le Coz, J., Renard, B., Lang, M. (2014). BaRatin: A Bayesian Rating Curve Model for Continuous and Uncertainty-Aware Streamflow Estimation. Water Resources Research.

Resources Information Standards Committee (RISC) (2018). Manual of British Columbia Hydrometric Standards, Version 2.0, December 2018. Knowledge Management Branch, B.C. Ministry of Environment and Climate Change Strategy, Victoria, B.C.

Comparison of the results from selected software products and a classical method for the construction of an annual rating curve of the stage – discharge relationship

K. Paralska*

Department of Hydrology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *rating curve stage – discharge, software for rating curve, river discharge calculation*

*email: katia.paralska@gmail.com

Introduction

The stage – discharge rating curve is a fundamental tool for converting stage observations into streamflow.

The construction of annual rating curves has traditionally been performed using a classical graphical - analytical approach, based on expert judgment and manual fitting. Modern software solutions provide modelling methods, in some cases including uncertainty estimation and calculation of percentage error.

The present study aims to compare the results from selected software products with the classical method in the construction of an annual rating curve.

Methodology

Stage and discharge measurements from a hydrometric station for a one-year period were used for the study. The rating curve was constructed using the classical method, applying a graphical and analytical derived relationship between stage and discharge. The obtained results were compared with computations from selected software products based on different methodological approaches – statistical, Bayesian, and multi-model algorithms.

The analysis includes evaluation of the curve shape, the values of the calibration parameters, and the degree of agreement between the computed discharge and the observed data.

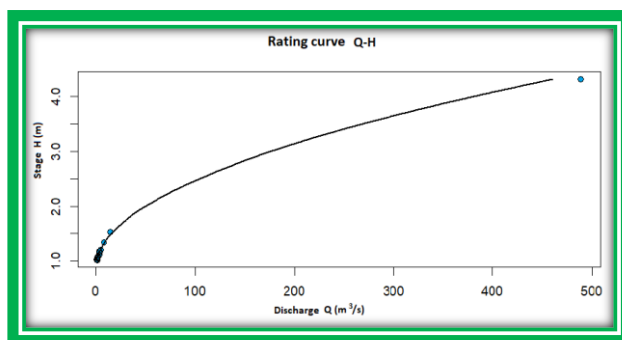


Figure 1. Rating curve Q-H (method bdrc).

Results and conclusions

The classical method is applicable and reliable when data are well distributed, but it requires manual plotting and involves subjective judgment. The results highlight the importance of combining traditional expertise with modern analytical tools in the construction of rating curves in operational practice.

Table 1 presents the selected software products and methods included in the present comparative analysis.

Table 1. Software products and methods

Name	Type	Main method
HydRA	software	Statistical / Empirical (RISC, 2018)
bdrc	software package	Bayesian / Statistical
BaRatinAGE	software	Bayesian / Hydraulically based (Le Coz et al., 2014)
Voting Point Method (VPM)	method	Multi-model / Statistical
Notebook 2: Rating Curve Development	software package	Empirical / Statistical
Classical method	method	Graphical / analytical (hydraulically based)

References

- Le Coz, J., Renard, B., Lang, M. (2014). BaRatin: A Bayesian Rating Curve Model for Continuous and Uncertainty-Aware Streamflow Estimation. Water Resources Research.
- Resources Information Standards Committee (RISC) (2018). Manual of British Columbia Hydrometric Standards, Version 2.0, December 2018. Knowledge Management Branch, B.C. Ministry of Environment and Climate Change Strategy, Victoria, B.C.



Примери за хидроложко моделиране на високи вълни с използване на сателитна информация и продукти за валеж, разработени в рамките на проекта HSAF

Г. Кошинчанов*, С. Стоянова

Департамент „Прогнози и информационно обслужване“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: HSAF, сателитна информация, продукти за валеж, хидроложко моделиране

*email: georgy.koshinchanov@meteo.bg

Въведение

Основен източник на информация за валежните количества са данните от метеорологичните станции. Не винаги гъстотата на метеорологичната наблюдателна мрежа позволява да се получи необходимата информация за валежа, особено в планинските и труднодостъпни райони.

Дистанционните методи са съвременната алтернатива на конвенционалните метеорологични измервания – с помощта на радари и сателити е възможно да се осигури по-детайлна оценка за количественото и пространственото разпределение на валежа.

Методология

В настоящото изследване са представени резултатите от използването на сателитни продукти за валеж за оценка на преминали високи вълни във водосборите на р. Вит и р. Върбица. Тези сателитни продукти са разработени в рамките на проекта „Приложение на сателитни продукти за целите на оперативната хидрология и управлението на водите“ (Puca et al., 2014) на Европейската организация за експлоатация на метеорологични спътници (EUMETSAT).

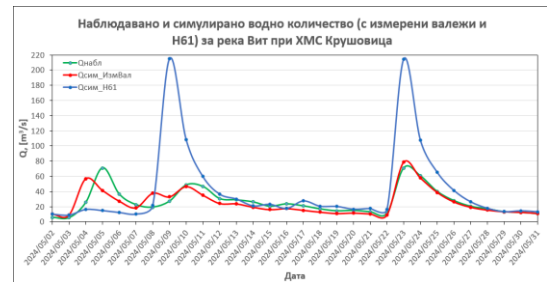
За изследване на високите вълни във водосбора на р. Вит в периода 2–26 май 2024 г. е използван продуктът H61. За изследване на високите вълни във водосбора на р. Върбица в периода 6–26 декември 2024 г. е използван продуктът H42.

Методологията на представеното изследване включва калибриране на хидроложките модели с наземна информация – регистрирани валежни количества и температура на въздуха. Следва заместването на част от входните данни за валеж с данните за валеж съответно от продуктите H61 и H42 за период от няколко дни преди първата висока вълна. Направен е анализ на резултатите от симулациите със сателитна информация и с наземни данни.

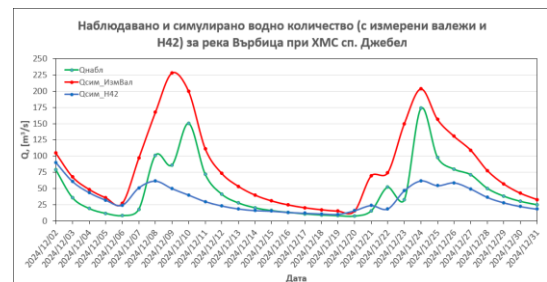
Резултати и дискусия

На фигури 1 и 2 са представени резултатите от математическите симулации съответно за водосбора на р. Вит до ХМС Крушовица и за водосбора на р. Върбица до ХМС сп. Джебел. На графиките са обозначени наблюдаваните водни количества (зелено), симулираните водни количества с „наземни“ валежи (червено) и симулираните водни

количества с данни съответно от продуктите H61 и H42 (синьо).



Фигура 1. Симулирани и наблюдавани водни количества при ХМС Крушовица.



Фигура 2. Симулирани и наблюдавани водни количества при ХМС сп. Джебел.

Графичното представяне на резултатите показва, че за водосбора на р. Вит симулациите със сателитния продукт завишават водното количество при две от трите високи вълни. За водосбора на р. Върбица резултатите от симулациите с продукта H42 показват занижение на моделираните водни количества и при двете високи вълни.

Сателитните продукти за валеж, разработени в рамките на проекта HSAF, са подходящи да бъдат използвани в съчетание с данни от реални измервания. Самостоятелното използване на сателитните продукти показва понякога съществени разлики между симулираното водно количество и измереното такова. Сред основните причини за това са различните софтуерни лимитиращи условия на датчиците на сателитите, физическите ограничения при калибрирането на продуктите, основно в регионален и локален аспект.

Литература

Puca, S., et al. (2014). The validation service of the hydrological SAF geostationary and polar satellite precipitation products. *Natural hazards and earth system sciences*, 14(4), 871–889.



Case studies of hydrological modelling of high waves using satellite information and precipitation products from HSAF project

G. Koshinchanov*, S. Stoyanova

Department of Forecasts and Information Service, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: HSAF, satellite information, precipitation products, hydrological modelling

*email: georgy.koshinchanov@meteo.bg

Introduction

The main source of information on precipitation amounts is data from meteorological observation. However, the density of the meteorological observation network does not always allow the necessary information on precipitation to be obtained, especially in mountainous and hard-to-reach areas.

Remote sensing methods are the modern alternative to conventional meteorological measurements – with the help of radars and satellites, it is possible to provide a more detailed assessment of the quantitative and spatial distribution of precipitation.

Methodology

The results of applying satellite precipitation products to assess high waves in the watersheds of Vit and Varbitsa rivers are presented in this study. These satellite products had been developed within the project “Application of satellite products for operational hydrology and water management” (Puca et al., 2014) of the EUMETSAT.

The H61 product was used to simulate high waves in the Vit River basin during the period 2–26 May 2024. The H42 product was used to simulate high waves in the Varbitsa River basin during the period 6–26 December 2024.

The methodology presented includes calibration of the hydrological models with ground-based information – recorded precipitation totals and air temperature. This is followed by the replacement of part of the precipitation input data with precipitation data from the H61 and H42 products respectively, for a period of several days before the first high wave. An analysis of the results of the simulations with satellite information and ground data was performed.

Results and discussion

The results of the numerical simulations for the Vit River to Krushovitsa station and the Varbitsa River to Dzhebel station are presented on figures 1 and 2. The graphs show the observed water quantities (green), the simulated water quantities with “ground” precipitation (red) and the simulated water quantities with data from the H61 and H42 products (blue), respectively.

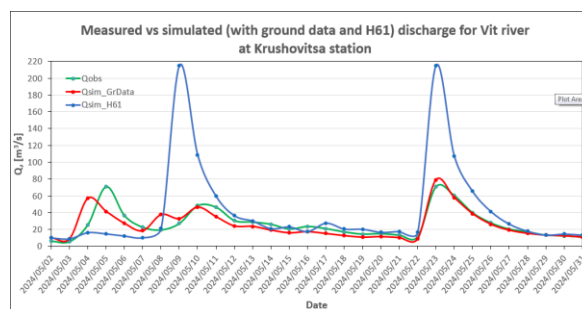


Figure 1. Simulated and observed discharges at Krushovitsa station.

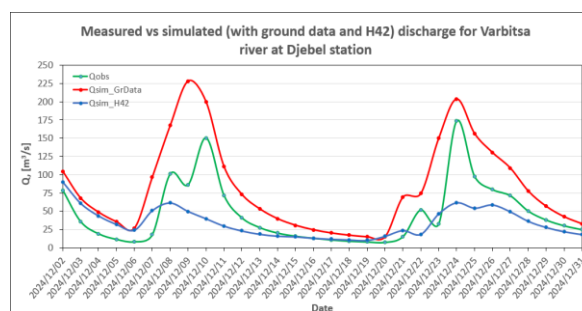


Figure 2. Simulated and observed discharges at Varbitsa station.

The graphical representation of the results shows that for the Vit River basin, the simulations with the satellite product overestimate the water quantity in two of the three high waves. For the Varbitsa River basin, the results of the simulations with the H42 product show an underestimation of the modeled water quantities for both high waves.

The satellite precipitation products developed within the HSAF project are suitable for use in combination with measured data. The use of satellite products alone shows significant differences between the simulated discharges and the measured ones. The main reasons for this are the different software limitations of the satellite sensors and the physical limitations in the calibration of the products, mainly at the regional and local levels.

References

Puca, S., et al. (2014). The validation service of the hydrological SAF geostationary and polar satellite precipitation products. *Natural hazards and earth system sciences*, 14(4), 871–889.



Прилагане на модел от типа „свързан повърхностен-подповърхностен поток“ за изчисляване на високопланински речен отток – някои предварителни резултати

И. Попстоянов*

Институт по океанология „Проф. Фритъф Нансен“, Българска академия на науките
Ключови думи: *модел с нулева инерция/дифузионна вълна, модел на Boussinesq, нерегулярна изчислителна мрежа*

*email: iliapopstoyanov@abv.bg

Въведение

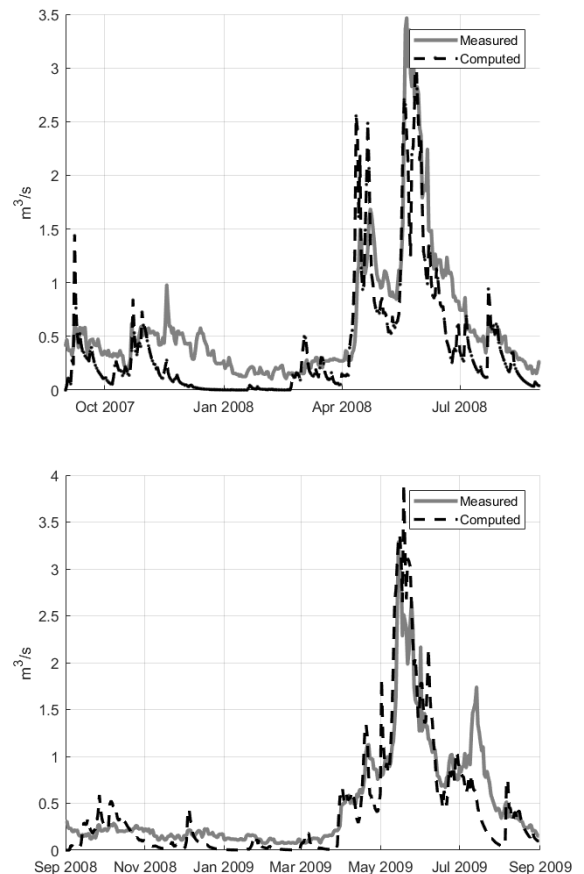
Планинските територии дават началото на редица по-малки и по-големи реки. Релефът и надморската височина в тези условия обуславят по-голямо овлажнение поради увеличаване на валежите и намаляване на температурите (намаляване на изпарението). Важна роля в процеса на преобразуване на валежите в отток имат снеговалежите, снегонатрупването и снеготопенето, както и скално-почвената основа и растителната покривка. По-голямото овлажнение води до увеличаване на модула на оттока и отточната височина в планинските водосборни басейни. Това води до формиране на значими водни ресурси в планинските и високопланинските райони, които могат да се използват в икономическата дейност. От тук идва и необходимостта за изследване и моделиране на формирането и движението на оттока в тези условия. В настоящото изследване е приложен модел от типа „свързан повърхностен-подповърхностен поток“ за изчисляване на речния отток от високопланинския водосбор на р. Мусаленска Бистрица при ХМС лет. Боровец.

Методология

Хидроложкият модел включва описание на повърхностния поток чрез модела на дифузионна вълна (на нулева инерция; с формулата за скоростта на Manning) и описание на подповърхностния поток чрез модела на Boussinesq (със закона на Darcy и допусканията на Dupuit-Forchheimer) (вж. напр. Kwak and Kim, 2021). Поради планинските условия двата потока са свързани с положителна хидравлична връзка. За численото решаване е използван стабилизирани метод на крайните елементи (Chai and Ouyang, 2020). Използвани са данни за валежите и температурата за определяне на прихода (валежите от дъжд и снеготопенето). Поради ограничените налични данни и информацията поделянето на прихода между повърхностния поток и подповърхностния поток е извършено чрез метода на числото на кривата (curve number method).

Резултати и изводи

На фигура 1 са показани предварителни резултати за оттока от числени експерименти. Използвано е число на кривата със стойност от 90, а за коефициента на филтрация е използвана стойност от 0.001 m/s.



Фигура 1. Резултати за речния отток през:
2007/2008 хидроложка година (горе),
2008/2009 хидроложка година (долу).

Представените резултати показват възможност за използване на разпределени хидроложки модели, основани на нерегулярни триъгълни изчислителни мрежи, за високопланински водосбори.

В условията на нерегулярни изчислителни мрежи численото решение може да бъде подобро чрез прилагането и на други числени методи (EbFVM/CVFEM, FCT-FEM, AFC и т.н.).

Литература

- Chai, Y. and Ouyang, J. (2020). *Comput. Math. Appl.*, 79/5.
Kwak, C. J. and Kim, J. S. (2021). *Water*, 13/21.



Application of a coupled surface-subsurface flow model to high-mountain river runoff computation – some preliminary results

I. Popstoyanov*

Institute of Oceanology “Prof. Fridtjof Nansen”, Bulgarian Academy of Sciences

Keywords: zero-inertia/diffusion-wave model, Boussinesq model, irregular computational mesh

*email: iliapopstoyanov@abv.bg

Introduction

The water sources of many smaller and larger rivers are in the mountain areas. Relief and altitude in these conditions determine greater humidification due to increased precipitation and decreased temperatures (decreased evapotranspiration). Snowfall, snow accumulation, and snowmelt, as well as ground layer and vegetation cover play an important role in the process of transforming precipitation into runoff. In mountainous watersheds, the greater humidification leads to an increase in runoff yield and flow height per unit area. This leads to generation of significant water resources in mountain and high-mountain regions, which can be used in economic activity. Hence the need to study and model the river runoff formation and movement in these conditions. In this study, a coupled surface-subsurface flow model was applied to compute the river runoff of Musalenska Bistritsa river basin at Borovets resort hydrometric station.

Methodology

The hydrological model included a surface flow description by the diffusion-wave/zero-inertia model (with Manning’s velocity formula) and a subsurface flow description by the Boussinesq model (with Darcy law and Dupuit-Forchheimer assumptions) (see e.g. Kwak and Kim, 2021). The so called positive hydraulic connection between the two types of flows was applied because of the mountain conditions. A stabilized finite element method was used for the numerical solution (Chai and Ouyang, 2020). For the input calculation (rainfall and snowmelt), precipitation and temperature data were used. Because of the limited data and information, the partition of the input between the surface flow and the subsurface flow was done by the curve number method.

Results and conclusions

Some preliminary results for the river runoff from numerical experiments are shown on figure 1. A curve number value of 90 was used, together with a value of 0.001 m/s for the saturated hydraulic conductivity.

The results presented here show an opportunity for usage of distributed hydrological models for high-mountain watersheds, based on irregular triangular computational meshes.

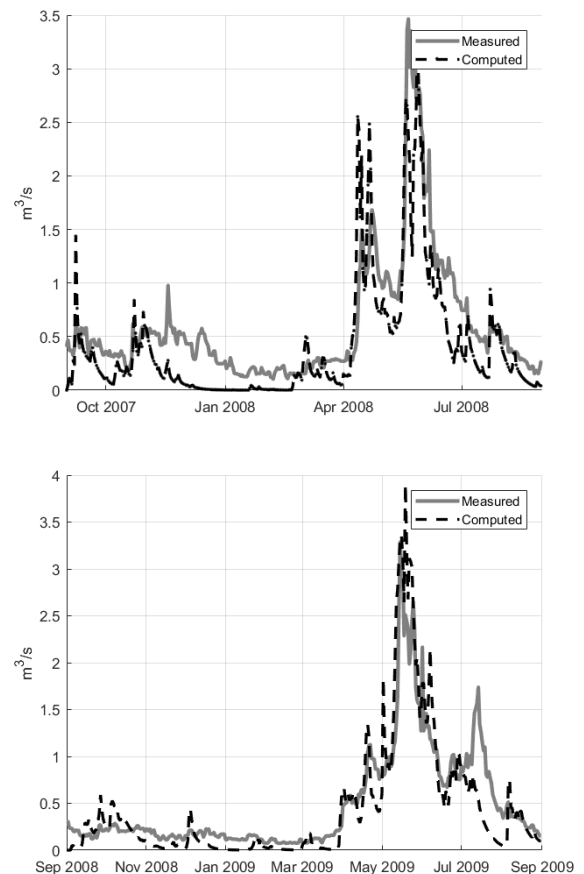


Figure 1. Results for the river runoff during: 2007/2008 hydrological year (top), 2008/2009 hydrological year (bottom).

In conditions of irregular computational meshes, numerical solution can be improved also by applying of other numerical methods (EbFVM/CVFEM, FCT-FEM, AFC, etc.).

References

- Chai, Y. and Ouyang, J. (2020). *Comput. Math. Appl.*, 79/5.
Kwak, C. J. and Kim, J. S. (2021). *Water*, 13/21.



Влияние на климата върху речния отток в малки черноморски водосбори

В. Кожухаров*, В. Василева

Софийска гимназия по строителство, архитектура и геодезия „Христо Ботев“

Ключови думи: *климатично влияние, речен отток, валежи, температура на въздуха, сезонна изменчивост, малки водосбори, Черноморски басейн**email: velko.kozhuharov.at@gmail.com

Въведение

Наблюдаваното повишаване на температурите и засилената сезонна изменчивост на валежите в Югоизточна България оказват пряко въздействие върху речния отток, особено в малките черноморски водосбори с бърза реакция към климатичните колебания. Целта е да се оцени ролята на тези фактори за неговата сезонна и междугодишна динамика. Речната мрежа в Бургаска област е изградена предимно от къси реки с планинско-черноморски режим. Основните водосбори и разположението на хидрометричните станции по р. Айтоска (Камено), р. Средецка (Проход), р. Факийска (Зидарово) и р. Ропотамо (Веселие) са представени на фигура 1.

Методология

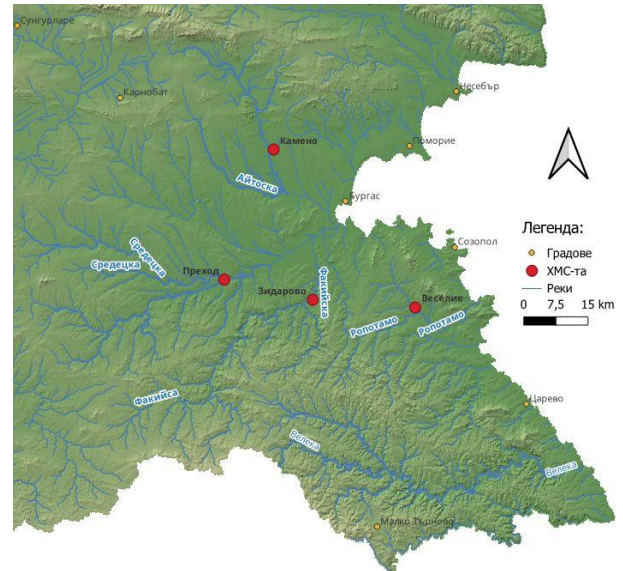
Използвани са месечни данни за валежи, температура на въздуха и водни количества за периода 1998–2024 г., публикувани в Месечен хидрометеорологичен бюлетин на Националния институт по метеорология и хидрология (НИМХ). Сезонната динамика е представена чрез климатограма на база средномесечни стойности.

Годишните редици на валежите, температурите и водните количества са анализирани чрез линейна тенденция и петгодишно плъзгащо средно с цел определяне на посоката на измененията във времето (Yordanova et al., 2023).

Връзката между валежите и оттока е оценена чрез сравнителен анализ по избрани станции, като данните са разгледани и в два подпериода (2003–2012 и 2013–2024 г.) в контекста на управлението на речните басейни (МОСВ, 2022).

Резултати и изводи

Резултатите показват отчетлива тенденция към затопляне в района на Бургас (~2 °C за периода 1998–2024 г.), при липса на ясно изразен дългосрочен тренд във валежите. Въпреки относително стабилните валежни количества, средногодишните водни количества в изследваните реки намаляват, най-силно при р. Айтоска (Камено), където е установена устойчива низходяща тенденция. Повишените температури и засиленото изпарение водят до удължаване на летните минимума и зачестяване на периодите на маловодие. Получените резултати потвърждават нарастващата уязвимост на малките черноморски водосбори към климатичните промени.



Фигура 1. Пространствено разположение на изследваните водосбори и хидрометричните станции в Бургаска област.

Наблюдаваните изменения сочат отслабване на връзката между валежите и речния отток, което предполага нарастваща роля на изпарението във формирането на водния баланс и намаляване на хидрологичната устойчивост на малките водосбори. Това ограничава способността им да компенсират краткотрайни валежни дефицити и предполага удължаване на периодите на маловодие и по-често пресъхване на оттока.

Научният принос на изследването се изразява в количествената оценка на климато-хидроложките взаимодействия в малки черноморски водосбори с ограничена хидрометрична обезпеченост и в установяването на съвременни тенденции към намаляване на оттока в условия на устойчиво затопляне.

Литература

- МОСВ (2022). ПУРБ 2022–2027 г. Available online: <https://www.moew.government.bg>
- НИМХ. Месечен хидрометеорологичен бюлетин, ISSN 2815-2743. Available online: <https://bulletins.cfd.meteo.bg>
- Yordanova, A., Ilcheva, I., Ljubenova, K., Rainova, V., Drumeva, G. (2023). Proc. *GeoConference SGEM* 2023.



Climatic influence on river runoff in small Black Sea catchments

V. Kozhuharov*, V. Vasileva

Sofia High School of Construction, Architecture and Geodesy “Hristo Botev”

Keywords: *climatic influence, river runoff, precipitation, air temperature, seasonal variability, small catchments, Black Sea basin*

*email: velko.kozhuharov.at@gmail.com

Introduction

The recently observed increase in air temperatures and enhanced seasonal variability of precipitation in Southeastern Bulgaria directly affect river runoff, especially in small Black Sea catchments with a rapid response to climate fluctuations. The aim is to assess the role of these factors in shaping seasonal and interannual runoff dynamics. The river network in Burgas Region is predominantly composed of short rivers characterized by a mountain–Black Sea hydrological regime. The main catchments and the locations of the hydrometric stations on the Aytoska (Kameno), Sredetska (Prohod), Fakiyska (Zidarovo) and Ropotamo (Veselie) rivers are shown in Figure 1.

Methodology

The analysis is based on long-term monthly records of precipitation, air temperature and river discharge for the period 1998–2024, published in the Monthly and Annual Hydrometeorological Bulletins of the National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH, 1998–2024). Seasonal variability is characterised using a climatic diagram derived from mean monthly values.

Annual time series of precipitation, temperature and discharge are examined using linear trend analysis and five-year moving averages to identify the direction and magnitude of change over time (Yordanova et al., 2023).

The relationship between precipitation and runoff is evaluated through comparative analysis at selected stations, and the data are analysed for two sub-periods (2003–2012 and 2013–2024) in relation to river basin management objectives (MOEW, 2022).

Results and conclusions

The results indicate a pronounced warming trend in the Burgas region (approximately +2 °C over the period 1998–2024), in the absence of a statistically significant long-term trend in precipitation. Despite relatively stable annual precipitation totals, mean annual river discharge in the analysed catchments shows a systematic decline, most pronounced for the Aytoska River (Kameno), where a persistent downward trend has been identified. Rising air temperatures and intensified evaporation contribute to the prolongation of summer low-flow conditions and to an increasing frequency of drought periods. These findings confirm the growing vulnerability of small Black Sea catchments to ongoing climate change.

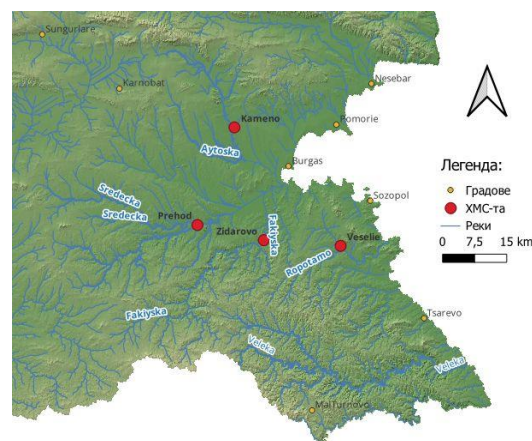


Figure 1. Spatial location of the studied catchments and hydrometric stations in the Burgas region.

The observed changes indicate a weakening of the relationship between precipitation and river runoff, suggesting an increasing role of evaporation in shaping the water balance and a reduction in the hydrological resilience of small catchments. This limits their capacity to compensate for short-term precipitation deficits and implies a prolongation of low-flow periods as well as more frequent flow intermittency.

The scientific contribution of the study lies in the quantitative assessment of climate-hydrological interactions in small Black Sea catchments with limited hydrometric coverage and in the identification of contemporary trends toward decreasing runoff under sustained warming conditions.

References

- MOEW (2022). River Basin Management Plans 2022–2027. Available online: <https://www.moew.government.bg>
- NIMH. Monthly Hydrometeorological Bulletin, ISSN 2815-2743. Available online: <https://bulletins.cfd.meteo.bg>
- Yordanova, A., Ilcheva, I., Ljubenova, K., Rainova, V., Drumeva, G. (2023). Proc. *GeoConference SGEM* 2023.

Наводненията в България през 2025 година

В. Йорданова*

Департамент „Прогнози и информационно обслужване“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: наводнения, архив на наводнения, ГИС база данни

*email: valeriya.yordanova@meteo.bg

Въведение

От хидроложка гледна точка 2025 година за България се характеризира като суха, с неравномерно разпределение на валежите и продължителни периоди на засушаване в различни райони от страната. Въпреки това през годината са регистрирани редица наводнения с различен характер, причинили значителни материални щети и загуба на живот.

Методология

Извършен е преглед и анализ на регистрираните наводнения в България през 2025 година. Екстремните събития са класифицирани по тип (дъждовни, поройни, речни) и са придружени от атрибутивна информация за местоположение, време на настъпване, развитие на хидрологичната обстановка. Информацията се записва в ГИС база данни. Направен е анализ на основните фактори, довели до възникването на различните наводнения. Основната информация и данните, използвани за проследяване на екстремните събития във времето и пространството, са от архива на наводнения, създаден и поддържан в Националния институт по метеорология и хидрология от 2016 г. (Balabanova et al., 2019).

Резултати и изводи

През 2025 година са регистрирани 31 наводнения на територията на страната (фиг. 1). Те са класифицирани по тип, като 4 от тях са дъждовни, 24 – поройни, и 3 са речни наводнения.



Фигура 1. Местоположение и тип на наводненията през 2025 година.

В края на април (26.IV) и в началото на май (6.V) в резултат на интензивни валежи са наводнени дворове, приземни етажи и мазета, залети са земеделски земи, има разрушена пътна инфраструктура в гр. Вълчедръм и селата Мокреш, Хайредин, Лехчево, Кобиляк. В края на май (26.V) в резултат на обилен валеж р. Вит излиза от коритото си при гр. Тетевен. През периода 3–10.X в резултат на обилни и интензивни валежи има регистрирани редица поройни наводнения в южната част на Черноморието. Засегнати са много от населените места, инфраструктура, туристически обекти в общините Несебър, Бургас и Царево. Най-големи са щетите в района на в.с. „Елените“, като наводненията там довеждат и до загубата на четири човешки живота. През периодите 21–22 и 27–28.XI, отново в резултат на обилни и интензивни валежи, редица поройни наводнения са регистрирани в общините Сандански и Петрич. При гр. Хаджидимово р. Места излиза от коритото си, а наводнението в село Митино, община Петрич, е в резултат от неизправност на хидротехническо съоръжение. През нощта на 27 срещу 28.XI р. Арда залива мост при с. Китница. На 6.XII в резултат на обилни валежи, отново в южната част на Черноморието, р. Факийска и р. Изворска значително повишават нивата си и излизат от коритата си. На 25.XII в резултат на обилен и интензивен валеж р. Телки дере бързо покачва нивото си, което води до компрометиране на дигата при с. Гелеменово.

Систематизираната информация за наводненията в България за периода от 2016 г. до настоящия момент показва, че преобладаващ дял имат дъждовните и поройните наводнения. Наблюдаваните събития потвърждават тенденцията към зачестяване на екстремните явления, свързани с изменението на климата. Системното събиране и анализ на данни и информация за случили се наводнения на територията на страната е от съществено значение за идентифициране на факторите, водещи до възникването на екстремни събития в България, за определяне на мерките за адаптиране към бъдещото изменение на климата.

Литература

Balabanova, S., Koshinchanov, G., Stoyanova, V., Yordanova, V. (2019). Geodatabase for occurred floods to support preliminary flood risk assessment. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, 19(3.1), 225–232.



Floods in Bulgaria in 2025

V. Yordanova^{1*}

Department of Forecasts and Information Service, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *floods, archive of floods, GIS Database**email: valeriya.yordanova@meteo.bg

Introduction

From hydrological point of view, for Bulgaria the year 2025 was characterized as a dry year, with uneven precipitation distribution and periods of drought in different regions of the country. Nevertheless numerous floods of different origin and intensity were registered, in the year, resulting in significant damages and loss of lives.

Methodology

A review and analysis of the floods registered in Bulgaria in 2025 was conducted. The extreme events were classified by type (pluvial, flash, and fluvial) followed by an attribute table for location, time of occurrence, development of the hydrological situation. The information was organized in a GIS database. An analysis of the main factors leading to the occurrence of these adverse events was also performed. The primary information and data used to track the extreme events in time and space was obtained from the flood archive established and maintained at the National Institute of Meteorology and Hydrology since 2016 (Balabanova et al., 2019).

Results and conclusions

In 2025, a total of 31 floods were registered across the country (Fig. 1). They were classified by type as follows: 4 pluvial floods, 24 flash floods, and 3 fluvial floods.



Figure 1. Location and type of floods in 2025.

At the end of April (26.IV) and the beginning of May (6.V), as a result of intense rainfall, yards, ground floors, and basements were flooded, agricultural lands were inundated, and road infrastructure was damaged in the town of Valchedram and the villages of Mokresh, Hayredin, Lehchevo, and Kobilyak. At the end of May (26.V), due to heavy rainfall, the Vit River overflowed its

banks near the town of Teteven. During the period 3–10.X, as a result of heavy and intense precipitation, numerous flash floods were registered along the southern part of the Black Sea coast. Many settlements, infrastructure, touristic places in the municipalities of Nesebar, Burgas, and Tsarevo were affected. The most severely affected area was the Elenite resort village, where in addition to extensive material damages, four fatalities were reported. In the periods 21–22.XI and 27–28.XI, further heavy and intense rainfall caused multiple flash floods in the municipalities of Sandanski and Petrich. Near the town of Hadzhidimovo, the Mesta River overflowed its banks, and the Arda River flooded a bridge near the village of Kitnitsa. In the village of Mitino (Petrich municipality), a flood caused by a malfunction of a hydraulic engineering facility was also recorded. On the night against November 28 Arda River inundates the road bridge near Kitnitsa village. On December 6, following heavy rainfall again in the southern part of the Black Sea coast, the Fakijska and Izvorska Rivers significantly increased their water levels and overflowed their banks. On December 25, due to intense rainfall, the Telki Dere River rose rapidly, resulting in compromising its embankment near the village of Gelemenovo.

The systematized information on floods in Bulgaria for the period from 2016 till nowadays indicates that pluvial and flash floods constitute the predominant share. The observed events confirm the increasing trend in extreme phenomena associated with the climate change. The systematic collection and analysis of data and information on flood events occurring within the territory of the country are of essential importance for identifying the factors leading to the occurrence of extreme events in Bulgaria, for determining appropriate climate-change adaptation measures.

References

Balabanova, S., Koshinchanov, G., Stoyanova, V., Yordanova, V. (2019). Geodatabase for occurred floods to support preliminary flood risk assessment. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, 19(3.1), 225–232.

Аналитично определяне на филтрационния поток през земнонаситна дига и оценка на риска от суфозия

Т. Колев*

Департамент „Прогнози и информационно обслужване“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: филтрация, земнонаситна дига, депресионна крива, вътрешна ерозия (суфозия)

email: tkolev@meteo.bg

Въведение

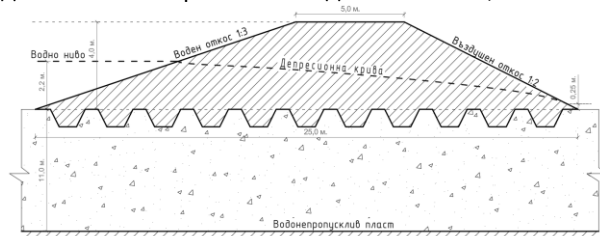
Филтрацията представлява движението на водата в порьозна среда. Водата се съдържа в почвата в различни състояния – молекулярна, хигроскопична, капиларна и гравитационна, като при филтрацията участват главно капиларната и гравитационната, тъй като те мога да се движат в почвата. Движението на водата при филтрацията се осъществява през порите, чието разположение има случаен характер. Суфозията представлява процес на вътрешна ерозия, при който под действието на филтрационния поток се изнасят фини частици от почвения скелет и води до разрушение на почвения масив. Оценката на риска от суфозия е ключова за хидротехническите съоръжения, тъй като това би допринесло за безопасната експлоатация.

Методология

В настоящото изследване е избрана работна хипотеза, при която се определя филтрационният поток през тялото на еднородна земнонаситна дига, разположена върху водопрониклива основа, при постоянно водно ниво откъм водния откос.

Направена е оценка на риска от суфозия, като се използва коефициентът F_s (factor of safety). Коефициентът се определя от отношението между максималния (i_{max}) и критичния ($i_{кр}$) хидравличен градиент (Terzaghi et al., 1996). При стойности на F_s по-големи от 1,5 се приема, че няма риск от възникване на суфозия (U.S. Army Corps of Engineers, 1993).

Представена е зимна (непреливаема) дига с трапецовидно сечение (фиг. 1). Разглежданата дълбочина от страната на водния откос е 2,2 м.



Фигура 1. Схема на зимна дига.

За определянето на филтрационния поток е използван опростеният метод на акад. Н. Н. Павловски (Радев, 1981). Стойността на пълния филтрационен поток (q) се определя като сума от водното количество, което преминава през тялото на дигата – q_1 , и водното количество, преминаващо под нейната основа – q_2 . Изчисленията за q_1 и q_2 са направени по формули (1) и (2).

Резултати и изводи

Резултатите от изчисленията са представени таблично и е изведена зависимост между филтриралото водно количество и водния стоеж пред дигата (табл. 1).

Таблица 1. Зависимост между филтриралото водно количество и воден стоеж

	1	2	3	4	5	6	7
H, m	2.2	1.8	1.4	1	0.6	0.2	0
h_1, m	0.25	0.17	0.10	0.05	0.019	0.002	0.000
$q_1, m^3/d/m'$	0.28	0.19	0.11	0.05	0.02	0.00	0.00
$q_2, m^3/d/m'$	1.39	1.14	0.89	0.63	0.38	0.13	0.00
$q, m^3/d/m'$	1.67	1.33	1.00	0.69	0.40	0.13	0.00

Изготвена е и таблица с координати, необходими за изчертаването на депресионната крива, представена на фигура 1 (табл. 2), която показва как филтрационният поток преминава през дигата.

Таблица 2. Координати за изчертаване на депресионната крива

	1	2	3	4	5	6	7
x, m	0	4	8	12	16	18	18.84
y, m	2.2	1.96	1.68	1.34	0.89	0.53	0.25

$$q_1 = 0,28 \text{ m}^3/d/m'$$

$$q_2 = 1,39 \text{ m}^3/d/m'$$

$$q = 1,67 \text{ m}^3/d/m'$$

$$i_{max} = 0,125$$

$$i_{кр} = 0,937$$

$$q_1 = k_d \frac{H^2 - h_1^2}{2(L - m_2 h_1)}, \text{ m}^3/d/m' \quad (1)$$

$$q_2 = kT \frac{H}{S.n}, \text{ m}^3/d/m' \quad (2)$$

Оценката на риска на суфозия е $F_s = i_{кр}/i_{max} \approx 7.5$.

Получените резултати на $F_s > 1,5$ показват, че при изследваната хипотеза няма риск от възникване на суфозия.

Проследяването и оценката на процеса суфозия представлява съществен елемент от инженерния контрол върху експлоатационната надеждност на хидротехническите съоръжения. Установяването на вътрешноерозионните процеси навреме подпомага безаварийната им работа и намалява риска от скъсване на дигата и непланирано заливане на прилежащите площи.

Литература

- Радев, Н. (1981). Отводнителни системи и корекции на реки. София: Техника.
- Terzaghi, K., Peck, R.B., Mesri, G. (1996). Soil Mechanics in Engineering Practice, 3rd ed. Wiley.
- U.S. Army Corps of Engineers (1993). Seepage Analysis and Control for Dams, Engineer Manual EM 1110-2-1901. U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC.

Analytical determination of seepage flow through an earth embankment dike and assessment of suffusion risk

T. Kolev*

Department of Forecasts and Information Service, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *seepage, earth embankment dike, phreatic line, internal erosion (suffusion)*

*email: tkolev@meteo.bg

Introduction

Seepage is the movement of water through porous materials. Water exists in soils in different states – molecular, hygroscopic, capillary, and gravitational – and the seepage primarily involves capillary and gravitational water, as these forms are capable of movement within the soil. Water flow occurs through soil pores, which are randomly distributed in the soil mass. Suffusion is a process of internal erosion in which fine soil particles are transported by the seepage flow, leading to progressive degradation of the soil structure and potential structural instability. The assessment of suffusion risk is of particular importance for hydraulic structures, as it contributes directly to their safe and reliable operation.

Methodology

In the present study, a working hypothesis is adopted, in which the seepage flow through a homogeneous earth embankment dike founded on a permeable base is analytically determined at a constant upstream water level.

The suffusion risk is evaluated using the factor of safety F_s . It is defined as the ratio between the critical hydraulic gradient (i_{cr}) and the maximum hydraulic gradient (i_{max}) (Terzaghi et al., 1996). For values of $F_s > 1.5$, the structure is considered stable, with no signs of suffusion occurrence (U.S. Army Corps of Engineers, 1993).

In this study, a dike with a trapezoidal cross-section is considered (Fig. 1). The upstream water depth is 2.2 m.

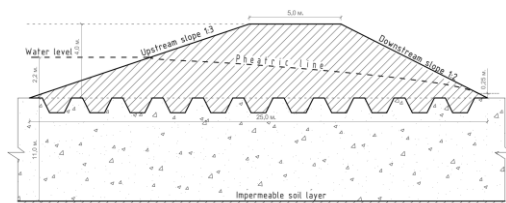


Figure 1. Schematic cross-section of the dike.

The seepage discharge is determined using the simplified analytical method of Acad. N. N. Pavlovsky (Radev, 1981). The total seepage flow (q) is calculated as the sum of the discharge through the dike body (q_1) and the discharge through its base (q_2). The calculations of q_1 and q_2 are based on equations (1) and (2).

Results and conclusions

The calculated results are presented in tabular form, establishing the correlation between seepage discharge and upstream water level (Table 1).

Table 1. Correlation between seepage discharge and upstream water level

	1	2	3	4	5	6	7
H, m	2.2	1.8	1.4	1	0.6	0.2	0
h_1, m	0.25	0.17	0.10	0.05	0.019	0.002	0.000
$q_1, m^3/d/m'$	0.28	0.19	0.11	0.05	0.02	0.00	0.00
$q_2, m^3/d/m'$	1.39	1.14	0.89	0.63	0.38	0.13	0.00
$q, m^3/d/m'$	1.67	1.33	1.00	0.69	0.40	0.13	0.00

A table of coordinates necessary for plotting the phreatic line (Table 2) is also created, illustrating the seepage pattern through the dike on Fig. 1.

Table 2. Coordinates for plotting the phreatic line

	1	2	3	4	5	6	7
x, m	0	4	8	12	16	18	18.84
y, m	2.2	1.96	1.68	1.34	0.89	0.53	0.25

$$q_1 = 0,28 \text{ m}^3/d/m'$$

$$q_2 = 1,39 \text{ m}^3/d/m'$$

$$q = 1,67 \text{ m}^3/d/m'$$

$$i_{max} = 0,125$$

$$i_{cr} = 0,937$$

$$q_1 = k_{\pi} \frac{H^2 - h_1^2}{2(L - m_2 h_1)}, \text{ m}^3/d/m' \quad (1)$$

$$q_2 = kT \frac{H}{S.n}, \text{ m}^3/d/m' \quad (2)$$

The factor of safety against suffusion is calculated as:
 $F_s = i_{cr}/i_{max} \approx 7.5$

The calculated value of F_s is greater than 1.5, indicating that, under the working hypothesis, there is no risk of occurrence of suffusion.

Monitoring and assessment of internal erosion processes represent a fundamental component of engineering control for the reliability of hydraulic structures. Early detection of internal erosion contributes to failure-free operation of the structure and significantly reduces the risk of breaches through the body and unintended flooding of protected areas.

References

- Radev, N. (1981). Drainage Systems and River Regulation (in Bulgarian). Sofia: Technika.
- Terzaghi, K., Peck, R.B., Mesri, G. (1996). Soil Mechanics in Engineering Practice, 3rd ed. Wiley.
- U.S. Army Corps of Engineers (1993). Seepage Analysis and Control for Dams, Engineer Manual EM 1110-2-1901. U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC.



Анализ на водни количества при подприщване от ледови явления

Д. Илиев*

Департамент „Прогнози и информационно обслужване“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: *ледови явления, екологично състояние*

*email: diliev@meteo.bg

Въведение

Климатичните условия на България обуславят формирането на ледови образувания в реките през зимните месеци. Заледяването на реките започва с появата на тънък лед край бреговете и в участъците със сравнително малки скорости на водата (Alfredsen, 2017). Формирането на ледови образувания води до промяна в хидравличните характеристики на течението, нарушава се зависимостта между водното ниво и водното количество и се увеличава неопределеността на измерване.

Методология

В настоящото изследване е разгледан режимът на р. Искър при с. Бели Искър (ХМС 18650) в зимните месеци през последните 5 години. В разглеждания период през месеците януари и февруари регулярно се наблюдават ледови явления от различен характер по основното течение на реката – брегови лед, ледена каша и ледена покривка.

За да се проследи промяната на режима на речния отток в периодите с наличие на ледови образувания, е използвана оперативна хидрологична информация от измерванията в 08:00 часа, както и данни от автоматичната станция на ХМС 18650. По информация от измерванията е изготвена обобщена информация за наличието на ледови явления в района на станцията (табл. 1).

Таблица 1. Периоди с ледови явления при ХМС 18650

Периоди	I	II	III	XII	Общ брой дни
2021	-	15–18	-	-	4
2022	15–22	1–12	1–2	-	39
	24–31	16–18	11–14		
2023	-	7–19	-	-	13
2024	14–16	1–3	-	29–31	16
	23–26				
2025	1–9	12–28	1–2	-	40
	11–22				

Резултати и изводи

На фигури 1 и 2 е представена информация от автоматичната хидрометрична станция на р. Искър при с. Бели Искър за изменението на водните стоежи и водните количества за избрани периоди с регистрирани ледови явления.



Фигура 1. Данни от автоматичната станция на р. Искър при с. Бели Искър за периода 10.02.–26.02.2023 г.



Фигура 2. Данни от автоматичната станция на р. Искър при с. Бели Искър за периода 09.02.–20.02.2025 г.

От така представените графики не е възможно да се определи дали е нарушена естествената динамика на речния отток. Една от причините е, че датчикът регистрира водното ниво на реката, а водното количество се приема от предварително зададена ключова крива. Но в случаите на наблюдавани ледови явления се променят хидравличните характеристики на речното течение: колкото по-продължителен е периодът с наличие на ледови образувания, толкова по-сигурно е стесняването на сечението на реката, съответно се увеличава хидравличното съпротивление и намалява скоростта на течението.

Проследяването и анализът на данните от хидрометричните измервания в условията на ледови явления са необходимо условие за определяне на вероятността от подприщване на речното течение. Освен върху речния режим ледовите явления оказват съществено въздействие и върху екологичното състояние на реките, като ограничават газообмена, намаляват кислородния режим и пречат за миграцията на рибите.

Литература

Alfredsen, K. (2017). An assessment of ice effects on indices for hydrological alteration in flow regimes. *Water*, 9(12), 914.

Analysis of discharges during backwater effect caused by ice phenomena

D. Iliev*

Department of Forecast and information Service, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *Ice events, ecological state*

*email: denis.iliev@meteo.bg

Introduction

The climatic regime in Bulgaria facilitates a fluvial ice development during the winter season. This process initiates with thin ice formation near the banks and in areas with relatively low water velocities (Alfredsen, 2017). Such processes alter hydraulic characteristics, disrupting the relationship between water level and discharge, and increasing measurement uncertainty.

Methodology

This study explores the regime of the Iskar River near the village of Beli Iskar (HMS 18650) during the winter months over the last five years. In January and February of the investigated period, various types of ice phenomena were regularly observed along the main course of the river – shore ice, ice slush, and ice cover.

In order to track changes in river flow during periods of ice formation, operational hydrological information from measurements taken at 08:00 a.m. was used, as well as data from the automatic station at HMS 18650. Based on this information, a summary of the registered ice phenomena is presented in table 1.

Table 1. Periods with ice phenomena in HMS 18650

Periods	I	II	III	XII	Total number of days
2021	-	15–18	-	-	4
2022	15–22 24–31	1–12 14 16–18 28	1–2 11–14	-	39
2023	-	7–19	-	-	13
2024	14–16 23–26 28–29, 31	1–3	-	29–31	16
2025	1–9 11–22	12–28	1–2	-	40

Results and conclusions

On figures 1 and 2 is presented information from the automatic hydrological station (HMS18650) for the changes in the water levels and discharges during selected periods with registered ice phenomena.

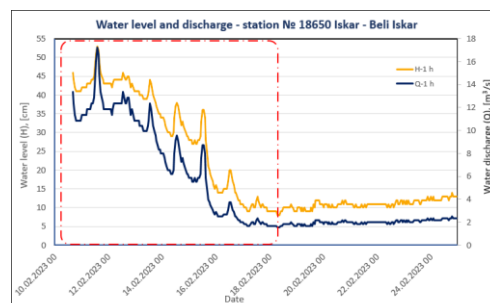


Figure 1. Data from automatic station (HMS 18650) for the period 10.02.–26.02.2023.

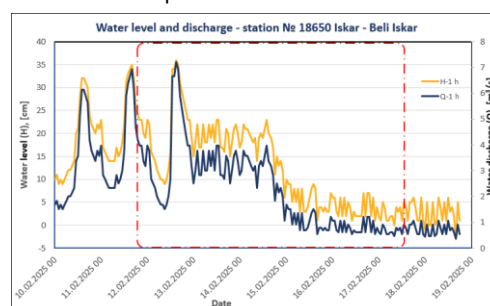


Figure 2. Data from automatic station (HMS 18650) for the period 09.02.–20.02.2025.

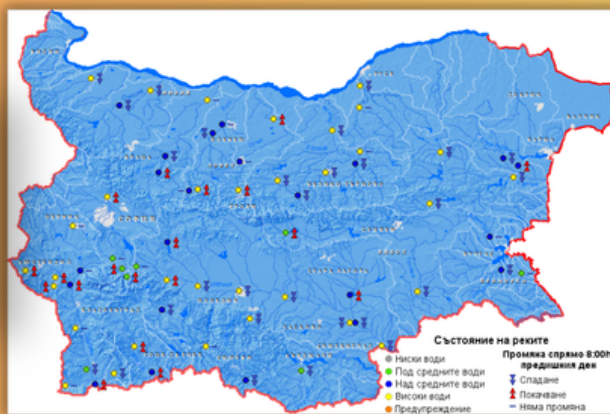
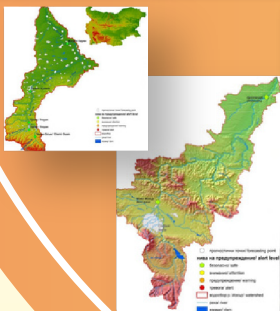
From the graphs presented, it is not possible to determine whether the natural dynamics of the river flow have been disrupted. One of the reasons is that the sensor records the water level of the river, and the water quantity is taken from a pre-set rating curve. However, in cases of observed ice phenomena, the hydraulic characteristics of the river flow change: the longer the period of ice formation, the more certain the narrowing of the river cross-section, which increases hydraulic resistance and reduces the flow velocity.

The monitoring and analysis of data from hydrometric measurements in conditions of ice phenomena are necessary for determining the probability of river flow obstruction. In addition to the river regime, ice phenomena also have a significant impact on the ecological status of rivers, limiting gas exchange, reducing oxygen levels, and hindering fish migration.

References

Alfredsen, K. (2017). An assessment of ice effects on indices for hydrological alteration in flow regimes. *Water*, 9(12), 914.

ПРОГНОЗА ЗА ВРЕМЕТО И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЗА ЕКСТРЕМНИ МЕТЕОРОЛОГИЧНИ ЯВЛЕНИЯ



WEATHER FORECASTING AND EXTREME WEATHER WARNINGS



70 години гражданска прогноза за времето в НИМХ

А. Стойчева*, К. Стоев, М. Славчев, Х. Христов, И. Господинов

Департамент „Прогнози и информационно обслужване“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: прогноза, метеорологично време, „пътна карта“

*email: anastassia.stoycheva@meteo.bg

Въведение

През 2026 г. се навършват 70 години от първата гражданска прогноза и 20 години от първата сезонна прогноза в НИМХ. Исторически прогнозата за времето е възникнала още от древността, но първите по-масови, забележими и близки до съвременните представи научни статии, третиращи например средносрочна прогноза за времето, датират от 50-те години на миналия век (Baur, 1951).

Научните разработки водят оперативната работа в метеорологичните служби по пътя на прилагане и представяне на постиженията на геофизичната хидродинамика на разбираем за обществото език и до днес, когато технологиите влизат в масова употреба и са на една ръка разстояние.

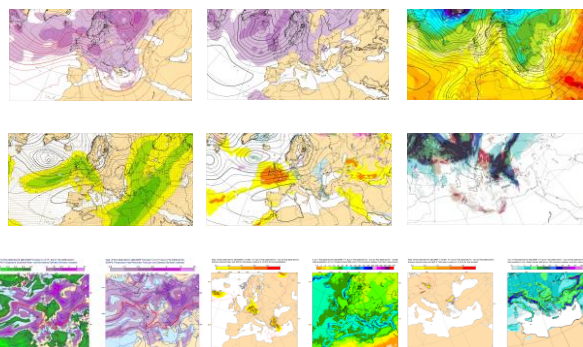
В НИМХ организирано и систематично издаване на прогноза за времето се поставя в началото на м. май 1956 г., когато екип от учени и експерти прилагат натрупания опит и издават първата гражданска прогноза (Андреев, 2008).

Методология

В зависимост от срока, за който се прогнозира, метеорологичните прогнози за времето в НИМХ се делят на 4 основни типа: краткосрочни – до 24–48 часа, средносрочни – за 7 дни, месечни (30 дни) и сезонни (3 месеца). Всяка една от тях се изготвя при следване на конкретни стъпки, преминаващи през анализ на състоянието на атмосферните процеси с помощта на приземни и дистанционни наблюдения, запознаване с резултатите от числени модели с различни характеристики относно бъдещото развитие на атмосферните процеси, обобщаване и оформяне на крайна прогноза във вид на текст, карти, диаграми и др.

Резултати и изводи

Кратка демонстрация на съвременното изграждане на прогноза с различен обхват показва, че прогностичната дейност остава една значима част от ангажиментите на НИМХ и носи висок потенциал за интензивно развитие. Умелото съчетание на оперативна и научна дейност показва, че прогностичната работа се изгражда върху три основни фундамента – сигурни наблюдения, актуални научни разработки и адекватна експертиза за създаване на краен продукт в полза на обществото и държавата.



Фигура 1. Част от „пътна карта“ на седмична прогноза за времето в НИМХ.

Демонстрираната „пътна карта“ (фиг. 1) за изготвяне на прогнозата за времето, която преминава през набор от дейности, осигуряващи сигурен и навременен краен продукт, максимално близък до развитието на атмосферните процеси над България за седмица напред, показва дългия път, извървян от 1956 г. до днес. Всеки тип прогноза има своя „пътна карта“, която в основата си следва научнообоснована методика, съобразена и със съвременните тенденции в прогнозирането. Броят на прогностичните числени материали, използвани като консултанти при изготвянето на оперативна прогноза, е представен в таблица 1.

Таблица 1. Брой информационни прогностични материали в помощ на изготвянето на прогнози за времето с различен обхват

Тип прогноза по времеви мащаб	Брой използвани прогностични материали (ECMWF/GFS-NOAA/ALADIN&AROME)
Краткосрочна – 24–48 ч	>450/~250/>500
Средносрочна – 7 дни	400–600/~300/~200
Месечна – 30 дни	140/110/-
Сезонна – 3 месеца	110/100/-

Литература

- Андреев, В. (2008). 120 години българска метеорологична и хидрометеорологична служба. Ч. I. Изд. Деметра ЕООД, ISBN 978-954-9526-53-0.
- Baur, F. (1951). Extended-range weather forecasting. In *Compendium of Meteorology: Prepared under the Direction of the Committee on the Compendium of Meteorology* (pp. 814–833). Boston, MA: American Meteorological Society.
- Palmer, T. N., Anderson, D. L. (1994). The prospects for seasonal forecasting – A review paper. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 120(518), 755–793.



Seven decades of civil weather forecasting at NIMH

A. Stoycheva*, K. Stoev, M. Slavchev, H. Hristov, I. Gospodinov

Department of Forecasts and Information Service, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *forecast, weather, Roadmap*

*email: anastassia.stoycheva@meteo.bg

Introduction

In 2026, it will be 70 years since the first civil forecast and 20 years since the first seasonal forecast at NIMH. Historically, weather forecasting has emerged since ancient times, but the first more widespread, noticeable and close to modern concepts scientific articles, treating, for example, medium-term weather forecasting, date back to the 1950s (Baur, 1951).

Scientific developments lead the operational work in meteorological services along the path of applying and presenting the achievements of geophysical hydrodynamics in a language understandable to society to this day, when technologies are on one hand distance.

In NIMH, organized and systematic issuance of weather forecasts was established at the beginning of May 1956, when a team of scientists and experts applied the experience and produce the first civil forecast (Andreev, 2008).

Methodology

Depending on the period for which the forecast is made, meteorological forecasts for the weather at NIMH are divided into 4 main types: short-term – up to 24–48 hours, medium-term – for 7 days, monthly (30 days) and seasonal (3 months). Each of them is prepared by following specific steps, going through an analysis of the state of atmospheric processes using ground and remote observations, the results of numerical models with different characteristics regarding the development of atmospheric processes, summarization and formation of a final forecast in the form of text, maps, diagrams, etc.

Results and conclusions

A brief demonstration of the modern construction of forecasts with different scope shows that forecasting activity remains a significant part of the commitments of the NIMH and carries a high potential for intensive development. The skillful combination of operational and scientific activity shows that forecasting work is built on three main foundations – reliable observations, current scientific developments and adequate expertise for creating a final product for the benefit of society and the state.

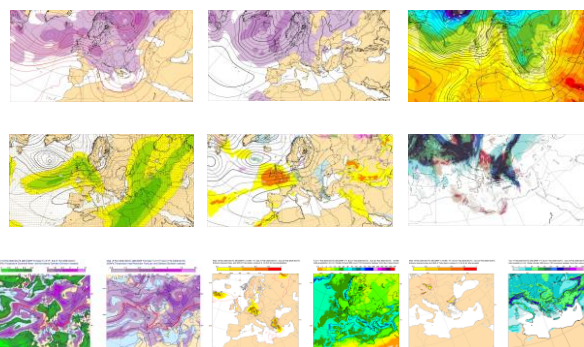


Figure 1. Part of the “Roadmap” of a weekly weather forecast at NIMH.

The demonstrated “Roadmap” (Fig. 1) for preparing a weather forecast, which goes through a set of activities ensuring a reliable and timely final product as close as possible to the development of atmospheric processes over Bulgaria for a week ahead, shows the long journey made from 1956 to the present day. Each type of forecast follows a specific “Roadmap” that integrates scientific methodologies with contemporary trends in forecasting. The number of prognostic numerical materials used as consultants in the preparation of an operational forecast is presented in Table 1.

Table 1. Number of information forecast materials to assist in the preparation of weather forecasts of different scopes

Forecast type by time scale	Number of forecast materials used (ECMWF/GFS-NOAA/ALADIN&AROME)
Short range – 24–48 h	>450/~250/>500
Medium range – 7 d	400–600/~300/~200
Monthly – 30 d	140/110/-
Seasonal – 3 months	110/100/-

References

- Andreev, V. (2008). 120 years of the Bulgarian Meteorological and Hydrometeorological Service. Part I. Demetra Publishing House Ltd., ISBN 978-954-9526-53-0.
- Baur, F. (1951). Extended-range weather forecasting. In *Compendium of Meteorology: Prepared under the Direction of the Committee on the Compendium of Meteorology* (pp. 814–833). Boston, MA: American Meteorological Society.
- Palmer, T. N., Anderson, D. L. (1994). The prospects for seasonal forecasting – A review paper. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 120(518), 755–793.

**„Бетина“ и ураганият вятър по Българското Черноморие**

В. Иванова*, В. Рафайлова, В. Георгиева

Сектор „Прогнози“, Национален институт по метеорология и хидрология – филиал Варна

Ключови думи: *средиземноморски циклон, концептуални модели, Shapiro-Keyser**email: Veneta.Ivanova@meteo.bg**Въведение**

В периода 25–26.XI.2023 г. южно от България през проливите към западната част на Черно море преминава дълбок циклон, зародил се в Средиземноморието. Циклонът носи името „Бетина“ и е с характеристики, според които може да бъде оприличен на средиземноморска извънтропична буря. Щетите, които той нанася по пътя на придвижването си, са огромни. По Българското Черноморие вятърът достига пориви 30–35 m/s. Такива стойности за района са екстремно високи и могат да се реализират един-два пъти на няколко десетилетия. В системата МЕТЕОАЛАРМ е издадено предупреждение от най-висока степен – червен код, за опасно време. В Североизточна България има обилни валежи.

В настоящото изследване са поставени две цели: (1) чрез прилагане на подходи и методи за изследване на физичните процеси в атмосферата да бъде направен анализ на бързото развитие и движение на циклона „Бетина“ и (2) да се установят причините за урагания вятър по Българското Черноморие на 26.XI.2023 г.

Методология

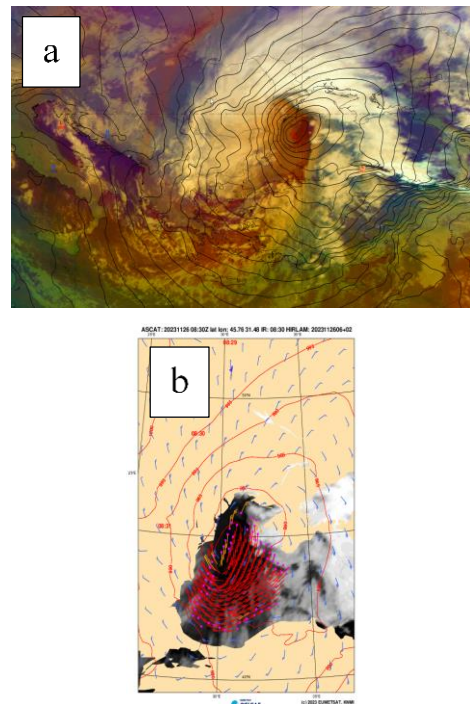
За постигане на поставените цели е използван реанализ на метеорологични полета на различни нива в атмосферата, информация от метеорологични спътници, данни от метеорологични станции на НИМХ, данни за реален вятър над Черно море от скатерометър, вертикални разрези. Физичните процеси около зараждането и еволюцията на циклона са изследвани с помощта на концептуални модели.

Резултати и изводи

Средиземноморският циклон „Бетина“ се заражда над Генуезкия залив на 25.XI.2023 г. в 00 UTC в силно бароклинна среда: от север над района се наблюдава силна адвекция на студен въздух, а температурата на морската вода в залива е висока (16–18 °C). Във високата тропосфера са налице фактори, които подсилват по-нататъшния цикло- и фронтогенез: силно струйно течение, силна дивергенция на въздушния поток и положителна адвекция на вихъра (PVA). На височина 500 hPa баричната долина, с която е свързан циклонът, се движи бързо на изток. В системата въздухът е топъл и влажен, а неустойчивостта – голяма. В 00 UTC на 26.XI приземният център на циклона достига Черноморието. Оста на баричната долина все още

е с много голям наклон, адвекцията на вихъра е положителната и много силна. В резултат циклонът продължава да се развива. Най-усложнена и с най-силен вятър в Източна България и по Черноморието е обстановката около 05:00 сутринта. Тогава „Бетина“ е над Западно Черно море, в непосредствена близост пред н. Калиакра. Налягането на приземния център се понижава до 973 hPa (фиг. 1a), по Северното Черноморие вятърът достига пориви 30–35 m/s.

Концептуалните модели за синоптичен анализ, използвани в работата, показва нехарактерни особености за класическия норвежки модел циклони (например топло ядро при достигане на зрял стадий). Бързото задълбаване в приземния слой в началната фаза загатва развитие на „Бетина“ от типа „Бърз циклогенез“ (Rapid Cyclogenesis), който от своя страна е характерен за голяма част от извънтропичните циклони, развиващи се по модела на Shapiro-Keyser. Установено бе, че този модел и характерните за него транспортни ленти (conveyor belt) обясняват най-логично урагания вятър, регистриран по Черноморието, и този над морето (фиг. 1b).



Фигура 1. Airmass RGB и приземен анализ в 06 UTC (a) и вятър от скатерометър в 08:30 UTC (b) – 26.XI.2023 г.

Cyclone Betina and the hurricane-force winds along the Bulgarian Black Sea coast

V. Ivanova*, V. Rafailova, V. Georgieva

Forecasts Sector, National Institute of Meteorology and Hydrology – Varna Branch

Keywords: *Mediterranean cyclone, conceptual models, Shapiro-Keyser*

*email: Veneta.Ivanova@meteo.bg

Introduction

On 25–26 of November 2023, a deep low that has been formed over the Mediterranean passes south of Bulgaria through the straits to the western part of the Black Sea. The cyclone was named Betina and has characteristics typical of a Mediterranean extratropical storm. The damages it causes along its path are devastating. Along the Bulgarian Black Sea coast, severe wind gusts of 30–35 m/s were reported. Such values are extremely high for the region and can occur once or twice in few decades. A warning of the highest level has been issued in the MeteoAlarm system – red code, for dangerous weather. Northeastern Bulgaria suffers heavy rainfall in addition.

This study has two objectives: (1) to analyze the rapid development and movement of the cyclone Betina by applying methods for studying physical processes in the atmosphere, and (2) to determine the causes of the hurricane-force winds along the Bulgarian Black Sea coast on November 26, 2023.

Methodology

To achieve our objectives, a reanalysis of meteorological fields at different levels in the atmosphere, satellites images and information, data from meteorological stations of the National Institute of Meteorology and Hydrology, scatterometer wind data over the Black Sea, and vertical cross sections were used. The physical processes in the initial stage and the evolution of the cyclone were investigated using conceptual models.

Results and conclusions

The Mediterranean cyclone Betina is originated over the Gulf of Genoa on 25.11.2023 at 00 UTC in a well pronounced baroclinic environment: strong cold-air advection from the north over the warm sea, the sea surface water temperature in the bay is high (16–18 °C). In the upper troposphere, there are key factors that enhance further cyclo- and fronto-genesis: powerful jet stream, diffluent air flow and positive vorticity advection (PVA). At 500 hPa, the upper trough associated with the cyclone is moving rapidly eastwards. The air in the system is warm, humid and unstable. At 00 UTC on November 26, the centre of the surface low reaches the Black Sea coast. The trough axis is still very steep, and the vorticity advection is positive and very strong. As a result, the low continues to deepen. The strongest winds with severe wind gusts are

reported in Eastern Bulgaria and along the Black Sea coast at around 5 a.m. At that time, Betina is over the Western Black Sea, close to Cape Kaliakra. The pressure at the centre of the low drops to 973 hPa (Fig. 1a), and the wind gusts exceeds 30–35 m/s along the Northern Black Sea coast.

The conceptual models for synoptic analysis used in the study reveal cyclone characteristics that are unusual for the classic Norwegian model (e.g. the warm core in the mature stage). The rapid deepening in the surface layers in the initial stage of Betina points to development of “Rapid Cyclogenesis” type, which in turn is characteristic of the most Shapiro-Keyser extratropical cyclones. It was found that this model and its conveyor belts most logically explain the hurricane-force winds recorded along the Black Sea coast and over the sea (Fig. 1b).

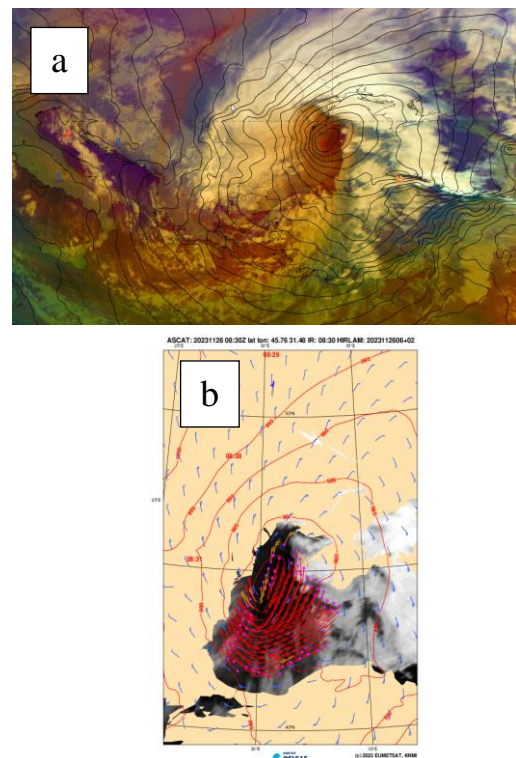


Figure 1. Air mass RGB and sea surface analysis at 06 UTC (a) and wind speed from scatterometer at 08:30 UTC (b) on November 26, 2023.

Мултимоделен подход за прогнозиране на конвективно време за нуждите на ДП „Ръководство на въздушното движение“

И. Манафов*, Р. Пенчев*

Държавно предприятие „Ръководство на въздушното движение“

Ключови думи: конвективни явления, прогнозиране, мултимоделен подход

*email: ilian.manafov@bulatsa.com, rosen.penchev@bulatsa.com

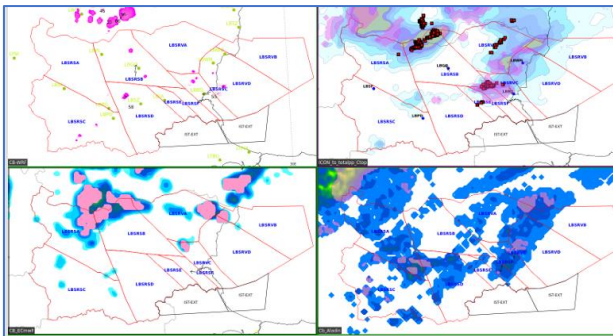
Въведение

Нарастващият въздушен трафик увеличава изискванията към прогнозите за конвективни явления. Настоящото изследване предлага мултимоделен подход за прогнозиране на опасни конвективни явления в оперативната практика на авиационните метеоролози в ДП РВД.

Методология

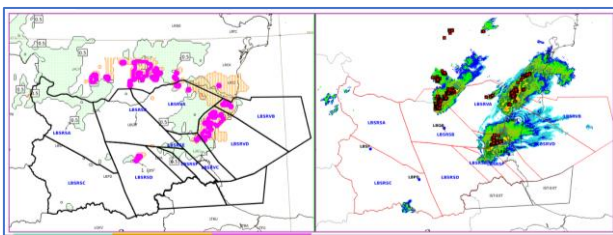
Разработени са два продукта на база моделите BULATSA-WRF, ICON-EU, ECMWF-IFS, ALADIN-NIMH. Първият определя местоположението (CB Cond), а вторият – вероятността за събития (4 СВ модел).

- 4 СВ модел: Всеки модел допринася с два параметъра, за които са определени емпирични прагови стойности. За всеки модел на база архивни ситуации е изчислен теглови коефициент. Сумата от коефициентите на моделите определя нивото на вероятност за дадено явление в конкретна зона.



Фигура 1. Продукт 4 СВ.

- CB Cond: Местоположението, обхватът на полигоните и тежестта на конвективните събития се определят чрез сечение на индекса на потенциал за мълнии (LPI) от модела ICON-EU и симулираната радарна отражаемост от BULATSA-WRF. Прогнозираните зони се визуализират в три цвята по степен на вероятност.



Фигура 2. CB-Conditions и верификация от радар и детектори на мълнии.

Резултати и изводи

Разработените продукти са оценени според представянето си в 29 конвективни ситуации от сезон 2025 г. Екип от трима авиометеоролози изчисли коефициентите на теглата на четирите модела в продукта 4 СВ. Макар и в процес на разработка, методът е използван успешно в оперативната практика за съставяне на две ежедневни прогнози за нуждите на планиране обслужването на въздушния трафик над България и Европа: Прогноза за опасни явления в контролираното въздушно пространство FIR-SIGWX; Прогноза за конвективни явления на територията на отговорност на ДП РВД – Cross Border Convective Forecast. CBCF е съвместна прогноза, която предоставя на мениджъра на мрежата (NM) в EUROCONTROL и на участващите въздушни навигационни услуги (ANSPs) информация за конвективното време в европейското въздушно пространство. Оценката на метода е извършена независимо от 10 оперативни авиометеоролози. Прогнозата за СВ-условията е оценена в три категории: 1. Добра прогноза; 2. Ползена, но недостатъчна прогноза; 3. Слаба прогноза.



Фигура 3. Оценка на полезността на прогнозата.

Мултимоделният подход дава добра възможност за оптимално използване на числените модели, с които авиометеоролозите в ДП РВД разполагат. При това той допринася за качеството и надеждността на прогнозите на конвективни явления.

Литература

- ECMWF (2023). Ensemble Prediction System (ENS): Model Uncertainty, Multi-model Approaches and Severe Weather Forecasting. ECMWF Technical Memorandum 907.
- European Severe Storms Laboratory (ESSL) (2021). ESSL Testbed: Methods for Convective Forecasting and Multi-Model Guidance. ESSL Research Report 2021-02.
- World Meteorological Organization (WMO) (2012). Guidelines on Ensemble Prediction Systems and Forecasting. WMO-No. 1091.

Multi-model approach for forecasting convective weather for the needs of air traffic management in BULATSA

I. Manafov*, R. Penchev*

Bulgarian Air Traffic Services Authority (BULATSA)

Keywords: *convective phenomena, forecasting, multi-model approach*

*email: ilian.manafov@bulatsa.com, rosen.penchev@bulatsa.com

Introduction

The increasing air traffic raises the requirements for forecasts of convective phenomena. The present study proposes a multi-model approach for forecasting hazardous convective events in the operational practice of aviation meteorologists at BULATSA.

Methodology

Two products have been developed based on the models BULATSA-WRF, ICON-EU, ECMWF-IFS, and ALADIN-NIMH. The first determines the location (CB Cond), and the second – the probability of events (4 CB models).

- 4 CB models: Each model contributes two parameters for which empirical threshold values have been defined. For each model, a weighting coefficient has been calculated based on archived situations. The sum of the model coefficients determines the probability level for a given phenomenon in a specific area.

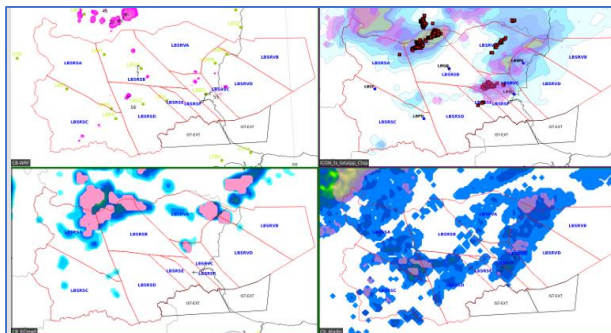


Figure 1. 4 CB Product.

- CB Cond: The location, polygon extent, and intensity of convective events are determined through the intersection of the Lightning Potential Index (LPI) from the ICON-EU model and the simulated radar reflectivity from BULATSA-WRF. The forecasted areas are visualized in three colors according to probability level.

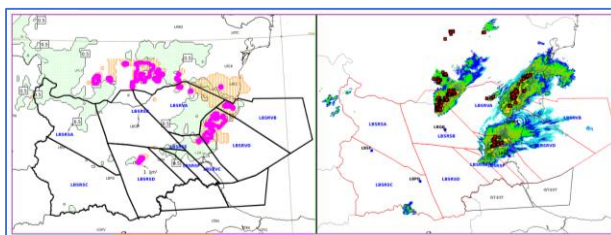


Figure 2. Cb-Conditions and verification from radar and lightning detectors.

Results and conclusions

The developed products are evaluated based on their performance in 29 convective situations from the 2025 season. A team of three forecasters calculated the weighting coefficients of the four models in the 4 CB product. Although still under development, the method is successfully used in operational practice to produce two daily forecasts: Forecast of hazardous phenomena in the controlled airspace FIR-SIGWX; Forecast of convective phenomena within the area of responsibility of BULATSA (Cross Border Convective Forecast). CBCF is a joint forecast that provides the Network Manager (NM) at EUROCONTROL and participating Air Navigation Service Providers (ANSPs) with information about convective weather in the European airspace. The method evaluation is carried out independently by 10 operational forecasters. The method is assessed in three categories: 1. Good forecast; 2. Useful but insufficient forecast; 3. Poor forecast.



Figure 3. Assessment of the forecast's usefulness.

The multi-model approach provides a good opportunity for optimal use of the numerical models available to aviation meteorologists at BULATSA. It also contributes to the quality and reliability of convective weather forecasts.

References

- ECMWF (2023). Ensemble Prediction System (ENS): Model Uncertainty, Multi-model Approaches and Severe Weather Forecasting. ECMWF Technical Memorandum 907.
- European Severe Storms Laboratory (ESSL) (2021). ESSL Testbed: Methods for Convective Forecasting and Multi-Model Guidance. ESSL Research Report 2021-02.
- World Meteorological Organization (WMO) (2012). Guidelines on Ensemble Prediction Systems and Forecasting. WMO-No. 1091.

**Анализ на синоптичната обстановка в периода 2–8 октомври 2025 г.**

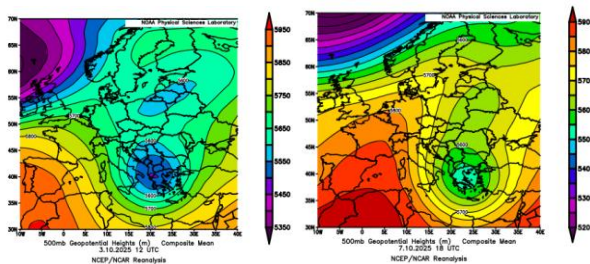
Р. Димитрова*, А. Стойчева, К. Стоев, А. Кирилова

Департамент „Прогнози и информационно обслужване“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: прогноза за времето, опасни явления, средиземноморски циклони, интензивни валежи

*email: ralena.ilieva@meteo.bg**Въведение**

През периода 2–3 и 6–8 октомври 2025 г. в България се създава валежна обстановка с повсеместни, на много места интензивни и значителни по количество валежи. Синоптичната обстановка е в резултат на преминаващи южно от страната серия средиземноморски циклони, добре развити във всички слоеве на атмосферата. На изобарна повърхнина 500 hPa баричното поле над Балканския полуостров е циклонално, от запад на изток преминават барични долини, в които се формират циклонални центрове (фиг. 1). В приземния слой България попада в градиентна зона между област на високо атмосферно налягане на север от Балканския полуостров и зоната на ниско налягане на юг. Формиралите се над Централното Средиземноморие циклонални вихри се преместват на изток-югоизток към южните райони на Балканския полуостров и се развиват над Северна Гърция и Егейско море. Впоследствие центрoвете им се изтеглят на изток към Мала Азия и проливите, а по-късно и на север към Черно море. Стационарането на циклоните и свързаните с тях фронтални системи над различни райони от Балканския полуостров, както и комбинацията между топъл и влажен въздух от Средиземно море и студена въздушна маса от север са причина за значителните валежи над южната половина от страната през първия период и над северната през втория.



Фигура 1. Средни стойности на геопотенциала на изобарна повърхнина 500 hPa на 3.10.2025 г. в 12 UTC (ляво) и на 7.10.2025 г. в 18 UTC (дясно).

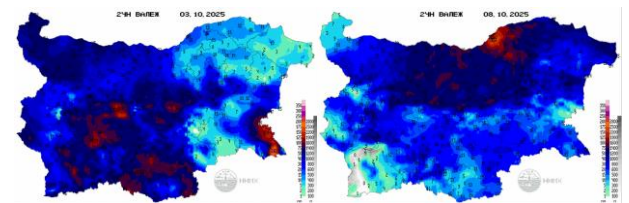
Методология

За анализа на синоптичните обстановки са използвани данни от атмосферни реанализи на National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). В изследването е приложен глобалният атмосферен реанализ NCEP/NCAR Reanalysis – продукт, разработен съвместно от Националния

център за прогноза на околната среда (NCEP) и Националния център за атмосферни изследвания (NCAR) на САЩ. Използвана е и архивна информация от НИМХ – синоптични карти и данни от измервателната мрежа.

Резултати и изводи

На фигура 2 е представено площното разпределение на 24-часовите валежи за част от двете обстановки по данни от станциите (синоптични, климатични и валежомерни) на НИМХ. В периода 2–3 октомври циклонът стационарира над Егейско море и в резултат на места в Западна и Централна България, както и по Южното Черноморие падат значителни по количество валежи. В периода 6–8 октомври 2025 г. циклонът стационарира над западната акватория на Черно море и създава валежна обстановка със значителни валежи в Централна Северна България. Вследствие на проливните валежи, изсечените гори и застрояването на дерета през първия период (2–3 октомври) в района на в.с. Елените е възникнало опустошително наводнение, при което четирима души загубват живота си. В периода 6–8 октомври 2025 г. заради падналите значителни валежи са регистрирани свличания на земни маси в с. Николово, обл. Русе, край река Сараджийска. Обявено е бедствено положение.



Фигура 2. Денонощна сума на валежите от 8 ч. на 2.10.2025 г. до 8 ч. на 3.10.2025 г. (ляво) и от 8 ч. на 7.10.2025 г. до 8 ч. на 8.10.2025 г. (дясно).

Литература

Месечен хидрометеорологичен бюлетин. Национален институт по метеорология и хидрология, октомври 2025 г., София, печатно издание: ISSN 1314-894X, онлайн издание: ISSN 2815-2743, <https://bulletins.cfd.meteo.bg/>
Kalnay et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437–470, 1996, <https://psl.noaa.gov>

Analysis of the synoptic situation in the period 2–8 October 2025

R. Dimitrova*, A. Stoycheva, K. Stoev, A. Kirilova

Department of Forecasts and Information Service, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *weather forecast, severe weather, Mediterranean cyclones, heavy rainfall*

*email: ralena.ilieva@meteo.bg

Introduction

During the period 2–3 and 6–8 October 2025, a precipitation episode developed over Bulgaria, characterized by widespread precipitation, in many places intense and with significant amounts. The synoptic situation was governed by a sequence of Mediterranean cyclones passing south of the country, well-developed across all atmospheric layers. At the 500 hPa isobaric surface, the pressure field over the Balkan Peninsula was cyclonic, with baric troughs moving from west to east. Within these troughs, cyclonic centers formed and intensified (Fig. 1). At the surface layer, Bulgaria was positioned within a pressure-gradient zone between a high-pressure system located north of the Balkan Peninsula and a low-pressure area to the south. The cyclonic vortices formed over the Central Mediterranean moved east-southeastward toward the southern sectors of the Balkan Peninsula, undergoing further development over Northern Greece and the Aegean Sea. Subsequently, their centers shifted eastward toward Asia Minor and the Turkish Straits, and later northward toward the Black Sea basin. The quasi-stationary behavior of the cyclones and their associated frontal systems over various parts of the Balkan Peninsula, combined with the interaction between warm, moisture-laden Mediterranean air and a colder air mass advected from the north, led to significant precipitation over the southern half of the country during the first period and over the northern half during the second.

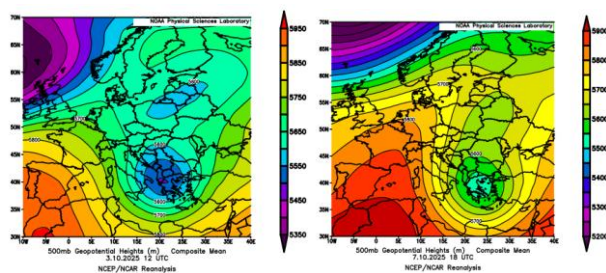


Figure 1. Mean geopotential height values at the 500 hPa isobaric surface on 3 October 2025 at 12 UTC (left) and on 7 October 2025 at 18 UTC (right).

Methodology

For the analysis of the synoptic situations, atmospheric reanalysis data from the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) were used. The study employed the global atmospheric reanalysis NCEP/NCAR Reanalysis, a product jointly developed by the National Centers for Environmental Prediction

(NCEP) and the National Center for Atmospheric Research (NCAR) of the USA. Archival information from the National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH), including synoptic charts and data from the observational network, was also used.

Results and conclusions

Figure 2 presents the spatial distribution of the 24-hour precipitation totals for parts of the two episodes, based on data from the synoptic, climatological, and rain-gauge stations of the NIMH. During the period 2–3 October 2025, the cyclone remained quasi-stationary over the Aegean Sea, resulting in locally significant precipitation amounts in Western and Central Bulgaria, as well as along the southern Black Sea coast. During the period 6–8 October 2025, the cyclone remained quasi-stationary over the western Black Sea basin, generating a precipitation episode with substantial rainfall amounts in Central North Bulgaria. As a consequence of the torrential rainfall, compounded by deforestation and construction within river channels, a devastating flood occurred during the first period (2–3 October) in the area of the Elenite holiday village, where four people lost their lives. During 6–8 October 2025, the substantial precipitation triggered landslides in the village of Nikolovo, Rousse District, near the Saradjiyska River, and a state of emergency was declared.

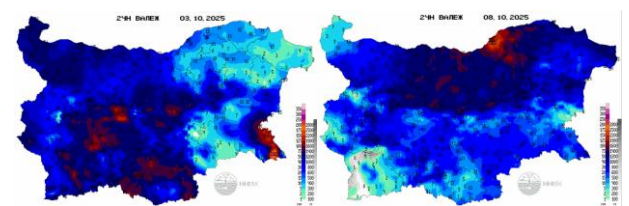


Figure 2. 24-hour precipitation totals from 08:00 on 2 October to 08:00 on 3 October 2025 (left) and from 08:00 on 7 October to 08:00 on 8 October 2025 (right).

References

- Kalnay et al. (1996). The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437–470, 1996, <https://psl.noaa.gov>
- Monthly hydrometeorological bulletin. National Institute of Meteorology and Hydrology of Bulgaria, October 2025, Sofia, ISSN 1314-894X (print), ISSN 2815-2743 (online), <https://bulletins.cfd.meteo.bg/>



Засичане на гръмотевични бури на летище София посредством модел за машинно обучение Random Forest

Д. Бончев^{1*}, Г. Герова¹, Н. Пенев²

¹Физически факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“

²ДП „Ръководство на въздушното движение“

Ключови думи: *гръмотевични бури, индекси на неустойчивост, Random Forest, ERA5, METAR*

*email dibonchev@gmail.com

Въведение

Гръмотевичните бури остават сред най-трудните за диагностициране и прогнозиране метеорологични явления поради малкия си пространствен мащаб и краткия си живот. Традиционните числени модели за прогноза на времето често не успяват да прогнозират началото и развитието на конвективните бури. Методите на машинното обучение (ML), особено ансамблови алгоритми като Random Forest (RF) (Breiman, 2001), показват висока ефективност при класифициране на опасни метеорологични явления.

Настоящото изследване разглежда приложимостта на RF класификатор за диагностика на гръмотевични бури на летище София чрез използване на приземни наблюдения (METAR) и конвективни индекси на неустойчивост, изчислени от реанализа ERA5 (Hersbach et al., 2020).

Методология

Използвани са приземни метеорологични наблюдения от METAR и вертикални профили от ERA5 за летище София за месеците с опасност от бури (април–септември) през периода 2014–2024 г. Наличието на гръмотевична буря е представено като бинарна променлива чрез кодовете за текущо време от METAR наблюденията. От профилите на ERA5 са изчислени седем индекса на неустойчивост: K Index (KI), Total Totals (TT), Lifted Index (LI), MUCAPE, MUCIN, SWEAT, CAPE–shear и 0–6 km bulk shear.

Проведени са три експеримента с RF:

- Test 1 – само приземни наблюдения;
- Test 2 – само индекси на неустойчивост;
- Test 3 – комбинация от приземни наблюдения и индекси на неустойчивост.

Оценката на модела е извършена чрез Probability of Detection (POD), False Alarm Ratio (FAR), Critical Success Index (CSI) и True Skill Statistic (TSS).

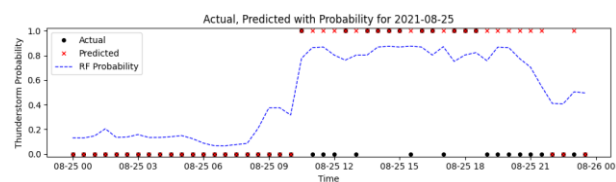
Резултати и изводи

Анализът на изчислените индекси на неустойчивост за летище София показва ясно изразен сезонен ход с максимум на неустойчивостта през юни–юли. Сред всички индекси K Index осигурява най-добро разграничаване между случаите със и без гръмотевични бури през целия разглеждан период.

RF моделът, обучен само с приземни наблюдения, показва по-ниска ефективност (POD = 0.65, TSS = 0.44). Обучението с индекси на неустойчивост значително подобрява резултатите (POD = 0.84, TSS = 0.62). Най-добри резултати се получават при комбиниране на приземни наблюдения и индекси на неустойчивост.

Анализът на важността на променливите показва, че термодинамичната неустойчивост и приземната влажност са най-влиятелните предиктори. K Index и TT заемат най-висок ранг сред индексите.

Въпреки че моделът успешно идентифицира благоприятни конвективни условия, той има тенденция да надценява продължителността на бурите и да генерира фалшиви аларми при силно неустойчиви, но неконвективни условия.



Фигура 1. Резултати от Random Forest модела (прогноза – червен кръст, реално наблюдение – черна точка) от Test 3 с времева резолюция 30 минути. Показана е и вероятността за гръмотевични бури (прекъснатата линия), оценена от модела. Резултати за 25 август 2021 г.

Резултатите показват, че ML подходи могат ефективно да диагностицират появата на гръмотевични бури на локално ниво, когато се използват физически обосновани предиктори. Въпреки това използването единствено на параметри на атмосферата не е достатъчно за точно улавяне на времето на начало и край на бурите. Бъдещи подобрения могат да включват радарни и сателитни данни, както и дълбоки невронни мрежи, подходящи за обработка на пространствено-времева структура.

Литература

- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45, 5–32.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D., et al. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146, 1999–2049.



Thunderstorm detection at Sofia Airport with a Random Forest machine learning model

D. Bonchev^{1*}, G. Guerova¹, N. Penov²

¹Faculty of Physics, Sofia University “St. Kliment Ohridski”

²Bulgarian Air Traffic Services Authority

Keywords: *thunderstorms, instability indices, Random Forest, ERA5, METAR*

*email: dibonchev@uni-sofia.bg

Introduction

Thunderstorms remain among the most difficult weather phenomena to diagnose and forecast due to their small spatial scale and short life cycle. Thunderstorms are among the most challenging weather phenomena to diagnose and forecast due to their small spatial scale and short life cycle. Traditional numerical weather prediction models often fail to resolve convective initiation and storm evolution. Machine learning (ML) methods, particularly ensemble-based algorithms such as Random Forest (RF) (Breiman, 2001), have demonstrated strong skill in classifying hazardous weather events.

This study investigates the applicability of an RF classifier for diagnosing thunderstorm occurrence at Sofia Airport using surface observations (METAR) and convective instability indices derived from the ERA5 reanalysis (Hersbach et al., 2020).

Methodology

Surface meteorological observations from METAR reports and ERA5 vertical profiles were used for the storm months (April–September) in the period 2014–2024. Thunderstorm occurrence was defined as a binary variable based on present-weather codes from METAR observations. Seven instability indices were computed from ERA5 profiles, including K Index (KI), Total Totals (TT), Lifted Index (LI), MUCAPE, MUCIN, SWEAT, CAPE–shear, and 0–6 km bulk shear.

Three RF experiments were conducted:

- Test 1 – Using surface observations only;
- Test 2 – Using instability indices only;
- Test 3 – Using a combination of surface observations and instability indices.

Model performance was evaluated using Probability of Detection (POD), False Alarm Ratio (FAR), Critical Success Index (CSI), and True Skill Statistic (TSS).

Results and conclusions

Analysis of the computed instability indices for Sofia Airport shows a clear seasonal signal with maximum instability in June–July. Among all indices, the K Index provides the best discrimination between thunderstorm and non-thunderstorm cases throughout the storm period.

The RF model trained solely on surface observations shows lower skill (POD = 0.65, TSS = 0.44). Training with instability indices significantly improves performance (POD = 0.84, TSS = 0.62). The best results are obtained

when combining surface observations and instability indices.

Feature importance analysis indicates that thermodynamic instability and low-level humidity are the most influential predictors. The K Index and TT rank highest among the instability parameters.

Although the model successfully identifies favourable convective environments, it tends to overestimate storm duration and produces false alarms in strongly unstable but non-convective conditions.

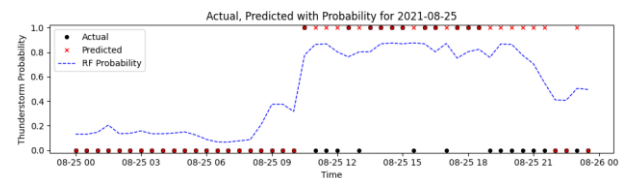


Figure 1. Results from the Random Forest model (model prediction with red cross and actual observation with black dot) from Test 3 with higher temporal resolution of 30 minutes. The figure also includes the probability of thunderstorms (dashed line), estimated by the model. Results from August 25, 2021.

The results show that data-driven ML approaches can effectively diagnose thunderstorm occurrence at a local level when physically meaningful predictors are used. However, using atmospheric parameters alone is not sufficient to accurately capture the timing of storm onset and termination. Future improvements could include radar and satellite data, as well as deep neural networks suitable for processing spatiotemporal structure.

References

- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45, 5–32.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D., et al. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146, 1999–2049.

**Влиянието на метеорологичните елементи и явления върху пожарите**

В. Каишев*, Д. Делчев

24-та авиационна база – Крумово, секция „Метеорологично осигуряване“

Ключови думи: *пожари, високи температури, засушаване**email: vmkaishev@gmail.com**Въведение**

Пожарът е горене, разпространяващо се без контрол във времето и пространството, характеризира се с отделяне на топлина, придружено с дим или пламъци, или и двете.

Понятието „пожарно време“ (на англ. fire weather) се отнася до специфичните метеорологични условия, които влияят върху възникването, разпространението и интензивността на пожарите. Това е специализирана област в метеорологията, която е от критично значение за управлението на пожари и системите за ранно предупреждение.

Ключови метеорологични фактори на пожарното време са: високи температури, ниска относителна влажност (под 30%) и продължителни периоди без валежи (продължително засушаване).

Методология

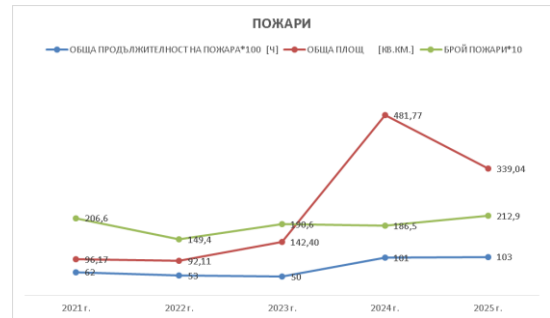
Направен е анализ на пожарите в Южна България, с изключение на тези в урбанизираните райони, за да се елиминира човешкият фактор. Използвани са данни от архива на Главна дирекция „Пожарна безопасност и защита на населението“ (ГД ПБЗН) за месеците юли, август и септември през периода 2021–2025 г. За оценката на влиянието на метеорологичните елементи и явления върху пожарите са използвани материали от Месечния хидрометеорологичен бюлетин на НИМХ (<https://bulletins.cfd.meteo.bg/>) за разглеждания период.

Резултати и изводи

Регистрираните горски и полски пожари на територията на Южна България за периода на анализ показват рязко увеличение на засегнатите площи и на продължителността на горене през 2024 и 2025 г. (фиг. 1).

За 2024 г. най-продължителният пожар е бил на българо-гръцката граница, в района на с. Голешово, обл. Благоевград – 27 дни. В гасенето му се включват и хеликоптери от 24-та авиационна база – Крумово.

За 2025 г. най-продължителният пожар е бил в района на с. Илинденци, обл. Благоевград – 26 дни. В гасенето му отново се включват хеликоптери от авиобазата.



Фигура 1. Пожари през периода 2021–2025 г.

Разгледани са отклонението от нормата на средната месечна температура на въздуха (°C) и процентът от месечната норма на валежа (%) като относителни параметри, определящи продължителни периоди на високи температури и на засушаване. Те са представени на фигура 2.



Фигура 2. Средни стойности на отклонението от нормата на средномесечната температура на въздуха (°C) и процент от месечната норма на валежа (%)

Изводът, който можем да направим, е, че при комбинираното и продължително действие на тези два параметъра може да се очаква пожарите да са продължителни и да засегнат значителни по размер площи.

Благодарности: Авторите благодарят на ГД „Пожарна безопасност и защита на населението“ за предоставените данни.

Литература

Месечен хидрометеорологичен бюлетин на НИМХ: <https://bulletins.cfd.meteo.bg/>



The influence of meteorological elements and phenomena on fires

V. Kaishev*, D. Delchev

24th Air Base – Krumovo, Section “Meteorological Support”

Keywords: *fires, high temperatures, drought**email: vmkaishev@gmail.com

Introduction

Fire is combustion that spreads uncontrollably over time and space, characterized by the release of heat, accompanied by smoke or flames, or both.

The term “fire weather” refers to the specific meteorological conditions that influence the ignition, spread, and intensity of fires. It is a specialized field within meteorology that is critically important for fire management and early warning systems.

Key meteorological factors associated with fire weather include high temperatures, low relative humidity (typically below 30%), and prolonged periods without precipitation (extended drought).

Methodology

An analysis of fires across Southern Bulgaria was conducted, excluding those in urbanized areas in order to eliminate the human factor. The data used were taken from the archive of the General Directorate “Fire Safety and Civil Protection” (GD FSCP) for the months of July, August, and September for the period from 2021 to 2025 inclusive. To assess the influence of meteorological elements and phenomena on fires, materials published in the Monthly hydrometeorological bulletin of the National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH) were used (<https://bulletins.cfd.meteo.bg/>) for the same period.

Results and conclusions

The registered forest and field fires across the territory of Southern Bulgaria during the analyzed period show a sharp increase in both the affected areas and fire duration in 2024 and 2025 (Fig. 1).

For 2024, the longest-lasting fire occurred along the Bulgarian-Greek border in the area of the village of Goleshevo, Blagoevgrad Province – 27 days. Firefighting efforts involved helicopters from the 24th Krumovo Air Base as well as foreign aerial firefighting assets.

For 2025, the longest-lasting fire occurred in the area of the village of Ilindentsi, Blagoevgrad Province – 26 days. Helicopters from the 24th Krumovo Air Base were again involved in extinguishing the fire.

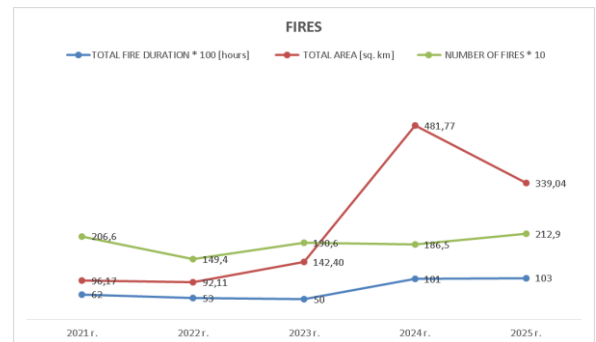


Figure 1. Fires during the period 2021–2025.

The deviations from the norm of the average monthly air temperature (°C) and the percentage of the monthly precipitation norm (%) were analyzed as relative parameters determining prolonged periods of high temperatures and drought. These results are presented in Figure 2.

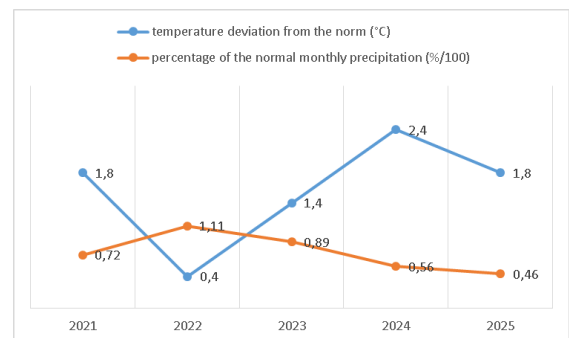


Figure 2. Average values of deviations from the norm of the average monthly air temperature (°C) and the percentage of the monthly precipitation norm (%).

The conclusion that can be drawn is that under the combined and prolonged influence of these two parameters, fires can be expected to be long-lasting and to affect large areas.

Acknowledgements: The authors would like to thank the General Directorate “Fire Safety and Civil Protection” for providing the data.

References

Monthly Hydrometeorological Bulletin of the National Institute of Meteorology and Hydrology: <https://bulletins.cfd.meteo.bg/>

Прогноза за времето и метеорологично осигуряване на вертолетите при гасене на пожари

Д. Делчев*, В. Каишев

24-та авиационна база – Крумово, секция „Метеорологично осигуряване“

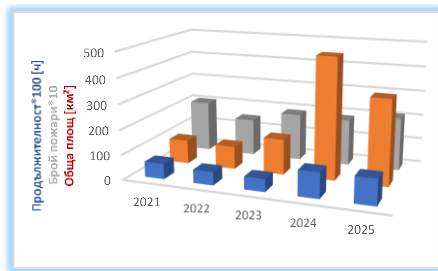
Ключови думи: прогноза, вертолет, пожарогасене, безопасност

*email: d.delchev69@abv.bg

Въведение

Продължителните приземни антициклони са характерни синоптични обстановки през летните месеци. Такъв тип местно време се образува като резултат от откъсване на ядра от Азорския антициклон. Образувалата се област на високо атмосферно налягане и навлизането на сух и горещ въздух са основната причина за установяване на ясно, горещо и безвалежно време, в резултат на което летните валежи достигат своите минимума.

Продължителните периоди с екстремно високи температури и значително засушаване (влажност < 20%) изключително увеличават риска от възникване на интензивни, продължителни и бързо разпространяващи се пожари, заемащи площи от десетки до стотици квадратни километра.



Фигура 1. Пожари през периода 2021–2025 г.

Анализът на данните от архива на ГД „Пожарна безопасност и защита на населението“ и 24-та авиобаза за петгодишен период – месеците юли, август и септември от 2021 до 2025 г., разкрива ясна тенденция за увеличаване на броя, заеманата площ и времетраенето на пожарите в Южна България.

Методология

За изготвяне на прогноза за вероятността за възникване на пожари, видове и райониране се използва оперативната система за анализ на текущите условия на пожароопасност на територията на страната от НИМХ и европейската система EFFIS. Изработва се средносрочна авиационна прогноза на времето на базата на GFS, ECMWF, ICON-EU и ALADIN модели.

Прогноза за времето

В началото на всяка седмица се изготвя средносрочна прогноза за вероятността за възникване на пожари, видове и райони. Ежедневно от 5:00 до 7:00 се създава 24- до 48-часова прогноза за времето за районите на пожарите и маршрутите до

тях. При възникване на необходимост за включване на вертолетите за гасене на пожар в определен район (с GPS координати) се анализират географското местоположение, надморската височина, наклонът на терена, фактическото време от най-близките синоптични и климатични станции, спътникова и радарна информация, уеб камери.

Изготвя се свръхкраткосрочна авиационна прогноза за времето през светлата част на деня за районите на пожара и водовзимане от най-близкия водоем, маршрута до тях, която се актуализира ежечасно. Тя включва всички значими за времето метеорологични елементи и опасни метеорологични явления (ОМЯ).

Метеорологично осигуряване за маршрутите и районите на пожарите

През срока на пожарогасенето се събира информация от сателитните снимки, радарите на ДП РВД и ИА „Борба с градушките“ за наличие на активни купесто-дъждовни облаци, синоптичните и климатични станции на НИМХ, автоматичните метеорологични станции на гражданските и военните летища и уеб камерите. При възникване на ОМЯ в районите за гасене на пожара, маршрутите до водоемите или площадките за зареждане с гориво се информират екипажът и наземният координатор. При приключване на задачите пилотите получават актуална прогноза за времето по маршрута до авиобазата.

Опасни метеорологични явления

Безопасността на полетите с вертолетите в района на пожара зависи изключително много от температурата – силна термична конвекция, влажността на въздуха, посоката и скоростта на вятъра – интензивна турбуленция и срез на вятъра, наелектризация, силната запрашеност, намалената видимост и развитието на мощна купесто-дъждовна облачност – пирокумуляси. Прогнозирането на ОМЯ в районите на пожарите е най-голямото предизвикателство за нас.

Благодарности: Анализът е направен с предоставени данни от ГД „Пожарна безопасност и защита на населението“.

Литература

Шептоев, И., Беновски, Ц. (1992). Авиационна метеорология. София: Военно издателство.



Weather forecast and meteorological support for helicopters aerial firefighting operations

D. Delchev*, V. Kaishev

24TH Airbase – Krumovo, Meteorological Support Section

Keywords: *forecast, helicopter, firefighting, safety*

*email: d.delchev69@abv.bg

Introduction

Persistent surface anticyclones are characteristic synoptic patterns during the summer months. Such type of local weather is formed as a result of the detachment of cores from the Azores Anticyclone. The resulting high-pressure area and the influx of dry, hot air from the southwest are the primary reasons for the establishment of clear, hot, and dry weather, causing summer precipitation to reach its minimum.

Prolonged periods of extremely high temperatures and significant drought (humidity < 20%) drastically increase the risk of intense, long-lasting, and rapidly spreading wildfires, covering areas from tens to hundreds of square kilometers.

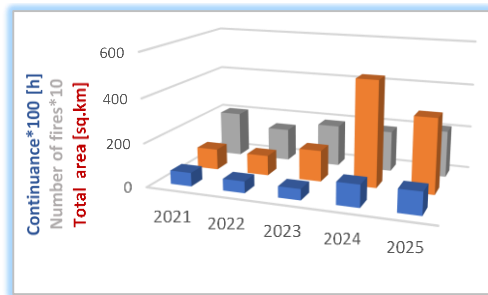


Figure 1. Fires in the period 2021–2025.

The data analysis of both the archives of the Chief Directorate Fire Safety and Civil Protection (CDFSCP) and 24th Airbase for a five-year period (2021–2025) for months July, August, and September reveals a clear tendency in growing number, area, and duration of fires in Southern Bulgaria.

Methodology

The operational systems for analyzing current fire danger conditions of the National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH) and the European Forest Fire Information System (EFFIS) are used to forecast fire danger occurrence, types, and zoning within the country's territory. A medium-range aviation weather forecast is prepared based on the GFS, ECMWF, ICON-EU, and ALADIN models.

Weather forecast

At the beginning of each week a medium-range forecast is prepared for fire danger occurrence, types, and zoning. A separate 24-to-48-hour weather forecast is prepared daily between 5:00 am and 7:00 am particularly for active fire zones and the flight routes. When the GDFSCP issues a request for fire-fighting helicopters deployment in a specific area (using GPS coordinates),

geographical location, altitude, terrain slope, and current weather conditions of the nearest synoptic and climatic stations, along with satellite imagery, radar and webcam data are being analyzed.

A nowcasting is prepared and hourly updated for daylight hours, covering the fire areas and water intake from the nearest, reservoir and the flight routes to them. It includes all significant meteorological elements and hazards.

Fire zones and flight routes meteorological support

Throughout the firefighting operation, data is continuously gathered from satellite imagery, NIMH synoptic and climatic stations, automatic weather stations at both civil and military airfields, various webcams, and BULATSA (Bulgarian Air Traffic Services Authority) and the Hail Suppression Agency radars to monitor active cumulonimbus clouds. If hazards occur within firefighting areas, flight routes to water sources or refuelling points, both the flight crew and the ground coordinator are immediately notified. Once firefighting tasks executed, the pilots receive an updated weather forecast for the flight route to the air base.

Hazardous meteorological phenomena

Helicopter flight safety in fire zones is heavily dependent on temperature – strong thermal convection, air humidity, wind speed and direction – intense turbulence and wind shear, atmospheric electrification, heavy dust, reduced visibility, and the development of massive cumulonimbus – pyrocumulus. Forecasting hazardous weather phenomena within fire zones remains our greatest challenge.

Acknowledgements: This analysis was performed using data provided by the General Directorate Fire Safety and Civil Protection.

References

Sheptoev, I., Benovski, Ts. (1992). Aviation Meteorology. Sofia: Military Publishing House. (In Bulgarian)



Модел за машинно обучение за краткосрочна прогноза на времето

М. Първанов*

Департамент „Прогнози и информационно обслужване“, Национален институт по метеорология и хидрология
Ключови думи: метеорологичен модел, температура на въздуха, краткосрочна прогноза, Random Forest

*email: mihail.parvanov@meteo.bg

Въведение

Температурата на въздуха е ключов метеорологичен параметър с широко практическо значение. Традиционно прогнозите се изготвят чрез числени модели за прогнозиране на времето (NWP), които решават системи от частни диференциални уравнения, описващи динамиката на атмосферата. Тези подходи са точни, но изискват сериозен изчислителен ресурс и време.

Машинното обучение (ML) предлага алтернативен подход, базиран на извличане на закономерности от исторически наблюдения, без директно решаване на физически уравнения. Настоящото изследване представя регресионен модел Random Forest за краткосрочна прогноза на температура с хоризонт до 72 часа.

Методология

Използван е ансамбловият алгоритъм Random Forest, който комбинира множество подалгоритми с цел повишаване на стабилността и точността на прогнозите. Моделът е обучен върху многогодишни данни от локални метеорологични станции с времева резолюция от 3 часа.

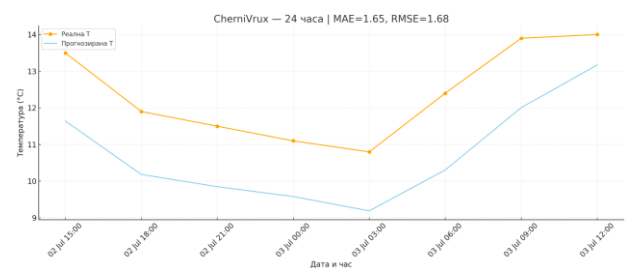
Наборът от входни променливи включва температура, относителна влажност, атмосферно налягане, скорост на вятъра, валеж, облачност, както и географски характеристики (ширина, дължина и надморска височина). За улавяне на времевите зависимости са въведени лагови признаци и сезонни синусоидални компоненти.

Данните преминават през предварителна обработка, включваща почистване на липсващи стойности, нормализация и времево разделяне на тренировъчен и тестов набор. Моделът е обучен с 400 компонента на ансамбловия алгоритъм и максимална дълбочина 20. Оценката на качеството е извършена чрез метриците MAE и RMSE.

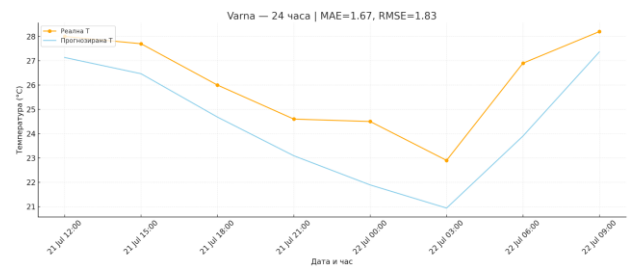
Резултати и изводи

Получените резултати показват висока точност на прогнозите за първите 24 часа, като средната абсолютна грешка за повечето станции е под 2 °C (фиг. 1). Най-добро представяне се наблюдава при морски и планински станции, където температурните колебания са по-плавни (фиг. 2 и фиг. 3). След 48 часа се отчита очаквано нарастване на грешките, особено във вътрешността на страната.

Изследването показва, че моделите на машинно обучение могат успешно да допълват съществуващите числени прогностични системи, предоставяйки бързи и надеждни краткосрочни прогнози при значително по-ниски изчислителни разходи. Подходът има потенциал за интеграция в оперативни системи на НИМХ и за развитие на хибридни модели, комбиниращи ML и NWP.



Фигура 1. Черни връх – 24 часа.



Фигура 2. Варна – 24 часа.



Фигура 3. Връх Ботев – 72 часа

Литература

- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32.
- Rasp, S., Dueben, P. D., Scher, S., Weyn, J. A., Mouatadid, S., Thuerey, N. (2020). WeatherBench: A benchmark dataset for data-driven weather forecasting. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 12(11).
- Wilks, D. S. (2011). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. Academic Press.



Machine learning model for short-term weather forecasting

M. Parvanov*

Department of Forecasts and Information Service, National Institute of Meteorology and Hydrology

Ключови думи: *meteorological model, air temperature, short-term forecast, Random Forest*

*email: mihail.parvanov@meteo.bg

Introduction

Air temperature is a key meteorological parameter with wide practical importance. Traditionally, weather forecasts are produced using numerical weather prediction (NWP) models, which solve systems of partial differential equations describing atmospheric dynamics. These approaches provide high accuracy but require significant computational resources and processing time.

Machine learning (ML) offers an alternative approach based on extracting patterns from historical observations without explicitly solving physical equations. This study presents a Random Forest regression model for short-term air temperature forecasting with a prediction horizon of up to 72 hours.

Methodology

The ensemble Random Forest algorithm is applied, combining multiple decision trees to improve the stability and accuracy of forecasts. The model is trained on multi-year data from local meteorological stations with a temporal resolution of 3 hours.

The input variables include air temperature, relative humidity, atmospheric pressure, wind speed, precipitation, cloud cover, as well as geographical characteristics (latitude, longitude, and altitude). To capture temporal dependencies, lagged features and seasonal sinusoidal components are introduced.

The data undergo pre-processing, including handling missing values, normalization, and temporal splitting into training and test datasets. The model was trained with 400 components of the ensemble algorithm and a maximum depth of 20. Model performance is evaluated using the MAE and RMSE metrics.

Results and conclusions

The results demonstrate high forecast accuracy for the first 24 hours, with the mean absolute error below 2 °C for most stations (Fig. 1). The best performance is observed at coastal and mountainous stations, where temperature variations are smoother (Fig. 2 and Fig. 3). After 48 hours, an expected increase in forecast errors is observed, particularly in inland regions.

The study shows that machine learning models can successfully complement existing numerical weather prediction systems by providing fast and reliable short-term forecasts with significantly lower computational costs. The proposed approach has potential for integration into operational systems at NIMH and for

the development of hybrid models combining ML and NWP.

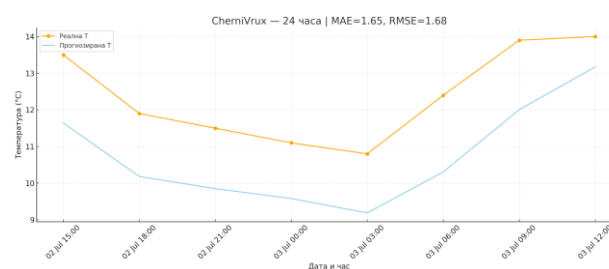


Figure 1. Cherni Vrah – 24 hours.

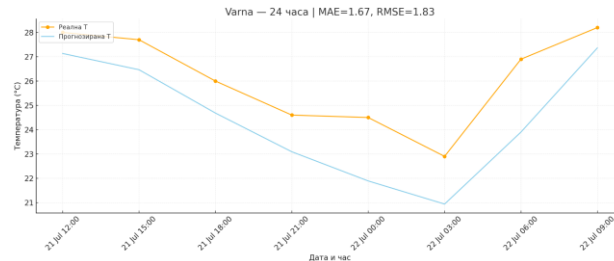


Figure 2. Varna – 24 hours.

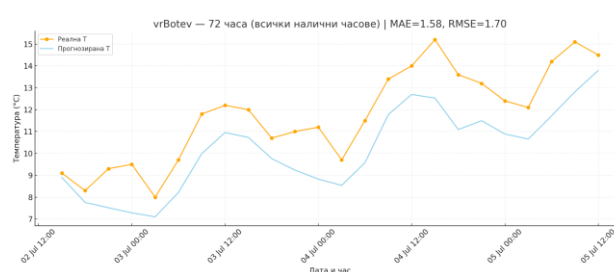


Figure 3. Vrah Botev – 72 hours.

References

- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32.
- Rasp, S., Dueben, P. D., Scher, S., Weyn, J. A., Moutatid, S., Thuerey, N. (2020). WeatherBench: A benchmark dataset for data-driven weather forecasting. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 12(11).
- Wilks, D. S. (2011). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. Academic Press.



Числената прогноза на времето в НИМХ

Б. Ценова*, М. Цанков, К. Младенов, М. Динев, М. Първанов, Х. Наджи

Департамент „Прогнози и информационно обслужване“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: числена прогноза на времето, верификация

*email: boryana.tsenova@meteo.bg

Въведение

България чрез НИМХ е член на консорциума ACCORD (A Consortium for CONvection-scale modelling Research and Development) от създаването му на 01.01.2021 г., когато ALADIN, HIRLAM и LACE се сляха (<https://www.accord-nwp.org>). ACCORD свързва 26 национални метеорологични служби, които обединяват научноизследователските си усилия за развиването на регионалната числена прогноза на времето. Три са основните канонични конфигурации (числени модели), които се развиват в рамките на консорциума – AROME, HARMONIE-AROME и ALARO. В настоящата работа са представени оперативните числени модели, поддържани и развивани в НИМХ от секция „Числено моделиране“ към департамент „Прогнози и информационно обслужване“. Също така е оценена и сравнена успеваемостта на прогнозите на някои метеорологични елементи от моделите през 2025 г. Верификацията на моделите е направена въз основа на измерванията в синоптичните станции.

Оперативни числени модели за прогноза на времето

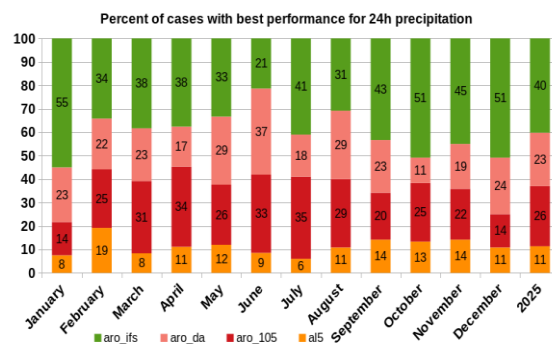
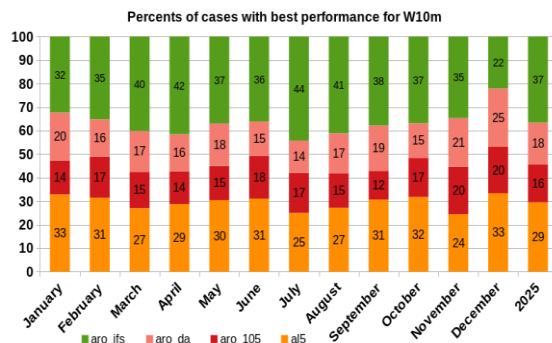
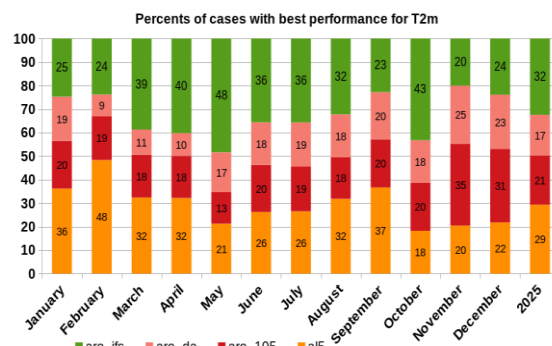
Четири версии на каноничните конфигурации на ACCORD се поддържат в НИМХ (табл. 1) и пускат оперативно четири пъти в денонощието (в 00, 06, 12 and 18 UTC), базирани на sy43t2.

Таблица 1. Оперативни моделни конфигурации

	Aladin-BG	AROME -105	AROME -IFS	AROME -DA
Хоризонтална стъпка	5 km	2.5 km	2.5 km	2.5 km
Вертикални нива	105	105	90	105
Гранични условия, честота	ARPEGE 3h	ARPEGE 1h	IFS 1h	ARPEGE 1h
Дължина на прогнозата	96h/72h/48h	72h/48h	72h/48h	72h/48h
Асимилация на данни	No	No	No	Синоптични станции

Резултати

За настоящата работа е оценена и сравнена успеваемостта на четирите модела при прогнозата на 3-часовите температури на 2 m, скоростта на вятъра на 10 m и 24-часовия валеж. За целта са изследвани средноквадратичните грешки за всяка синоптична станция от всеки модел като функция на дължината на прогнозата. Тук са представени резултати от сравнението на месечната и годишната успеваемост на моделите.



Фигура 1. Проценти на случаи с най-добра месечна и годишна за 2025 г. успеваемост за температурата на 2 m (горен панел), вятъра на 10 m (среден панел) и 24-часовия валеж долен панел) за AROME-IFS (в зелено), AROME-DA (в розово), AROME-105 (в червено) и ALADIN-BG (в оранжево).



Status of Numerical weather prediction at NIMH

B. Tsenova*, M. Tsankov, K. Mladenov, M. Dinev, M. Parvanov, H. Naji

Department of Forecast and Information Service, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: numerical weather prediction, verification

*email: boryana.tsenova@meteo.bg

Introduction

Bulgaria through NIMH is in ACCORD (A Consortium for CONvection-scale modelling Research and Development) consortium since its creation on the 1st of January 2021 (<https://www.accord-nwp.org>), when ALADIN, HIRLAM and LACE consortia decided to merge. ACCORD connects 26 National Meteorological Services to join more closely their scientific research efforts towards developing the tools of excellence for NWP on Limited Area Domains and enter into a large partnership. There are three main ACCORD Canonical System Configurations (CSC) developed in the frame of the consortium: AROME, HARMONIE-AROME and ALARO. In the present study the operational numerical weather prediction models run at NIMH are presented and their forecast performances for some meteorological elements for 2025 are compared. Models forecast verification is performed based on synoptic measurements data.

NWP models configurations

At NIMH, four versions of the canonical configurations of ACCORD system (Table 1) are run operationally four times daily (at 00, 06, 12 and 18 UTC), based on cy43t2.

Table 1. Model versions run operationally

	Aladin-BG	AROME-105	AROME-IFS	AROME-DA
Horizontal resolution	5 km	2.5 km	2.5 km	2.5 km
Vertical levels	105	105	90	105
LBCs, frequency	ARPEGE 3h	ARPEGE 1h	IFS 1h	ARPEGE 1h
Forecast range	96h/72h/48h	72h/48h	72h/48h	72h/48h
Data assimilation	No	No	No	Synoptic stations

Results

For the present work, the performance of the four models in forecasting 3-hourly temperature at 2 m and wind speed at 10 m and 24-hourly precipitation was evaluated and compared. For this purpose, the root mean square errors (RMSE) for each synoptic station of each model were investigated as a function of the forecast length. Results from the comparison of the monthly and annual performance of the models are presented here.

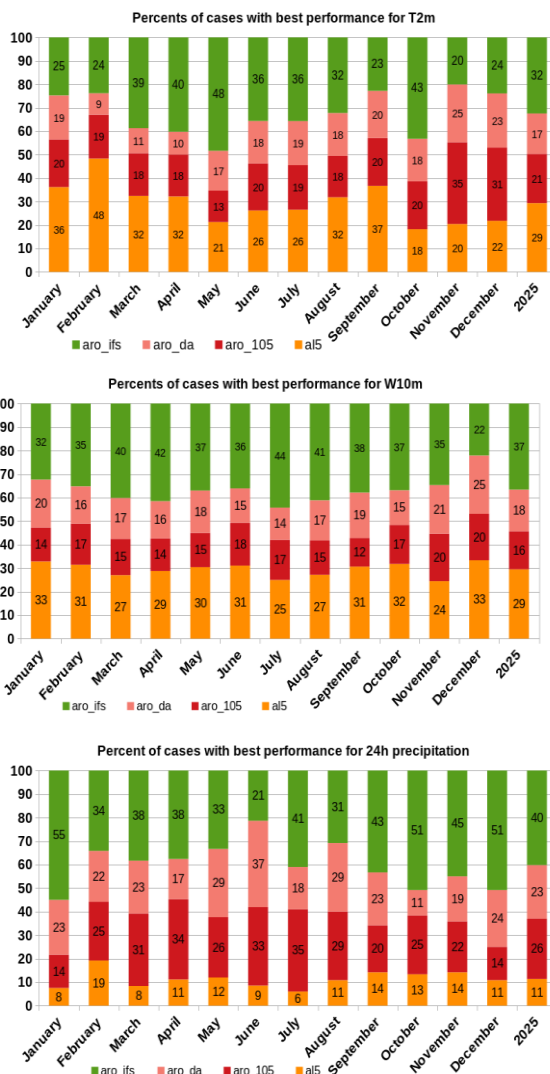


Figure 1. Percent of cases with best monthly and annual performance for 2025 for temperature at 2 m (top panel), wind speed at 10 m (middle panel) and 24 hour precipitation (bottom panel) for AROME-IFS (in green), AROME-DA (in pink), AROME-105 (in red) and ALADIN-BG (in orange).



Опасни метеорологични явления в България през 2025 година

К. Стоев*, Б. Маркова, Р. Димитрова, А. Стойчева, И. Господинов, М. Попова

Департамент „Прогнози и информационно обслужване“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: *опасни метеорологични явления, METEOALARM*

*email: krasimir.stoev@meteo.bg

Въведение

Опасните метеорологични явления (ОМЯ) са екстремна проява на времето и климата. Прогнозирането на ОМЯ е важна задача пред краткосрочната прогноза за времето. В България Националният институт по метеорология и хидрология (НИМХ) е единственото оторизирано звено, което изготвя и изпраща специализирани прогнози към организации и държавни служби, отговарящи за защитата на населението при настъпване на ОМЯ. От 2001 г. НИМХ издава прогнози за ОМЯ (Stoycheva et al., 2013), а от края на 2009 г. тази дейност е част от европейската система METEOALARM (Popova et al., 2013). Прогнозите за ОМЯ за следващите 48 часа в 28-те административни области, а от септември 2022 г. и за 265-те общини в България се публикуват и обновяват непрекъснато на страницата на НИМХ (<https://weather.bg/obshtini/>). При издаването на предупреждения за ОМЯ оперативните специалисти в НИМХ разполагат с информацията от числени модели за прогноза на времето (глобални и регионални), както и редица иновативни продукти, разработвани от Европейския център за средносрочни прогнози (ECMWF), като например прогностичен индекс за екстремно време (Extreme Forecast Index, EFI). EFI обобщава информацията от ансамблови числени прогнози и дава индикация за райони с потенциално опасни явления. Едновременно използване на EFI и на детерминистичните прогнози на регионалния числен модел ALADIN-BG позволява прецизиране и по-детайлно информиране за местоположението и интензивността на очакваните ОМЯ. Въпреки усъвършенстването на съвременните методи за прогноза на времето прогнозирането на ОМЯ остава предизвикателство при изготвяне на оперативната прогноза.

Методология

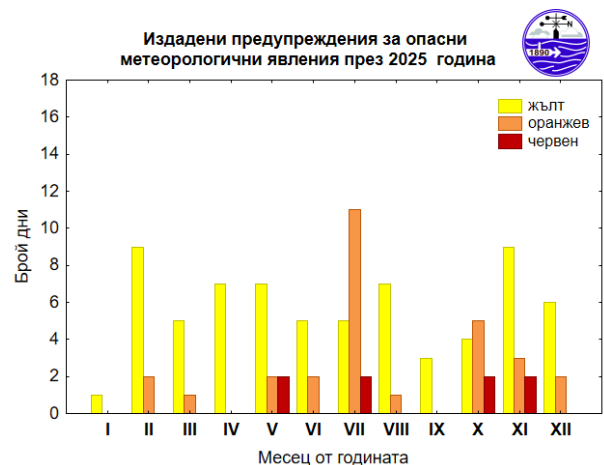
Използвани са данни от архива на НИМХ за издадени предупреждения за ОМЯ.

Резултати и изводи

През 2025 г. НИМХ е издал предупреждения за ОМЯ по Европейската система METEOALARM в 105 дни (фиг. 1). За сравнение, през 2024 г. предупреждения са издадени в 132 дни, през 2023 г. – в 139 дни, а през 2022 г. – в 99 дни. В 68 дни от 2025 г. предупрежденията са от първа степен (жълт код), в 29 дни – от втора степен (оранжев код),

а в 8 дни – от трета степен (червен код). Най-малко предупреждения са издадени през месеците януари – 1 ден (12.I) за значителни снеговалежи, и септември – 3 дни (17, 25 и 26.IX) за силен вятър. Най-много предупреждения са издадени през месеците юли – 18 дни, предимно за високи температури, и ноември – 14 дни, най-често за значителни валежи от дъжд.

Предупреждение от най-висока степен (червен код) за значителни валежи и гръмотевични бури е издадено в 2 дни от месец май (25 и 26.V), за високи температури – в 2 дни от юли (26 и 27.VII), за значителни валежи – в 2 дни от октомври (7 и 8.X) и в 2 дни от ноември (27 и 28.XI).



Фигура 1. Издадени предупреждения през 2025 г.

Литература

- Popova, M., Stoycheva, A., Stoev, K., Hristov, H., Kirilova, A., Diakova, A., Etropolska, I. (2013). METEOALARM – warning system for expected dangerous meteorological phenomena in Bulgaria. In Proceedings of the Second National Congress of Physical Sciences, Sofia. Section: Physics of the Earth, Atmosphere and Space, vol. ISBN 978-954-580-333-8, Heron Press Ltd.
- Stoycheva, A., Popova, M., Kirilova, A., Stoev, K., Etropolska, I., Georgiev, H. (2013). Forecast of dangerous meteorological phenomena in NIMH-BAS. In Proceedings of the Second National Congress of Physical Sciences, Sofia. Section: Physics of the Earth, Atmosphere and Space, vol. ISBN 978-954-580-333-8, Heron Press Ltd.



Severe weather in Bulgaria in 2025

K. Stoev*, B. Markova, R. Dimitrova, A. Stoycheva, I. Gospodinov, M. Popova

Department of Forecasts and Information Service, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *severe weather, METEOALARM*

*email: krasimir.stoev@meteo.bg

Introduction

The severe weather is an extreme manifestation of the weather and the climate. Forecasting severe weather is an important task for the short range forecast. The National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH) is the only authorized unit in Bulgaria to prepare and send special forecasts to organizations and government offices responsible for the civil protection when dangerous meteorological phenomena occur. NIMH issues forecasts for severe and extremely severe weather since 2001 (Stoycheva et al., 2013), and since the end of 2009 this activity is part of the European system METEOALARM (Popova et al., 2013). Severe weather forecasts for the next 48 hours in the 28 administrative districts, and since September 2025 for the 265 municipalities in Bulgaria as well, are published and continuously refreshed, and are available on the NIMH webpage (<https://weather.bg/obshtini>). Warnings are made by experts and based on numerical models information (global and regional) and on number of innovative products, developed in the ECMWF, such as Extreme Forecast Index (EFI). EFI summarizes the information from the ensemble numerical forecasts and indicates areas with potentially severe weather. Using at the same time both EFI and the deterministic forecasts of the regional numerical model ALADIN-BG allows more correct and detailed information about the location and the intensity of the severe weather expected. Despite the improvement and the refinement of the modern forecasting methods, forecasting of severe weather remains a challenge when making the operational forecast.

Methodology

Data used for issued severe weather warnings are derived from the NIMH archive.

Results and conclusions

During the year 2025 NIMH issued severe weather warnings, according to the European System METEOALARM, in 105 days (Fig. 1). To compare, during the year 2024 there are 132 days with warnings, in 2023 – 139 days, in 2022 – 99 days. In 2025, there are 68 days with first degree warnings (yellow code), 29 days with second degree warnings (orange code) and 8 days are with the highest degree of warnings – red code. Least warnings are issued in January – 1 day (12.I) for heavy snowfall, and in September – 3 days (17, 25 and 26.IX) for strong wind. Most warnings are issued in July – 18 days, mostly for

hot weather, and in November – 14 days, mostly for heavy rain.

Warnings of highest degree (red code) for heavy rain and thunderstorm are issued for 2 days in May (25–26.V), for high temperatures – for 2 days in July (26–27.VII), for significant precipitation – for 2 days in October (7–8.X) and for 2 days in November (27–28.XI).

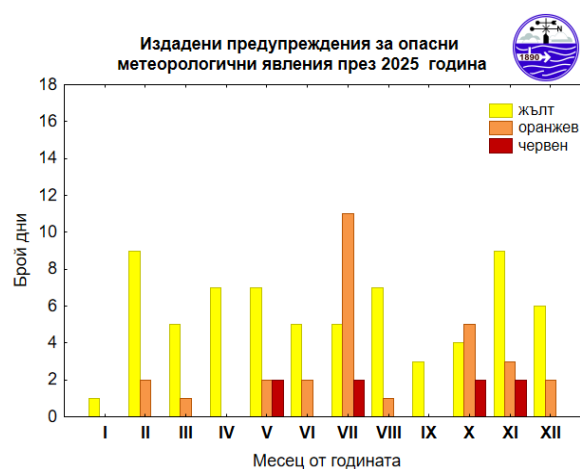


Figure 1. Severe weather warnings issued in 2025.

References

- Popova, M., Stoycheva, A., Stoev, K., Hristov, H., Kirilova, A., Diakova, A., Etropolska, I. (2013). METEOALARM – warning system for expected dangerous meteorological phenomena in Bulgaria. In Proceedings of the Second National Congress of Physical Sciences, Sofia. Section: Physics of the Earth, Atmosphere and Space, vol. ISBN 978-954-580-333-8, Heron Press Ltd.
- Stoycheva, A., Popova, M., Kirilova, A., Stoev, K., Etropolska, I., Georgiev, H. (2013). Forecast of dangerous meteorological phenomena in NIMH-BAS. In Proceedings of the Second National Congress of Physical Sciences, Sofia. Section: Physics of the Earth, Atmosphere and Space, vol. ISBN 978-954-580-333-8, Heron Press Ltd.

АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧНИ УСЛОВИЯ – ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА ЗА АГРОТЕХНОЛОГИИТЕ



**AGROMETEOROLOGICAL CONDITIONS:
CHALLENGES FOR AGROTECHNOLOGY**

Прогноза на фенологично развитие на черешови и ябълкови овощни градини в зависимост от агрометеорологичните условия

В. Казанджиев^{1*}, П. Малашева¹, В. Георгиева¹, Б. Ценова²

¹Департамент „Метеорология“, ²Департамент „Прогнози и информационно обслужване“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: овощни градини, череша, ябълка, прогноза, фенология, цъфтеж, узряване на плодовете

*email: valentin.kazandjiev@meteo.bg

Въведение

Овощарството е важна структурна част от селскостопанското производство в България. Овощните градини и лозята съставляват цял селскостопански сектор. Според агростатистиката площта на овощните градини е 67,8 хил. хектара. Целта на изследването е да се прогнозира датите на настъпване на фазите ВВСН57, ВВСН65 и ВВСН87 за череша и ВВСН89 за ябълка, използвайки метеорологични данни и агрометеорологични индекси.

Методология

Изследването е проведено в експерименталните овощни градини на Института по земеделие в Кюстендил и в градини на Института по овощарство в Пловдив от 2021 до 2023 г. (фиг. 1).



Фигура 1. Експериментални полета и парцели с ябълки и череша в Института по земеделие – Кюстендил (вляво), и Института по овощарство – Пловдив (вдясно).

За постигане на целта е избран алгоритъм “Random Forest”. Температурните условия по време на покой и ранните етапи от развитието на овощните култури определят скоростите на фенологично развитие в следващите периоди. Ето защо са избрани три агрометеорологични индекса: студови единици (CU), сума от часовите стойности на температурите над биологичния минимум по време на покой (GDH) и сума от ефективни температури (GDD). За да се изчислят тези индекси, са използвани часовите стойности на температурата на въздуха (Richardson et al., 1974; Meier et al., 1994). Часовите стойности са изчислени с данни, получени от Climate Data Store ERA5-Land Hourly Data.

Резултати и изводи

Данните за двете локации – Кюстендил и Пловдив, са разделени на обучителни и тестови набори. По-конкретно, 75% от данните са използвани за обучение, а останалите 25% – за тестване. Броят на дърветата на решенията за класификация е зададен на 600.

Като предиктори са използвани следните дневни параметри: CH, GDD, GDH и Julian Day. След няколко теста моделът е изпълнен отделно за преходите между ВВСН57 и ВВСН65 и между ВВСН65 и ВВСН87/89, както и за етапа ВВСН87/89.

Най-напред е оценена представителността на параметрите, използвани за прогнозиране на различните фази – разпукване на пъпките, цъфтеж и узряване на плодовете, въз основа на стойностите на предикторите.

Чрез алгоритъма “Random Forest” е постигната висока степен на прогнозиране за появата на изследваните фази в черешови насаждения, с диапазон на точност от -2 до +1 дни, в сравнение с нашите наземни наблюдения в Кюстендил и Пловдив през периода на изследване 2021–2023 г. За ябълковите насаждения отклоненията са по-големи, вариращи от -6 до +2 дни на точните места и през същия период на изследване (табл. 1).

Таблица 1. Прогнозирани отклонения в дните в зависимост от наблюдаваното развитие на черешите и ябълките в Кюстендил и Пловдив

Станция/ Година	Кюстендил			Пловдив		
	ВВСН57	ВВСН65	ВВСН87/89	ВВСН57	ВВСН65	ВВСН87/89
Cherry						
2021	0	0	0	1	0	-2
2022	1	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	-2	0	0
Apple						
2021	1	0	1	1	0	1
2022	0	0	-6	0	0	2
2023	0	0	0	1	0	0

Литература

- Meier, U., Graf, H., Hess, M., Kennel, W., Klose, R., Mappes, D., Seipp, D., Stauss, R., Streif, J., Van den Boom, T. (1994). Phänologische Entwicklungsstadien des Kernobstes (*Malus domestica* Borkh. und *Pyrus communis* L.), des Steinobstes (Prunus-Arten), der Johannisbeere (Ribes-Arten) und der Erdbeere (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.*, 1994, 46, 141–153.
- Richardson, E.A., Seeley, S.D., Walker, D.R. (1974). A model for estimating the completion of rest for ‘Redhaven’ and ‘Alberta’ peach trees. *HortScience*, 1974, 9, 331–332.

Forecast of phenological development for cherry and apple orchards in dependence on agrometeorological conditions

V. Kazandjiev^{1*}, P. Malasheva¹, V. Georgieva¹, B. Tsenova²

¹Department of Meteorology, ²Department of Forecasts and Information Service, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: orchards, cherry, apple, forecast, phenology, flowering, fruit ripening

*email: valentin.kazandjiev@meteo.bg

Introduction

Fruit growing is an important structural part of agricultural production in Bulgaria. Orchards and vineyards constitute an entire agricultural sector. According to agrostistics, the area of orchards is 67.8 thousand hectares. The aim of the study is to predict the dates of the onset of the phases BBCH57, BBCH65 and BBCH87 for cherries and BBCH89 for apples, using meteorological data and agrometeorological indices.

Methodology

The study has been conducted in the experimental orchards of the Institute of Agriculture in Kyustendil and in the gardens of the Institute of Fruit Growing in the city of Plovdiv from 2021 to 2023 (Fig. 1).



Figure 1. Experimental fields and plots with apples and cherries at the Institute of Agriculture – Kyustendil (left) and the Institute of Fruit Growing – Plovdiv (right).

To achieve the goal the “Random Forest” algorithm was chosen. Temperature conditions during dormancy and early stages of fruit crop development determine the rates of phenological development in the following periods. Therefore, three agrometeorological indices are selected: cold units (CU), sum of hourly values of temperatures above the biological minimum during dormancy (GDH), and sum of effective temperatures (GDD). To calculate these indices, hourly values of air temperature are used (Richardson et al., 1974; Meier, et al., 1994). Hourly values are calculated with data obtained from the Climate Data Store ERA5-Land Hourly Data.

Results and conclusions

The data for the two locations – Kyustendil and Plovdiv, are divided into training and test sets. Specifically, 75% of the data are used for training, and the remaining 25% for testing. The number of decision trees for classification is set to 600.

The following diurnal parameters are used as predictors: CH, GDD, GDH and Julian Day. After several tests, the model is run separately for the transitions

between BBCH57 and BBCH65, and between BBCH65 and BBCH87/89, as well as for the BBCH87/89 stage.

First, we assessed the representativeness of the parameters used to predict the different phases – bud burst, flowering and fruit ripening, based on the values of the predictors.

The “Random Forest” algorithm achieved a high degree of prediction for the occurrence of the studied phases in cherry orchards, with an accuracy range of -2 to +1 days, compared to our ground observations in Kyustendil and Plovdiv during the 2021–2023 study period. For apple orchards, the deviations are larger, ranging from -6 to +2 days, at the exact locations and during the same study period (Table 1).

Table 1. Predicted deviations in days depending on the observed development of cherries and apples in Kyustendil and Plovdiv

Stations/ Years	Kyustendil			Plovdiv		
	BBCH57	BBCH65	BBCH87/89	BBCH57	BBCH65	BBCH87/89
Cherry						
2021	0	0	0	1	0	-2
2022	1	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	-2	0	0
Apple						
2021	1	0	1	1	0	1
2022	0	0	-6	0	0	2
2023	0	0	0	1	0	0

References

- Meier, U., Graf, H., Hess, M., Kennel, W., Klose, R., Mappes, D., Seipp, D., Stauss, R., Streif, J., Van den Boom, T. (1994). Phänologische Entwicklungsstadien des Kernobstes (*Malus domestica* Borkh. und *Pyrus communis* L.), des Steinobstes (Prunus-Arten), der Johannisbeere (Ribes-Arten) und der Erdbeere (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.*, 1994, 46, 141–153.
- Richardson, E.A., Seeley, S.D., Walker, D.R. (1974). A model for estimating the completion of rest for ‘Redhaven’ and ‘Alberta’ peach trees. *HortScience*, 1974, 9, 331–332.



Белоплодни ягоди – евапотранспирация и ефективност на използване на водата за напояване

Е. Грънчарова*, Б. Еленов

Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Никола Пушкарров“, Селскостопанска академия

Ключови думи: *оранжерия, ягоди, напояване, фертигация*

*email: eveha@abv.bg

Въведение

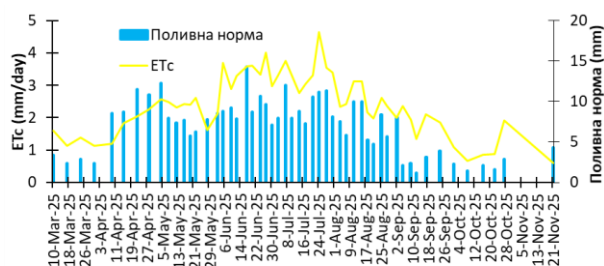
Белоплодните ягоди имат не по-кратка история на оглеждане от червените сортове – отглеждат се от хиляди години в Чили в две форми: дива (*Fragaria chiloensis ssp. chiloensis f. Patagonica*) и култивирана (*Fragaria chiloensis ssp. chiloensis f. Chiloensis*). Сортът 'Snow White' е селектиран през 2010 от *Fragaria x ananassa* 'Weisse Ananas' и *Fragaria chiloensis f. Chiloensis* (Olbricht et al., 2013).

Методология

През 2025 г. е проведен двуфакторен експеримент по стандартен метод на дългите парцелки в три повторения в неотопляема полиетиленова тунелна оранжерия в опитно поле на ИПАЗР „Никола Пушкарров“ – Челопечене, София (42°44'22.8"N, 23°28'3.7"E), при капково напояване и фертигация. За допълнително намаляване на загубите от вода е приложено мулчиране със сиво-черен UV полиетиленов мулч. Обект на изследването са белоплодни ягоди сорт *Fragaria x ananassa* 'Snow White'. Факторът напояване е приложен в две нива: I1 – 75% (ЕТс); I2 – 50% (ЕТс). Факторът торене е приложен в две нива: F1 – оптимално торене N_{8.09}P_{12.76}K_{15.62}; F2 – субоптимално торене, 75% (F1). Изследвани са пет варианта: контрола I0F0:100% (ЕТс) поливна норма, без торене; I1F1; I1F2; I2F1 и I2F2. Автоматизация на поливния процес се осигурява от контролер за прецизно подаване на поливната норма NMC Junior, електромагнитни клапани, тороподаваща система FertiKit Nutrigation за прецизно приложение на торовата норма. Данните за микроклимата в оранжерията са измерени чрез метеорологична станция (HOBO, USA). Еталонната евапотранспирация е изчислена чрез уавнението на Penman-Monteith (Allen et al., 2006).

Резултати и изводи

През вегетационния период 10 март – 20 ноември 2025 г. средната минимална дневна температура на въздуха в оранжерията е 9.11 °C; средната максимална дневна температура на въздуха е 35.04 °C, средната минимална дневна относителна влажност на въздуха е 33.07%, средната максимална дневна относителна влажност на въздуха е 83.65% и средната дневна слънчева радиация е 8.75 MJ m²/day. Сумарната евапотранспирация на ягодите през 2025 г. е 387.01 mm.



Фигура 1. Поливна норма и ЕТс.

През 2025 г. бяха проведени 53 поливки със средна поливна норма 6.95 mm за контролния вариант I0F0 (фиг. 1). Най-високите стойности на WUE (ефективност на използване на поливната вода) се наблюдават при вариант I2F1 (3.94 kg/m³), а най-ниските стойности – при контролния вариант I0F0 (1.98 kg/m³).

Благодарности: Проведените експерименти са финансирани от Фонд „Научни изследвания“ по „Конкурс за финансиране на фундаментални научни изследвания – 2022 г.“, проект „Влияние на почвено-климатичните условия върху технологичния режим на напояване и изпитване на биологични средства за контрол на фитопатогени при ягоди за повишаване на качеството на продукцията“, Договор № КП-06-Н66/4.

Литература

- Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes, M. Smith (2006). Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and drainage paper 56. (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome).
- Olbricht, K., U. Gerischer, A. Ludwig, D. Ulrich, B. Casas, A. Darbonne, S. Kraege, H. Obers, A. Vissers, P. Walpole, S. Walpole (2013). "Snow White", a new strawberry cultivar with white fruits. Book of abstracts Growing strawberries in the next decade: intonation, the key of success? International Strawberry congress, Belgium. Available online: <https://iris.unipa.it/retrieve/handle/10447/99579/1/28625/Book%20of%20abstracts%20ISC2013.pdf> (accessed on 23 February 2026).



White-fruited strawberries – evapotranspiration and water use efficiency

E. Grancharova*, B. Elenov

Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection „Nikola Poushkarov“, Agricultural Academy

Keywords: *greenhouse, strawberry, irrigation, fertigation**email: veha@abv.bg

Introduction

Strawberries with white fruits have long history of cultivation no shorter than red varieties – they have been cultivated for hundreds of years in Chile and grow in two botanical forms: wild (*Fragaria chiloensis* ssp. *chiloensis* f. *patagonica*) and cultivated (*Fragaria chiloensis* ssp. *chiloensis* f. *chiloensis*). 'Snow White' cultivar has been selected in 2010 out from *Fragaria x ananassa* 'Weisse Ananas' and *Fragaria chiloensis* f. *Chiloensis* (Olbricht et al., 2013).

Methodology

A two-factor experiment, arranged according to the method of long plots in three replications, was conducted on drip irrigated and fertigated strawberry plants in an unheated polyethylene tunnel greenhouse in 2025 in the Chelopechene experimental field (latitude 42°44'22.8"N, longitude 23°28'3.7"E) of the Institute of soil science, agrotechnologies and plant protection "Nikola Poushkarov" in Sofia, Bulgaria. To further reduce water losses, mulching with silver-black UV polyethylene mulch was applied. The object of the study was white strawberry cultivar *Fragaria x ananassa* 'Snow White'. The irrigation factor was applied in two rates: I1 – 75% (ETc); I2 – 50% (ETc). The fertilization factor was applied in two rates: F1 – optimal fertilization N_{8.09}P_{12.76}K_{15.62}; F2 – suboptimal fertilization, 75% (F1). Five treatments were tested: control treatment I0F0:100% (ETc) full irrigation and without fertigation; I1F1; I1F2; I2F1; I2F2. Automation of the irrigation process was ensured by NMC Junior controller for precise irrigation rate application and electromagnetic valves, FertiKit Nutrigation system for precise fertigation rate application. The microclimate of greenhouse data was measured by automatic meteorological station (HOBO, USA). FAO Penman-Monteith Equation (Allen et al., 2006) was used for determining reference evapotranspiration.

Results and conclusions

In 2025 growing season (from 10 March to 20 November) the average minimum daily air temperature in greenhouse was 9.11 °C, the average maximum daily air temperature was 35.04 °C, the average minimum daily relative air humidity was 33.07%, the average maximum relative daily humidity was 83.65% and the average daily solar radiation was 8.75 MJ m²/day. Total strawberry evapotranspiration for 2025 growing season was 387.01 mm.

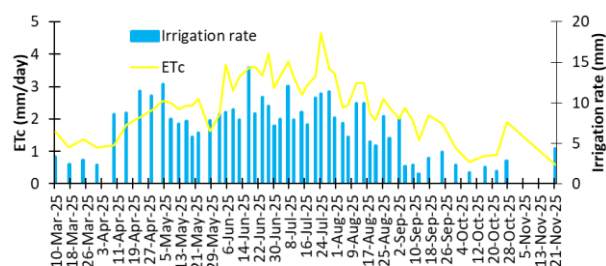


Figure 1. Irrigation rate and ETc.

53 irrigation water amounts were applied during 2025 growing season with mean irrigation rate 6.95 mm for the control treatment I0F0. The highest WUE (water use efficiency) was obtained for I2F1 (3.94 kg/m³), and the lowest was obtained for control treatment I0F0 (1.98 kg/m³).

Acknowledgements: This research was supported by the Bulgarian national science fund "Competition for financial support for basic research projects – 2022", project title "Impact of the soil and weather parameters on the irrigation management and elaboration of biological means to control phytopathogens to enhance strawberry fruit quality", grant number КП-06-H66/4.

References

- Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes, M. Smith (2006). Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and drainage paper 56. (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome).
- Olbricht, K., U. Gerischer, A. Ludwig, D. Ulrich, B. Casas, A. Darbonne, S. Kraege, H. Obers, A. Vissers, P. Walpole, S. Walpole (2013). "Snow White", a new strawberry cultivar with white fruits. Book of abstracts Growing strawberries in the next decade: intonation, the key of success? International Strawberry congress, Belgium. Available online: <https://iris.unipa.it/retrieve/handle/10447/99579/128625/Book%20of%20abstracts%20ISC2013.pdf> (accessed on 23 February 2026)



Сравнителен анализ на сателитно базирани вегетационни индекси и наземни биофизични измервания при културата царевица

Ж. Гавазов*, В. Георгиева, В. Казанджиев

Департамент „Метеорология“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: вегетационни индекси, биофизични измервания, полеви експеримент, наземни данни, сателитни данни, царевица

*email: Zhivko.gavazov@meteo.bg

Въведение

Целта на проучването е да се направи сравнителен анализ на вегетационни индекси от сателитни изображения и полеви измервания с цел мониторинг на състоянието на растенията и ранно идентифициране на стресови състояния. В рамките на 3-годишно изследване са анализирани два типа връзки: структурни (свързани с количеството биомаса) и физиологични (свързани с фотосинтетичния капацитет).

Методология

Използвани са данни от полеви експеримент с царевица, проведен в Институт по земеделие и семезнание „Образцов чифлик“ – Русе, ССА, през периода 2021–2023 г.

Използвани спътникови индекси от Sentinel-2

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index):

$$(B8 \text{ nir} - B4 \text{ red}) / (B8 \text{ nir} + B4 \text{ red})$$

EVI2 (Enhanced Vegetation Index 2):

$$(B8 \text{ nir} - B6 \text{ red edge}) / (B8 \text{ nir} + B4 \text{ red})$$

Clre2 (Chlorophyll Red-edge Index):

$$(B7 \text{ red edge } 3 / B5 \text{ red edge}) - 1$$

LAI (Leaf Area Index):

$$3.61 * ((B8 \text{ nir} - B4 \text{ red}) / (B8 \text{ nir} + B4 \text{ red})) - 0.11$$

Наземни данни. Свежа биомаса и сухо вещество: индикатори за натрупаната енергия и продуктивност. Хлорофил А и Б: определят фотосинтетичната активност. Каротеноиди: служат като защитни пигменти и са индикатор за фитосанитарен стрес или стареене на посева.

Статистически метод – корелационен анализ.

Резултати и изводи

Изборът на вегетационни индекси за целите на изследването се основава на спецификата на културата. Индексът NDVI е основен за определяне на наличие на зелена растителност. При царевицата е ефективен до фаза „измеляване“, след което често се насища. Изборът на EVI2 е свързан с факта, че той е по-прецизен по отношение на почвения фон и атмосферен шум. По-чувствителен е към вариациите в гъстата биомаса на царевицата в сравнение с NDVI. За определяне на връзката със съдържанието на хлорофил са използвани „Red-edge“ каналите на Sentinel-2 (Band 5/6/7), които са изключително чувствителни към съдържанието на хлорофил в листата. Индексът LAI, моделиран чрез сателитни

данни, отразява общата листна площ на единица почвена повърхност.



Фигура 1. Листноплощен индекс LAI – измерен и изчислен.

Таблица 1. Корелация между наземно измерени и изчислени параметри

	LAI-LAI(gr)	LAI-biomass	LAI-suh	LAI-ch-A	LAI-ch-B	LAI-Carat.	
R	0,97	0,98	0,87	0,03	0,63	0,39	
SQRT	0,99	0,99	0,93	0,16	0,79	0,63	
	NDVI-LAI(rp)	NDVI-h	NDVI-biomass	NDVI-suh	NDVI-ch-A	NDVI-ch-B	NDVI-Cara
R	0,97	0,92	0,98	0,87	0,03	0,63	0,39
SQRT	0,99	0,96	0,99	0,93	0,16	0,79	0,63
	EVI2-h	EVI2-LAI(gr)	EVI2-biomass	EVI2-suh	EVI2-ch-A	EVI2-ch-B	EVI2-Cara
R	0,97	0,96	0,97	0,93	0,06	0,69	0,44
SQRT	0,98	0,98	0,98	0,96	0,25	0,83	0,68
	SAVI-h	SAVI-LAI(gr)	SAVI-biomass	SAVI-suh	SAVI-ch-A	SAVI-ch-B	SAVI-Cara
R	0,95	0,93	0,97	0,93	0,02	0,72	0,48
SQRT	0,98	0,96	0,99	0,96	0,14	0,85	0,71

Корелацията между стойностите, отчетени от сателитни и наземни проби, показва най-голямо съответствие между LAI-LAI, LAI-биомаса, NDVI-LAI, NDVI-височина, NDVI-биомаса, EVI2-височина, EVI2-LAI, EVI2-сухо вещество, Savi-височина, Savi-LAI, SAI-биомаса.

Проучването потвърждава, че интегрирането на сателитни данни от Sentinel-2 с преки полеви измервания създава възможност за по-прецизен мониторинг на биомасата и фотосинтетичния капацитет при царевицата. Ползата на този подход в агрометеорологията е възможността за ранна диагностика на физиологичен стрес и оптимизиране на агротехническите дейности чрез по-прецизни индекси като EVI2 и Clre2, които преодоляват ограниченията на стандартния NDVI.

Литература

- Rocío Ballesteros, Miguel A. Moreno et al. (2021). Assessment of Maize Growth and Development with High- and Medium-Resolution Remote Sensing Products. MDPI.
- Shuai Bao, Yiang Wang, Shinai Ma et al. (2025). Field-Scale Maize Yield Estimation Using Remote Sensing with the Integration of Agronomic Traits. MDPI.



Comparative analysis of satellite-based vegetation indices and ground-based biophysical measurements in the agricultural crop corn

Z. Gavazov*, V. Georgieva, V. Kazandjiev

Department of Meteorology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *vegetation indices, biophysical measurements, field experiment, ground data, satellite data, maize*

*email: Zhivko.gavazov@meteo.bg

Introduction

The study aims to compare vegetation indices derived from satellite images with field measurements to monitor plant health and early identify stress conditions. Within the framework of a 3-year study, two types of relationships were analyzed: structural (related to biomass quantity) and physiological (related to photosynthetic capacity).

Methodology

Data from a field experiment with corn conducted at the Institute of Agriculture and Seed Science “Obraztsov Chiflik” – Ruse, Agricultural Academy, during the period 2021–2023 were used.

Satellite indices used from Sentinel-2

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index):

$$(B8\ nir - B4\ red) / (B8\ nir + B4\ red)$$

EVI2 (Enhanced Vegetation Index 2):

$$(B8\ nir - B6\ red\ edge) / (B8\ nir + B4\ red)$$

Clre2 (Chlorophyll Red-edge Index):

$$(B7\ red\ edge\ 3 / B5\ red\ edge) - 1$$

LAI (Leaf Area Index):

$$3.61 * ((B8\ nir - B4\ red) / (B8\ nir + B4\ red)) - 0.11$$

Ground data. Fresh and dry biomass: Indicators of accumulated energy and productivity. Chlorophyll A and B: Determine the photosynthetic activity. Carotenoids: Serve as protective pigments and are an indicator of phytosanitary stress or crop senescence.

Statistical method – correlation analysis.

Results and conclusions

The selection of vegetation indices for the study is based on the specific characteristics of the crop. The NDVI index is the primary indicator of the presence of green vegetation. In corn, it is effective up to the “sweeping” phase, after which it often becomes saturated. The choice of EVI2 is due to its greater resistance to soil background and atmospheric noise. It is more sensitive to variations in corn’s dense biomass than NDVI is.

To determine the relationship with chlorophyll content, the “Red-edge” channels of Sentinel-2 (Band 5/6/7) were used, which are extremely sensitive to chlorophyll content in leaves. The LAI index, modeled by satellite data, reflects the total leaf area per unit of soil surface.

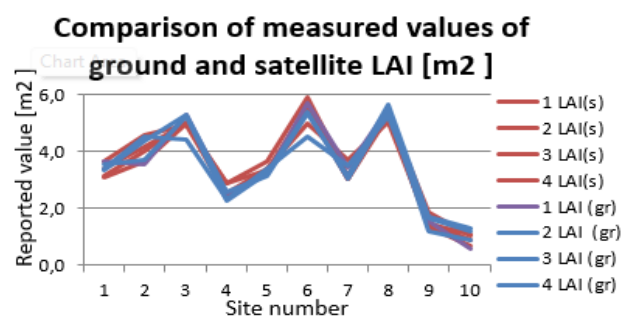


Figure 1. Leaf area index LAI – in situ measured and modelled.

Table 1. Correlation between in situ measured and modelled parameters

	LAI-LAI(gr)	LAI-biomass	LAI-suh	LAI-ch-A	LAI-ch-B	LAI-Carat.	
R	↑ 0,97	↑ 0,98	↑ 0,87	↓ 0,03	↓ 0,63	↓ 0,39	
SQRT	↑ 0,99	↑ 0,99	↑ 0,93	↓ 0,16	↑ 0,79	↓ 0,63	
	NDVI-LAI(rp)	NDVI-h	NDVI-biomass	NDVI-suh	NDVI-ch-A	NDVI-ch-B	NDVI-Carat.
R	↑ 0,97	↑ 0,92	↑ 0,98	↑ 0,87	↓ 0,03	↓ 0,63	↓ 0,39
SQRT	↑ 0,99	↑ 0,96	↑ 0,99	↑ 0,93	↓ 0,16	↑ 0,79	↓ 0,63
	EVI2-h	EVI2-LAI(gr)	EVI2-biomass	EVI2-suh	EVI2-ch-A	EVI2-ch-B	EVI2-Carat.
R	↑ 0,97	↑ 0,96	↑ 0,97	↑ 0,93	↓ 0,06	↑ 0,69	↓ 0,46
SQRT	↑ 0,98	↑ 0,98	↑ 0,98	↑ 0,96	↓ 0,25	↑ 0,83	↓ 0,68
	SAVI-h	SAVI-LAI(gr)	SAVI-biomass	SAVI-suh	SAVI-ch-A	SAVI-ch-B	SAVI-Carat.
R	↑ 0,95	↑ 0,93	↑ 0,97	↑ 0,93	↓ 0,02	↑ 0,72	↓ 0,48
SQRT	↑ 0,98	↑ 0,96	↑ 0,99	↑ 0,96	↓ 0,14	↑ 0,85	↓ 0,70

The correlation between the studied parameters, reported from satellite and ground samples, shows the greatest correspondence between LAI-LAI, LAI-biomass, NDVI-LAI, NDVI-height, NDVI-biomass, EVI2-height, EVI2-LAI, EVI2-dry substance, SAVI-height, SAVI-LAI, SAVI-biomass.

The study confirms that integrating Sentinel-2 satellite data with direct field measurements enables precise monitoring of corn biomass and photosynthetic capacity. The benefit of this approach in agrometeorology is the possibility of early diagnosis of physiological stress and optimization of agrotechnical activities through more precise indices such as EVI2 and Clre2, which overcome the limitations of the standard NDVI.

References

- Rocio Ballesteros, Miguel A. Moreno et al. (2021). Assessment of Maize Growth and Development with High- and Medium-Resolution Remote Sensing Products. MDPI.
- Shuai Bao, Yiang Wang, Shinai Ma et al. (2025). Field-Scale Maize Yield Estimation Using Remote Sensing with the Integration of Agronomic Traits. MDPI.



Сравнително проучване на толерантността към абиотичен стрес на интродуцирани генотипове обикновена пшеница

Д. Николова*, Г. Михова

Добруджански земеделски институт – Генерал Тошево, Селскостопанска академия

Ключови думи: зимна пшеница, адаптивен потенциал, студоустойчивост, толерантност към засушаване

*email: didilak@abv.bg

Въведение

Оцеляването и дългосрочният успех на културните растения зависят от способността им да се адаптират към променящата се среда (Babalola et al., 2025). Наблюдаваната тенденция към нарастваща честотата и интензивност на климатичните аномалии в земеделските райони застрашава развитието и продуктивността на зимните житни култури (Kazandjiev et al., 2022). Оценката на адаптивните свойства на сортовете зимна пшеница е важна за правилно решение относно ефективността на бъдещото им приложение в производството (Koshelyaev et al., 2022).

Методология

Проучването обхваща две поредни години – 2023/2024 и 2024/2025 г. Изследването включва 27 интродуцирани генотипа зимна обикновена пшеница. Студоустойчивостта е изпитана чрез изкуствено замразяване в хладилни камери. Растенията са отглеждани във вегетационни съдове, като закаляването протича при естествени условия. В периода на най-висока студоустойчивост са подложени на нискотемпературен стрес. Нивото на устойчивост на изпитваните образци се сравнява с това на сортове стандарти с познати нива на признака.

Толерантността към засушаване е изпитана в култивационно съоръжение – засушник. Приложени са четири варианта на водообезпечаване – задълбочаващо се (C1), ранно пролетно (C2) и късно пролетно засушаване (C3) и контролен, оптимално поливан (K). Извършен е биометричен анализ на признаците на продуктивност. Определени са индекс за чувствителност към засушаване SSI, индекс за толерантност към засушаване STI и индекс за стабилност на добива YSI.

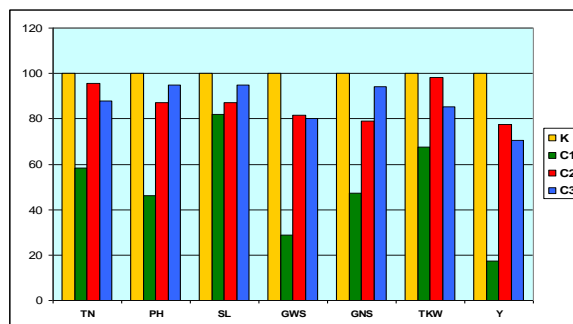
Резултати и изводи

Голяма част от изпитаните образци демонстрират ниво на признака около и под нивото на слабия стандарт San Pastore (табл. 1). С най-висока студоустойчивост се откроява сорт „Сориал“.

Таблица 1. Разпределение на генотиповете пшеница по ниво на устойчивост спрямо стандарти

	Над ст. Без. 1	Над ст. № 301	Над ст. Рус.	Над ст. S.P.	Под ст. S.P.
Брой	0	5	6	25	2
% от общ брой	0	18.5	22.2	92.6	7.4

Вариантите на засушаване най-силно понижават теглото на зърно от клас GWS (фиг. 1). При късно пролетно засушаване сортовете запазват в по-голяма степен височината на стъблото (PH), дължината на класа (SL) и броя на зърната в клас (GNS), но губят значително от теглото на зърното (TKW). Поради по-голямата си продуктивна братимост (TN) и подобрени условия по време на фаза наливане на зърното образците реализират по-висок добив (Y) при ранно пролетно спрямо същите при късно пролетно засушаване.



Фигура 1. Понижение (%) на компонентите на добива при стрес от засушаване.

Най-високи стойности на индекса SSI са получени при задълбочаващо се и късно пролетно засушаване. Индексът за толерантност към стрес STI варира между 0.04–0.29 (C1), 0.31–1.48 (C2) и 0.33–1.23 в C3. Средно за образците индексът за стабилност на добива YSI е съответно 0.17 (C1), 0.78 (C2) и 0.70 (C3).

Литература

- Babalola, K. O., Monacelli, N., Gozzi, M., Ceccarelli, S., Folloni, S., Galaverna, G. (2025). *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1504922.
- Kazandjiev, V., Georgieva, V., Spiridonov, V. (2022). *Agriculture and food*, Vol. 10, p. 264–272.
- Koshelyaev, V. V., Koshelyaeva, I. P., Karpova, L. V., Karpova, G. A. (2022). In *IOP Conference series: Earth and env. Science*, Vol. 953, No. 1, p. 012011.



Comparative study of abiotic stress tolerance of introduced common wheat genotypes

D. Nikolova*, G. Mihova

Dobrudzha Agricultural institute – General Toshevo, Agricultural Academy

Keywords: *winter wheat, adaptive potential, frost resistance, drought tolerance*

*email: didilak@abv.bg

Introduction

The survival and long-term success of crop plants depend on their ability to adapt to a changing environment (Babalola et al., 2025). The observed trend of increasing frequency and intensity of climatic anomalies in agricultural regions threatens the development and productivity of winter cereals (Kazandjiev et al., 2022). Assessment of the adaptive properties of winter wheat varieties is important for a correct decision regarding the effectiveness of their future application in production (Koshelyaev et al., 2022).

Methodology

The study covered two consecutive years – 2023/2024 and 2024/2025. The investigation included 27 introduced winter common wheat genotypes. The frost resistance was tested by artificial freezing in frost chambers. The plants were grown in vegetation pots, with hardening under natural conditions. During the period of highest frost resistance the plants were tested to low-temperature stress. The level of resistance of the samples was compared to that of standard varieties with known levels of the trait.

The drought tolerance was tested in a green house. Four variants of water supply were applied – deepening drought (C1), early spring drought (C2), late spring drought (C3) and control, optimally irrigated (K). Biometric analysis of productivity traits was performed. Drought sensitivity index SSI, drought tolerance index STI and yield stability index YSI were determined.

Results and conclusions

A large part of the tested samples demonstrated a level of the trait around or below the level of the weak standard San Pastore (Table 1). The Sorial variety showed the highest frost resistance.

Table 1. Distribution of the wheat genotypes by level of resistance to the standards

	Over st. Bez. 1	Over st. № 301	Over st. Rus.	Over st. S.P.	Below st. S.P.
Number	0	5	6	25	2
% of total number	0	18.5	22.2	92.6	7.4

Drought variants most strongly reduced the grain weight per spike GWS (Fig. 1). In late spring drought the varieties retained to a greater extent the height of the plant (PH), the length of the spike (SL) and the grain number per spike (GNS), but lost significantly in grain weight (TKW). Due to their greater productive tillering (TN) and improved conditions during the grain filling stage, the samples achieved higher yields (Y) in early spring compared to the same ones in late spring drought variant.

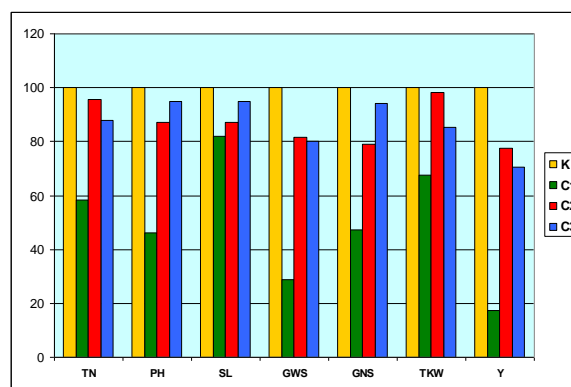


Figure 1. Reduction (%) in yield components under drought stress.

The highest values of the SSI index were obtained in deepening and late spring drought variants. The stress tolerance index STI varied between 0.04–0.29 (C1), 0.31–1.48 (C2) and 0.33–1.23 in C3. The average yield stability index YSI for the samples was 0.17 (C1), 0.78 (C2) and 0.70 (C3), respectively.

References

- Babalola, K. O., Monacelli, N., Gozzi, M., Ceccarelli, S., Folloni, S., Galaverna, G. (2025). *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1504922.
- Kazandjiev, V., Georgieva, V., Spiridonov, V. (2022). *Agriculture and food*, Vol. 10, p. 264–272.
- Koshelyaev, V. V., Koshelyaeva, I. P., Karpova, L. V., Karpova, G. A. (2022). In *IOP Conference series: Earth and environmental science*, Vol. 953, No. 1, p. 012011.



Влияние на агрометеорологичните условия върху добива и качеството на зърното при линии зимен фуражен ечемик

Е. Димитров¹, Д. Димова^{2*}, З. Ур¹, В. Георгиева³

¹Институт по растителни генетични ресурси „Константин Малков“ – Садово, Селскостопанска академия

²Институт по земеделие – Карнобат, Селскостопанска академия

³Департамент „Метеорология“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: зимен фуражен ечемик (*Hordeum vulgare L. subsp. pallidum*), агрометеорологични условия, качество на зърното, продуктивност

*email: dm_darina@abv.bg

Въведение

Целта на изследването е да се определи влиянието на някои агрометеорологични индекси – ефективни температури (Growing Degree Days, GDD, °C) и количество валежи (R, mm), върху добива и качеството на зърното при изпитваните образци зимен фуражен ечемик. Установените тенденции на изменение на основните метеорологични елементи и агрометеорологичните условия през последния тридесетгодишен период, в сравнение с предходния, в района на Карнобат следват общата тенденция към увеличаване на температурите, а при годишните валежи статистически значима тенденция не се наблюдава, което влошава хидротермичните условия за растеж и развитие на основните земеделски култури.

Методология

Изследването е проведено през периода 2022–2024 г. в опитното поле на Института по земеделие – Карнобат. Включени са 20 селекционни линии зимен фуражен ечемик (*Hordeum vulgare L. subsp. pallidum*), които са генофонд на Института. Като основни стандарти за сравнение са използвани сортовете „Веслец“ и „Ахелой 2“, които са националните стандарти за зимния фуражен ечемик в системата на ИАСАС.

Резултати и изводи

Проведеният вариационен анализ показва, че вариационните коефициенти на изследваните признаци са незначителни. Това дава основание да се приеме, че линиите зимен фуражен ечемик, включени в проучването, са стабилни.

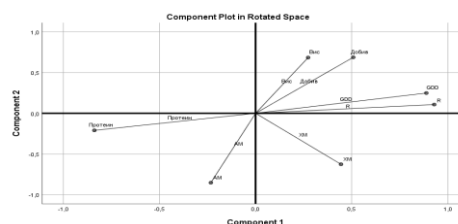
Principal Component Analysis (Abebe, 2024) е широко прилаган метод за оценка на генетичното разнообразие, взаимовръзките между признаците и класификацията на генотипите при ечемика (*Hordeum vulgare L.*). Разположението на генотипите в пространството на PC1 и PC2 (фиг. 1) показва ясно генотипното им разграничаване.

Линиите ечемик, разположени в положителния сектор на PC1, се отличават с по-висок добив и по-добра адаптация към благоприятни агрометеорологични условия и могат да бъдат разглеждани като перспективни източници на

изходен материал за създаване на високопродуктивни сортове ечемик.

В противоположния сектор на PC1 се групират генотипи като *Веслец-St*, *Ахелой 2-St*, *K-3429-22*, *K-3666-22* и *K-3599-22*, които се характеризират с по-нисък добив, но с по-високи стойности на протеиновото съдържание и абсолютната маса, което потвърждава отрицателната зависимост между добив и качество.

Втората главна компонента (PC2) допълнително разграничава генотипите според физичните показатели на зърното. Линиите *K-595-22*, *K-841-22*, *K-2826-22* и *K-4083-22* показват положителна връзка с PC2 и се отличават с по-добри технологични качества, докато генотипи с отрицателни стойности по PC2 са по-слабо изразени по тези показатели.



Фигура 1. Разположение на проучваните показатели във факториалната равнина.

Най-силна положителна корелация се наблюдава между климатичните фактори сума на ефективните температури и количество на падналите валежи. Добивът е в силна положителна корелационна връзка с GDD и средна по сила корелация с количеството на падналите валежи и височината на растенията. Отрицателна зависимост е установена между добива и изследваните физико-химични показатели (абсолютна маса, съдържание на протеин и хектолитрова маса). Подходящи източници на изходен материал, отличаващи се с добри продуктивни възможности, са линиите *K-3146-22*, *K-265-22*, *K-4069-22*, *K-4083-22* и *K-2741-22*.

Литература

Abebe, K. (2024). Cluster and principal component analysis for yield and yield-related traits of food barley (*Hordeum vulgare L.*) genotypes. *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research*, 40(3), 1086–1090.



Influence of agrometeorological conditions on grain yield and quality in winter fodder barley lines

E. Dimitrov¹, D. Dimova², Z. Uhr¹, V. Georgieva³

¹Institute of Plant Genetic Resources “Konstantin Malkov” – Sadovo, Agricultural Academy

²Institute of Agriculture – Karnobat, Agricultural Academy

³Department of Meteorology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: winter fodder barley (*Hordeum vulgare* L. subsp. *pallidum*), agrometeorological conditions, grain quality, productivity

*email: dm_darina@abv.bg

Introduction

The aim of the study is to determine the influence of some agrometeorological indices – effective temperatures (Growing Degree Days, GDD, °C) and amount of precipitation (R, mm), on the yield and quality of the grain of the tested winter fodder barley samples. The established trends of change in the main meteorological elements and agrometeorological conditions over the last thirty-year period, compared to the previous one, in the Karnobat region follow the general trend towards increasing temperatures, and in annual precipitation a statistically significant trend is not observed, which worsens the hydrothermal conditions for growth and development of the main agricultural crops.

Methodology

The study was conducted in the period 2022–2024 in the experimental field of the Institute of Agriculture – Karnobat. Twenty breeding lines of winter fodder barley (*Hordeum vulgare* L. subsp. *pallidum*), which are the gene pool of the Institute, were included. The main standards for comparison were the varieties “Veslets” and “Aheloy 2”, which are the national standards for winter fodder barley in the Executive Agency for Variety Testing, Approbation and Seed Control system.

Results and conclusions

The analysis of variation performed shows that the coefficients of variation of the studied traits are insignificant. This gives reason to assume that the winter fodder barley lines included in the study are stable.

Principal Component Analysis (Abebe, 2024) is a widely used method for assessing genetic diversity, relationships between traits and classification of genotypes in barley (*Hordeum vulgare* L.). The location of the genotypes in the space of PC1 and PC2 (Fig. 1) clearly shows their genotypic differentiation.

Barley lines located in the positive sector of PC1 are characterized by higher yield and better adaptation to favorable agrometeorological conditions and can be considered as promising sources of starting material for the creation of high-yielding barley varieties.

In the opposite sector of PC1, genotypes such as *Veslets-St*, *Aheloy 2-St*, *K-3429-22*, *K-3666-22* and *K-3599-22* are grouped, which are characterized by lower

yield, but with higher values of protein content and 1000 kernel weight, which confirms the negative relationship between yield and quality.

The second principal component (PC2) further distinguishes genotypes according to the physical traits of the grain. Lines *K-595-22*, *K-841-22*, *K-2826-22* and *K-4083-22* show a positive relationship with PC2 and are distinguished by better technological qualities, while genotypes with negative values on PC2 are less pronounced in these traits.

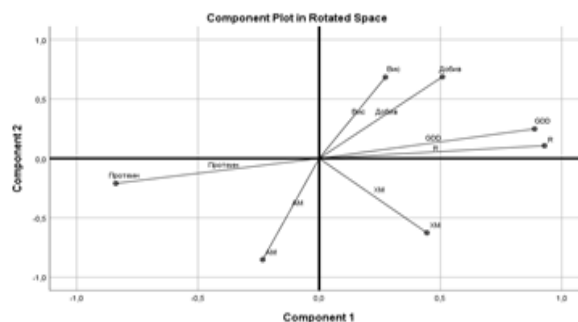


Figure 1. Location of the studied traits in the factorial plane.

The strongest positive correlation is observed between the climatic factors sum of effective temperatures and the amount of precipitation. The yield is in a strong positive correlation with GDD and in a medium correlation with the amount of precipitation and plant height. A negative correlation was established between the yield and the studied physicochemical traits (1000 grain weight/absolute mass, protein content and test weight). Suitable sources of starting material, distinguished by good productive capabilities, are the lines *K-3146-22*, *K-265-22*, *K-4069-22*, *K-4083-22* and *K-2741-22*.

References

Abebe, K. (2024). Cluster and principal component analysis for yield and yield-related traits of food barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes. *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research*, 40(3), 1086–1090.



Вероятностно-статистически анализ на датите на настъпване на чувствителни към мраз фази при някои костилкови овощни култури в България

П. Малашева*, В. Георгиева, В. Казанджиев

Департамент „Метеорология“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: *овощни култури, фенологични фази, пролетен мраз*

*email: Petia.Sredkova@meteo.bg

Въведение

Повредите от късни пролетни мразове са основен лимитиращ фактор за производство на овощни култури в нашата страна. Регистрираното увеличение на температурите на въздуха по време на принудителния покой предизвиква по-ранно развитие на плодните пъпки на овощните видове и повишава риска от последващите повратни пролетни мразове (Georgieva & Kazandjiev, 2023). Malchev и Savchovska (2020) установяват, че в района на Пловдив изследваните от тях сортове череши са най-чувствителни към пролетните мразове във фаза разпукване на пъпките.

Целта на настоящото изследване е да се направи вероятностна оценка на настъпването на основните фенологични фази – набъбване на пъпките, разпукване и цъфтеж, при череша и кайсия и риска от повреди от късни пролетни мразове.

Методология

За изследването са използвани метеорологични и фенологични данни от архивите на Националния институт по метеорология и хидрология. Отчетена е датата на настъпване на фенологичните фази ВВСН 37, ВВСН 57 и ВВСН 65 в основните райони, където е съсредоточено производството на овощни култури през периода 1981–2015 г. Използвани са резултатите от вероятностни оценки за настъпване на късен пролетен мраз.

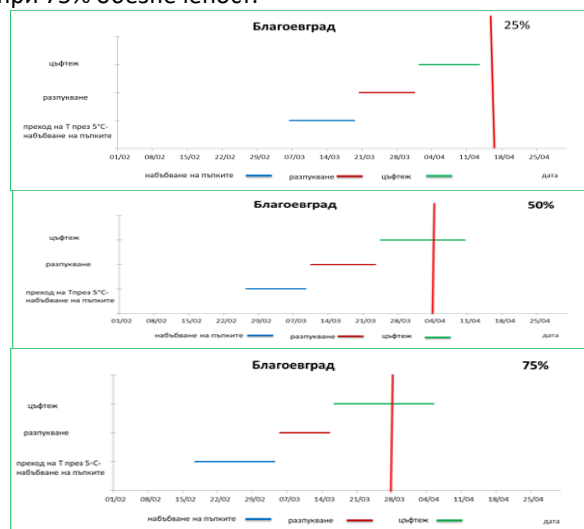
Резултати и изводи

В нашите климатични условия най-уязвими към повратни пролетни мразове са овощните култури, особено ранноцъфтящите костилкови видове като кайсия, праскова и череша, в началните фази от тяхното развитие – набъбване на пъпките, разпукване и цъфтеж.

В изследването са разгледани датите на настъпване на основните фенологични фази при череша (*Prunus avium* L.) и вероятността за настъпване на късни пролетни мразове. На фигура 1 са показани вероятностите за поява на пролетни мразове при череша за района на Благоевград. Изследванията на агрометеорологичните условия по време на принудителен покой за разгледаните седем станции показват, че средната дата на настъпване на последния пролетен мраз варира от 1 до 25 дни по-рано от датата на настъпване на фаза цъфтеж. В Пловдив 24.III е средната дата на настъпване на последния пролетен мраз, а датата на

цъфтеж е 10.IV, т.е. с 13 дни по-рано при 75% обезпеченост.

В по-топли години с 25% обезпеченост датата на цъфтеж настъпва 8 дни след последния пролетен мраз. Най-голяма опасност за възникване на пролетни мразове се наблюдава в районите на Търговище, Добрич, Кнежа и Кюстендил, тъй като датата на последния пролетен мраз настъпва от 1 до 13 дни по-рано от датата на настъпване на фаза цъфтеж. Най-малка е вероятността за настъпване на пролетни мразове в района на Разград, където 3.IV е вероятната дата на настъпване на последния пролетен мраз – 2 дни след настъпване на цъфтежа при 75% обезпеченост.



Фигура 1. Вероятностно-статистически анализ на датите на настъпване на чувствителни към мраз фази при череша (*Prunus avium* L.) в района на Благоевград.

В резултат на проведения вероятностно-статистически анализ в седем основни района, където е съсредоточено производството на череша в България, се установи, че късните пролетни мразове настъпват най-често през третото десетдневие на март или първото десетдневие на април, когато протичат фазите разпукване на пъпките и цъфтеж при разглежданите овощни култури.

Литература

- Georgieva, V., Kazandjiev, V. (2023). Late spring frosts and their impact to agriculture. *Agriculture & Food*, volume 11, pp. 166–174.
- Malchev, S., Savchovska, S. (2020). Vulnerability of sweet cherry cultivars to continuous periods of spring frost in Plovdiv, Bulgaria. *Agricultural science and technology*, volume 11, pp. 348–352.



Probabilistic-statistical analysis of occurrence dates of frost-sensitive stages in some stone fruit crops in Bulgaria

P. Malasheva*, V. Georgieva, V. Kazandjiev

Department of Meteorology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *fruit crops, phenological phases, spring frost*

*email: Petia.Sredkova@meteo.bg

Introduction

Late spring frosts are a critical factor limiting fruit production in Bulgaria. The recorded increase in air temperatures during ecodormancy triggers premature bud development, consequently increasing the risk of damage from subsequent spring frosts (Georgieva & Kazandjiev, 2023). In the Plovdiv region, Malchev and Savchovska (2020) established that the investigated cherry varieties exhibit maximum sensitivity to spring frosts at the bud break stage.

This study aims to provide a probabilistic evaluation of the onset of the main phenological phases – bud swelling, bud break, and flowering, in cherry and apricot trees and to assess the risk of damage from late-spring frosts.

Methodology

This study utilizes meteorological and phenological data sourced from the archives of the National Institute of Meteorology and Hydrology. We recorded the onset dates of phenological phases BBCH 37, BBCH 57, and BBCH 65 across the main fruit production areas between 1981 and 2015. Results from probabilistic assessments of late-spring frost occurrence were also used.

Results and conclusions

Under Bulgarian climatic conditions, fruit crops are highly susceptible to recurrent spring frosts, particularly early flowering stone fruit trees such as apricot and cherry. Their vulnerability is most pronounced during the initial developmental stages, including bud swelling, budburst, and flowering.

The study examines the onset dates of key phenological stages in cherry (*Prunus avium* L.) and the probability of late-spring frost. Figure 1 illustrates the probabilities of spring frost events for the Blagoevgrad region. Analysis of agrometeorological conditions during ecodormancy across the seven stations studied indicates that the mean date of the last spring frost ranges from 1 to 25 days before the onset of flowering. In Plovdiv, the mean date of the last spring frost is March 24, while the flowering date is April 10, occurring 13 days earlier at the 75% probability level. In warmer years, at a 25% probability level, the flowering date occurs eight days after the last spring frost. The highest risk of frost damage is observed in the regions of Targovishte, Dobrich, Knezha, and Kyustendil, where the last spring frost occurs 1 to 13 days before anthesis. Conversely, the lowest frost probability is found in the Razgrad region,

where the probable date of the last spring frost is April 3, two days after the onset of flowering at a 75% probability level.

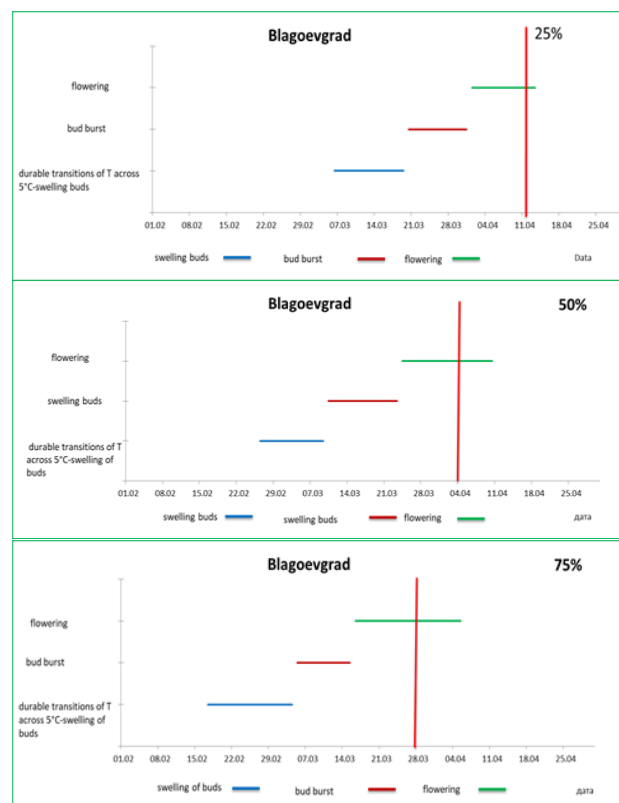


Figure 1. Probabilistic-statistical analysis of the dates of occurrence of frost-sensitive phases in cherry (*Prunus avium* L.) in the Blagoevgrad region.

A probabilistic statistical analysis conducted across seven primary cherry-producing regions in Bulgaria revealed that late spring frosts occur most frequently during the last ten days of March or the first ten days of April. This period coincides with the bud-burst and flowering phases of the fruit species studied.

References

- Georgieva, V., Kazandjiev, V. (2023). Late spring frosts and their impact to agriculture. *Agriculture & Food*, volume 11, pp. 166–174.
- Malchev, S., Savchovska, S. (2020). Vulnerability of sweet cherry cultivars to continuous periods of spring frost in Plovdiv, Bulgaria. *Agricultural science and technology*, volume 11, pp. 348–352.

ЗАМЪРСЯВАНЕ НА ВЪЗДУХА, ЕКОЛОГИЯ И ЧОВЕШКО ЗДРАВЕ



AIR POLLUTION, ECOLOGY AND HUMAN HEALTH

Методика за оценка на приноса на пустинен прах към превишенията на ФПЧ₁₀ в България и идентифициране на дните, повлияни от пустинен прах

Е. Георгиева^{1*}, Х. Кирова¹, А. Стойчева²

¹Департамент „Метеорология“, ²Департамент „Прогнози и информационно обслужване“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: *пустинен прах, ФПЧ₁₀, CAMS, методика*

*email: emilia.georgieva@meteo.bg

Въведение

Преносът на пустинен прах (ПП) води до повишени концентрации на ФПЧ₁₀ и може да причини превишаване на среднодневната (СД) норма от 50 µg m⁻³. Представяме методиката, разработена от Националния институт по метеорология и хидрология, за оценка на такъв род превишения в страната, която се базира на европейски насоки и научни изследвания (ЕС, 2011; Barnaba et al., 2017). Анализираме използването на резултати от ансамбловия модел (CAMS-ENS) на Услугата за мониторинг на атмосферата на „Коперник“ за идентифициране на дни с пренос на ПП. Сравняват се две версии на модела за концентрации на ПП в 40 точки в страната, където има станции на ИАОС.

Методология

Методиката за приспадане на превишения на ФПЧ₁₀ поради ПП се състои от две части: 1) идентификация: от приземните концентрации на CAMS-ENS за ПП се изчисляват за всяка станция СД концентрации на прах и когато те надвишават 5 µg m⁻³, се приема, че измерените СД концентрации на ФПЧ₁₀ са повлияни от пустинен прах; 2) количествено определяне на приноса на ПП към ФПЧ₁₀: като разлика между измерената концентрация и 50-ия перцентил на измерените стойности на ФПЧ₁₀ през времеви прозорец от ±3 дни, без да се включват дните, повлияни от пренос на ПП.

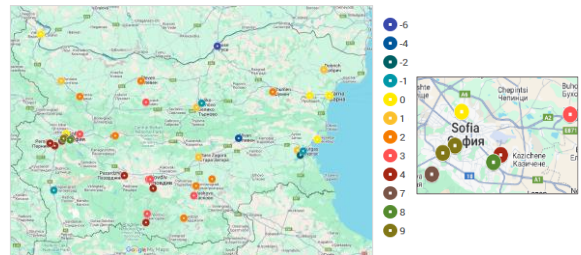
Чувствителността на броя идентифицирани дни спрямо версията на CAMS-ENS е анализирана с данни за 2022 г. за 40 точки от страната от две версии на модела: използваната в методиката – анализ (ENS), и тази от междинен ре-анализ (IRA).

Резултати и изводи

За страната като цяло ENS и IRA показват добро съгласуване: концентрациите от IRA са с около 3% по-ниски (NMB = -3.03%, r = 0.965), а използването на IRA води до намаление на броя на идентифицираните дни на станциите с около 6%. Най-голямата разлика (ENS-IRA) е през пролетта – IRA показва 45 дни по-малко сумарно за всички станции.

На ниво станция най-големите разлики са за тези в Софийския регион (ENS отбелязва 7–9 дни повече) и в Източна България (IRA отбелязва 4–6 дни повече)

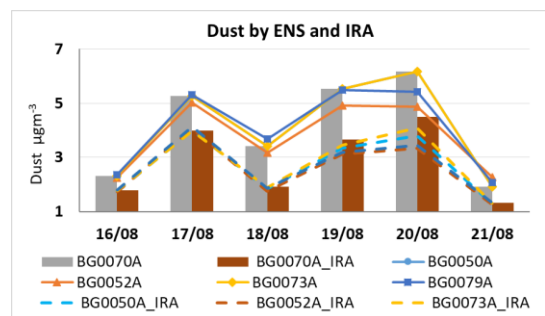
– фигура 1. Период с по-съществени разлики за станциите в София е около 15.08.2022 г.



Фигура 1. Разликата в броя на идентифицираните дни (ENS-IRA) за 40 станции в страната през 2022 г.

ENS идентифицира дните 17 и 19–20.08 като повлияни от пустинен прах, докато концентрациите от IRA остават под праговата стойност от 5 µg m⁻³ (фиг. 2). Измерените ФПЧ₁₀ концентрации в станциите показват превишение само на Копитото (1350 m) и само на 17.08. Това указва, че в този период като цяло IRA резултатите са по-достоверни.

Допълнителни изследвания (напр. химичен състав на ФПЧ₁₀) са необходими за по-ясни заключения.



Фигура 2. Концентрация на пустинен прах от ENS (пътни линии) и IRA (пунктирани линии) за отделни станции в града; за Копитото – ENS (сиви стълбчета), IRA (кафяви стълбчета).

Благодарности: Изследването е осъществено в рамките на проект, финансиран от бюджета на НИМХ.

Литература

Barnaba et al. (2017). *Atmospheric Environment*, 161, 288.

CAMS-ENS, CAMS-IRA, available at:

<https://ads.atmosphere.copernicus.eu>

EC (2011). EC Guidelines, available at:

<https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST%206771%202011%20INIT/EN/pdf>

Methodology for assessment of desert dust contribution to PM₁₀ exceedances in Bulgaria and identification of dust days

E. Georgieva^{1*}, H. Kirova¹, A. Stoycheva²

¹Department of Meteorology, ²Department of Forecasts and Information Service, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *desert dust, PM₁₀, CAMS, methodology*

*email: emilia.georgieva@meteo.bg

Introduction

The transport of desert dust (DD) leads to elevated PM₁₀ concentrations and may cause exceedances of the daily limit value of 50 µg m⁻³. We present the methodology developed by NIMH for assessing such exceedances in the country, based on European guidelines and scientific studies (EC, 2011; Barnaba et al., 2017). We analyse the use of the regional ensemble model (CAMS-ENS) from the Copernicus Atmosphere Monitoring Service for identifying the dust days at single sites. We compare the dust concentration from two versions of the model for 40 sites in the country, where AQ stations are located.

Methodology

The methodology has two phases: 1) identification: hourly dust concentrations are extracted from CAMS-ENS for the locations of PM₁₀ stations; the daily mean dust is calculated and if exceeds 5 µg m⁻³ the day is flagged as influenced by dust; 2) quantification of DD contribution to measured PM₁₀ concentrations: the dust contribution is defined as the difference between observed PM₁₀ and a “background” value (PERC50 of measured PM₁₀ over a ±3-day window excluding days affected by DD).

We compare two versions of the regional CAMS ensemble model – analysis (ENS) and the interim reanalysis (IRA), for 2022 for 40 sites – AQ stations in the country. We examine the sensitivity of the dust-day identification part to CAMS ensemble model versions (analysis ENS and interim reanalysis IRA).

Results and conclusions

ENS and IRA show, in general, good agreement for the identified days at the stations. IRA dust concentrations are about 3% lower than the ones by ENS (NMB = -3.03%, r = 0.965). Using IRA leads to about 6% decrease of flagged station-days. The largest difference (ENS-IRA) is noted in spring – IRA provides 45 less station-days.

Looking at single sites, the largest differences are for the stations in Sofia region (ENS marks 7–9 more days) and for stations in Eastern Bulgaria (IRA marks 4–6 more days) – Figure 1.

A period with more significant differences for the stations in Sofia is around August 15, 2022.

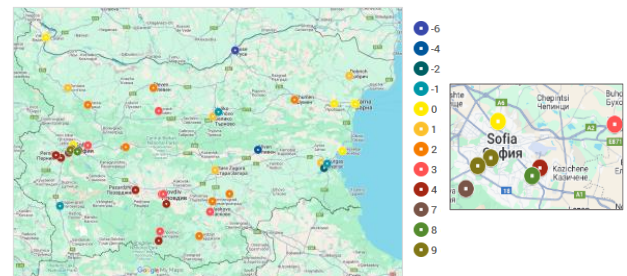


Figure 1. Difference (ENS-IRA) for the number of identified dust days at 40 AQ stations in 2022.

The ENS model version flags the days 17 and 19–20 August, while IRA concentrations remains below the threshold of 5 µg m⁻³ (Fig. 2). Measured PM₁₀ at the stations in Sofia region show exceedance only at Sofia-Kopitoto (1350 m) and only on August 17. This indicate that during this period IRA results seem to be more reliable.

Additional studies (e.g. chemical composition of PM₁₀) are necessary for more firm conclusions.

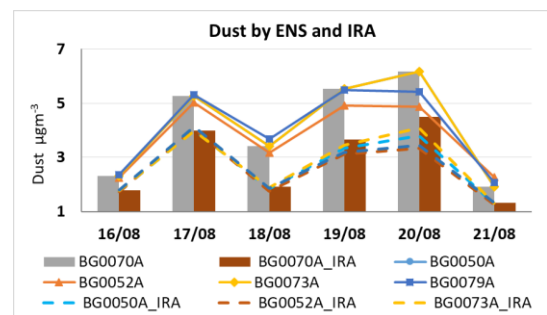


Figure 2. Dust concentrations for stations in Sofia city by ENS (solid lines) and IRA (dashed lines), for station Sofia Kopitoto – ENS (grey bars), IRA (brown bars).

Acknowledgements: This study was carried out within a project included in the NIMH research plan.

References

- Barnaba et al. (2017). *Atmospheric Environment*, 161, 288.
- CAMS-ENS, CAMS-IRA, available at: <https://ads.atmosphere.copernicus.eu>
- EC (2011). EC Guidelines, available at: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-206771%202011%20INIT/EN/pdf>



Мониторингът на полен във въздуха като необходим компонент на метеорологичните прогнози

М. Христова-Савова*

Национален център по заразни и паразитни болести

Ключови думи: метеорологични условия, въздушно биологично замърсяване, полен, поленова алергия

*email: eli.savova@abv.bg

Въведение

Поленовите зърна са мъжките полови клетки при растенията. При анемофилните видове те се образуват в големи количества. В процеса на опрашване поленът се явява важен компонент на въздуха като ФПЧ, CO₂, NO₂, SO₂, O₃ и други газове. Концентрацията на полени във въздуха отразява динамичното взаимодействие между биологичната активност на растителността в региона и метеорологичните условия. За по-голямата част от човешката популация поленът е безвреден, но при около 30% от хората води до алергични оплаквания със сезонна динамика. Мониторинг на полена във въздуха започва да се провежда в края на XIX век. Днес той е съществен елемент от системите за наблюдение на околната среда, предоставяйки ценна информация за фенологията на растенията, атмосферните процеси и рисковете за общественото здраве. Натрупването на голяма база данни дава възможност за изготвяне на ежегодни прогнозни поленови календари. Ежедневният мониторинг на въздушни проби позволява подаването на краткосрочни прогнози за ранно предупреждение на пациентите с полиноза.

Методология

За България периодът с наличие на полен във въздуха започва в края на зимата и продължава до средата на есента. Изследванията са проведени в София. Използвани са два метода за улавяне на цветния прашец:

1. Седиментационен – за периода 2011–2025 г.
2. Обемен – за 2024 и 2025 г.

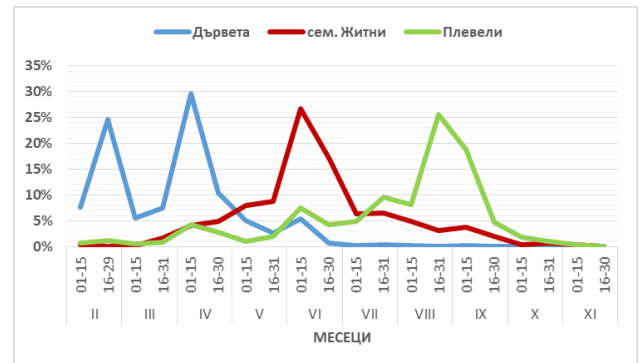
Получените проби се анализират под микроскоп, като се определят видовият състав и численост на поленовите зърна. В зависимост от количеството прашец във въздуха се определя поленов индекс в 4 нива: ниско, умерено, високо и много високо. След статистическа обработка на данните се изработва поленов календар.

Резултати и изводи

Въздушната поленова концентрация е в пряка зависимост от метеорологичните условия. Температурата влияе върху началото на цъфтежа, влажността – върху освобождаването на полен, а вятърът определя въздушния пренос и далечен транспорт на полена. Валежите обикновено намаляват концентрациите във въздуха чрез отмиване, но могат и да стимулират развитието на растителността в по-топлите и след сухи периоди.

Мониторингът от февруари до октомври разкрива три основни сезонни пика:

- Полен от дървета – ранна пролет;
- Полен от треви от сем. Житни – късна пролет до ранно лято;
- Полен от плевели – от средата на лятото до есента.



Фигура 1. Динамика на поленовия сезон през 2024 г.

Дългосрочните наблюдения показват, че изменението на климата променя сезоните на полени. Ключовите тенденции са:

- По-ранно начало на цъфтежа;
- По-дълъг поленов сезон;
- Повишено производство на полени поради по-високи нива на CO₂;
- Промени в разпространението на видовете;
- По-чести екстремни метеорологични събития, като напр. мълнии, влияещи върху отделянето на поленов алерген във въздуха.

Тези промени подчертават необходимостта от непрекъснато наблюдение и адаптивни стратегии за прогнозиране. Световният опит показва, че разпространението чрез различни медии на комбинирани метеорологични с поленови прогнози предлага навременна информация на чувствителни към алергии лица и здравни специалисти.

Благодарности: Изследването е осъществено в рамките на проект: Договор BG16RFPR002-1.014-0017 „Център за компетентност „Имунопатоген“ по Програма „Научни изследвания, иновации и дигитализация за интелигентна трансформация“ 2021–2027 г.

Литература

Capone, P., Lancia, A., D'Ovidio, M.C. *Atmosphere* 2023, 14, 1544, <https://doi.org/10.3390/atmos14101544>
D'Amato et al. *Multidisc. Resp. Medicine* 2013, 8:12, <http://www.mrmjournal.com/content/8/1/12>



Pollen monitoring in the air as a necessary component of meteorological forecasts

M. Hristova-Savova*

National Center for Infectious and Parasitic Diseases

Keywords: *meteorological conditions, air biological pollution, pollen, pollen allergy*

*email: eli.savova@abv.bg

Introduction

Pollen grains are the male sex cells of plants. In anemophilous species they are formed in large quantities. In the process of pollination pollen is an important component of the air such as PM, CO₂, NO₂, SO₂, O₃ and other gases. The concentration of pollen in the air reflects the dynamic interaction between the biological activity of vegetation in the region and meteorological conditions. For the majority of the human population, pollen is harmless, but in about 30% of people it leads to allergic complaints with seasonal dynamics. Pollen monitoring in the air began to be carried out at the end of the 19th century. Today it is an essential element of environmental monitoring systems, providing valuable information on plant phenology, atmospheric processes and public health risks. The accumulation of a large database allows for the preparation of annual forecast pollen calendars. Daily monitoring of air samples allows for the submission of short-term forecasts for early warning of patients with hay fever.

Methodology

For Bulgaria, the period with the presence of pollen in the air begins at the end of winter and lasts until mid-autumn. The studies were conducted in the city of Sofia. Two methods were used to capture pollen:

1. Sedimentation – for the period 2011–2025.
2. Volumetric – for 2024 and 2025.

The obtained samples are analyzed under a microscope to determine the species composition and number of pollen grains. Depending on the amount of pollen in the air, a pollen index is determined in 4 levels: low, moderate, high and very high. After statistical processing of the data, a pollen calendar is created.

Results and conclusions

Airborne pollen concentration directly depends on meteorological conditions. Temperature affects the beginning of flowering, humidity – the pollen release, and wind determines the airborne and long-distance transport of pollen. Precipitation usually reduces concentrations in the air through washing, but it can also stimulate vegetation growth in warmer and post-dry periods.

Monitoring from February to October reveals three main seasonal peaks:

- Tree pollen – early spring;
- Grass pollen from the Cereals family – late spring to early summer;
- Weed pollen – from mid-summer to autumn.

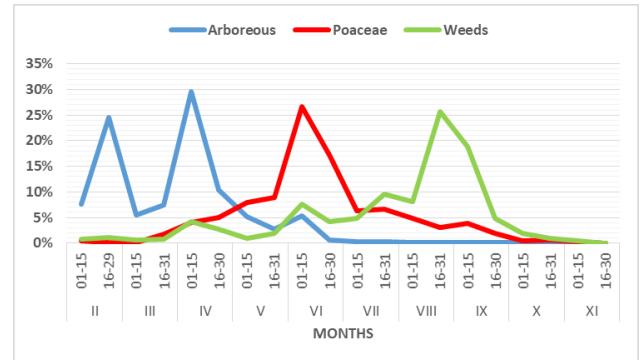


Figure 1. Dynamics of the pollen season in 2024.

Long-term observations show that climate change is changing pollen seasons. Key trends are:

- Earlier onset of flowering;
- Longer pollen season;
- Increased pollen production due to higher CO₂ levels;
- Changes in species distribution;
- More frequent extreme weather events, such as lightning, affecting the release of pollen allergen into the air.

These changes highlight the need for continuous monitoring and adaptive forecasting strategies. Global experience shows that the dissemination of combined weather and pollen forecasts through various media offers timely information to allergy-sensitive individuals and health professionals.

Acknowledgements: The study was carried out within the framework of the project: Contract BG16RFPR002-1.014-0017 “Competence Center “Immunopathogen” under the Program “Research, Innovation and Digitalization for Smart Transformation” 2021–2027.

References

- Capone, P., Lancia, A., D’Ovidio, M.C. *Atmosphere* 2023, 14, 1544, <https://doi.org/10.3390/atmos14101544>
- D’Amato et al. *Multidisc. Resp. Medicine* 2013, 8:12, <http://www.mrmjournal.com/content/8/1/12>

Оценка и сравнителен анализ на сензори за прахови частици

А. Терзийски^{1*}, Н. Кочев¹, Л. Цанков², Е. Христова³, Е. Йорданова³, С. Георгиева¹, С. Тенев¹

¹Химически факултет, Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“

²Физически факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“

³Департамент „Метеорология“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: ФПЧ, КАВ, бюджетни оптични сензори

*email: atanas@uni-plovdiv.net

Въведение

Дългосрочният и непрекъснат мониторинг на въздуха е ключов елемент в политиките и мерките за подобряване на качеството на атмосферния въздух (КАВ). Количеството на диспергираните фини прахови частици (ФПЧ) е основен показател за състоянието на КАВ. Изграждането на ефективна мрежа за наблюдение на КАВ, с фокус върху ФПЧ, е предизвикателна задача – както поради високата цена на референтните уреди, така и поради по-високата неопределеност на измерванията с бюджетни сензори.

В настоящото изследване представяме оценка и сравнителен анализ на референтния оптичен уред Fluke 985 Particle Counter и нискобюджетните оптични сензори (SEN55 и HPMA115S0) с данни за концентрацията на ФПЧ_{2.5}, получени със стандартизиран автоматичен уред за пробонабиране на ФПЧ (SQ1, Giano, компания Dado Lab).

Методология

Разработено е интегрирано измервателно устройство, осигуряващо синхронизирана регистрация на данни от три оптични сензора за мониторинг на ФПЧ – Fluke 985 Particle Counter, SEN55 и HPMA115S0 (Terziyski et al., 2025). Измерванията се извършват на интервали от 10 минути, като времевата маркировка и локацията се определят чрез вграден GPS модул. По време на експлоатация въздушният поток се хомогенизира и обновява непрекъснато чрез контролирано вентилиране. Устройството е функционирало през февруари 2026 г. в непосредствена близост до автоматичен уред SQ1, работещ в съответствие със стандарт EN-12341, разположен на метеорологичната площадка на НИМХ в София. Масовата концентрация на ФПЧ_{2.5} е определена чрез гравиметричен анализ с използването на аналитична везна (Mettler Toledo, MS105DU/M) (Hristova et al., 2020).

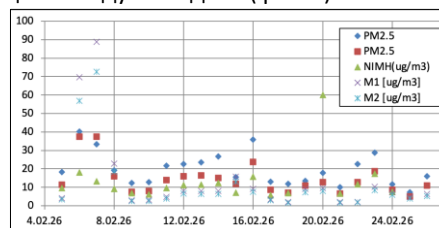


Фигура 1. Опитна постановка.

За преобразуване на регистрирания брой частици от Fluke OPC в масова концентрация е приложен математически подход, основан на оценка на плътността на размерното разпределение на частиците. Последната е определена чрез регресионен анализ върху данните от шестте канала на Fluke.

Резултати и изводи

Изчислени са среднодневни стойности от оптичните сензори за 24 интервала от 8:00 до 8:00 ЕЕТ на следващия ден, в съответствие с режима на пробовземане на SQ1. Извършена е статистическа обработка на резултатите от сравнителния анализ, включваща оценка на съгласуваността и степента на корелация между методите (фиг. 2).



Фигура 2. Сравнение на среднодневни концентрации.

На фигурата са представени резултатите от двата бюджетни сензора (SEN55 – синьо, и HPMA115S0 – червено), референтния уред (NIMH – зелено), както и резултатите от два метода (M1 и M2 – виолетово и светлосиньо) за трансформиране на отчетения от Fluke брой частици (бр./L) в еквивалентна масова концентрация ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) за фракция ФПЧ_{2.5}.

Благодарности: Изследването е осъществено в рамките на проект Дуюкос по Плана за възстановяване и устойчивост, № BG-RRP-2.004-0001-C01, както и съгласно договора за сътрудничество и съвместна дейност между НИМХ и Химическия факултет на Пловдивския университет.

Литература

- Hristova, E., et al. (2020). Application of positive matrix factorization receptor model for source identification of PM₁₀ in the city of Sofia, Bulgaria. *Atmosphere*, Vol. 11, 890, 145.
- Terziyski, A., Kochev, N., Tenev, S., Georgieva, S. (2025). Performance evaluation and cross-validation of low-cost particulate matter sensors for environmental research. *Ecologia Balkanica*, Vol. 17, 2, pp. 166-174.

Evaluation and comparison of particulate matter sensors

A. Terziyski^{1*}, N. Kochev¹, L. Tsankov², E. Hristova³, E. Yordanova³, S. Georgieva¹, S. Tenev¹

¹Faculty of Chemistry, Plovdiv University “Paisiy Hilendarski”

²Faculty of Physics, Sofia University “St. Kliment Ohridski”

³Department of Meteorology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *PM, air quality, low cost optical sensors*

*email: atanas@uni-plovdiv.net

Introduction

Long-term and continuous monitoring is a key element in policies and measures to improve air quality (AQ). The amount of dispersed fine particulate matter (PM) is a key indicator of AQ. Building an effective AQ monitoring network, with focus on PM, is a challenging task—both because of the high cost of reference instruments and the higher uncertainty of measurements with low-cost sensors.

In this study, we present an evaluation and comparative analysis of the Fluke 985 Particle Counter reference optical device and low-budget optical sensors (SEN55 and HPM115S0) with data on PM_{2.5} concentration obtained with a standardized automatic PM sampling device (SQ1, Giano, Dado Lab).

Methodology

An integrated measuring device has been developed that provides synchronized data recording from three optical sensors for PM monitoring – Fluke 985 Particle Counter, SEN55, and HPM115S0 (Terziyski et al., 2025). Measurements are performed at 10-minute intervals, with time stamping and location determined by a built-in GPS module. During operation, the air flow is homogenized and continuously refreshed by controlled ventilation. The device operated in February 2026 in close proximity to an automatic PM sampler SQ1 operating in accordance with standard EN-12341, located at the meteorological station of the NIMH in Sofia. The mass concentration of PM_{2.5} was determined by gravimetric analysis using an analytical balance (Mettler Toledo, MS105DU/M) (Hristova et al., 2020).



Figure 1. Experimental setup.

To convert the registered number of particles from Fluke OPC into mass concentration, a mathematical approach based on the density estimation of the particle size distribution was applied. The latter was

determined by regression analysis on the data from the six Fluke channels.

Results and conclusions

Mean daily values were calculated from the optical sensors for 24 intervals from 8:00 a.m. to 8:00 a.m. EET the following day, in accordance with the SQ1 sampling regime. Statistical processing of the results of the comparative analysis was performed, including an assessment of the consistency and degree of correlation between the methods (Fig. 2).

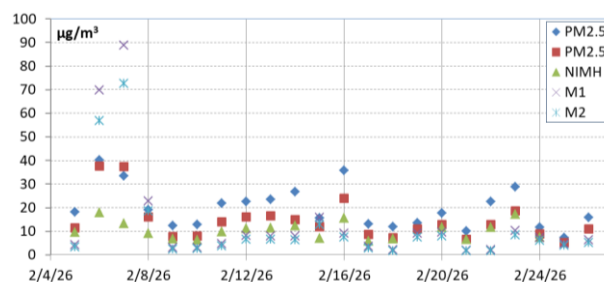


Figure 2. Comparison of mean daily concentrations.

The figure shows results from two low-cost sensors (SEN55 – blue, and HPM115S0 – red), the reference device (NIMH – green), as well as the results from two methods (M1 and M2 – purple and light blue) for converting the number of particles (pcs/L) measured by Fluke into equivalent mass concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) for the PM_{2.5} fraction.

Acknowledgements: The study was carried out within the framework of the DUEKOS project under the Recovery and Sustainability Plan, No. BG-RRP-2.004-0001-C01, as well as in accordance with the cooperation and joint activity agreement between the NIMH and the Faculty of Chemistry at Plovdiv University.

References

- Hristova, E., et al. (2020). Application of positive matrix factorization receptor model for source identification of PM₁₀ in the city of Sofia, Bulgaria. *Atmosphere*, Vol. 11, 890, 145.
- Terziyski, A., Kochev, N., Tenev, S., Georgieva, S. (2025). Performance evaluation and cross-validation of low-cost particulate matter sensors for environmental research. *Ecologia Balkanica*, Vol. 17, 2, pp. 166-174.



Превишения на ФПЧ₁₀ и метеорологични условия в две студени полугодия

Е. Георгиева^{1*}, Н. Нейкова¹, Б. Велева¹, А. Стойчева², Т. Дарелова¹

¹Департамент „Метеорология“, ²Департамент „Прогнози и информационно обслужване“,
Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: *метеорологични параметри, ФПЧ₁₀, превишения*

*email: emilia.georgieva@meteo.bg

Въведение

Превишенията на среднодневната норма за ФПЧ₁₀ (50 µg m⁻³) са резултат от комбинирано влияние на множество процеси, свързани с емисии, пренос и трансформация на замърсители и тяхното почистване от атмосферата. Метеорологични параметри със съществена роля за дисперсията на замърсители са скорост на вятъра, валеж и устойчивост на атмосферата. Влажността, слънчевото греене и температурата влияят индиректно чрез условия за преобразуване на замърсителите, както и за увеличаване на емисии от битово горене.

Направен е съвместен анализ на превишенията на ФПЧ₁₀ и метеорологични данни от стандартни измервания за две студени полугодия: октомври 2023 – март 2024 г. и октомври 2024 – март 2025 г.

Методология

Използвани са данни за аномалии в температурата и валежите над страната за двата периода, както и описание за типа време през отделни зимни месеци (Месечен хидрометеорологичен бюлетин, НИМХ).

Среднодневните концентрации за ФПЧ₁₀ са анализирани за 16 станции на ИАОС, където са регистрирани значим брой дни с превишения през зимния сезон 2024–2025 г.: София – 167 дни общо (Павлово, Надежда, Хиподрума, Младост, Дружба и гара Яна), Перник – 90 (Център и Църква), Долни Воден – 37, Пловдив – 98 (Каменица и Тракия), Хасково – 47, Русе – 48, Горна Оряховица – 48, Видин – 48, и Монтана – 55. За 7 града със станции на НИМХ е направен съвместен анализ на наблюдавани месечни превишения и средномесечна температура, скорост на вятъра и месечен валеж.

Резултати и изводи

Превишенията през 2024–2025 г. са близо два пъти повече, отколкото през 2023–2024 г. (табл. 1). През януари и февруари 2025 г. превишенията са около 2.7 пъти повече спрямо същите месеци на 2024 г.

Таблица 1. Сравнение на брой дни с превишения

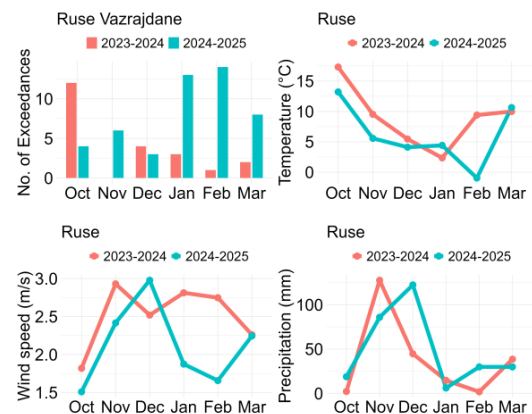
Период/ месец	Общо	XII	I	II
2023–2024	355	117	101	42
2024–2025	638	69	250	131

Януари 2025 г. е най-сухият месец януари от 2021 г. насам, с месечни суми на валежите под климатичната норма (3–80% от нея). Януари 2024 г. е по-дъждовен, с валежи около и под нормата. И за двете години януари е със средномесечни температури над нормата, като по-топъл е януари 2025 г. Февруари и за двете години е относително сух (валежи под нормата). Най-характерно за февруари 2025 г. е студеното време: това е най-студеният месец февруари от 2013 г. насам (отклонение от нормата до -5 °C). За сравнение, февруари 2024 г. е един от най-топлите (отклонение от нормата от +3.0 до +7.6 °C).

За януари и февруари 2025 г. са характерни и продължителни периоди с антициклонално време и условия за мъгли, което благоприятства задържането на замърсители във въздуха.

Подробните анализи за всяка от станциите (София, Пловдив, Перник, Хасково, Русе, Видин, Монтана) показват, че разликите между превишенията в двете студени полугодия са свързани с разлики в някои метеорологични параметри – най-често това са по-ниски скорости на вятъра и по-малки количества валеж през сезона 2024–2025 г. спрямо 2023–2024 г.

Например за станция Русе (фиг. 1) разликите в превишенията през януари-февруари се асоциират с разлики в скоростта на вятъра и температурата.



Фигура 1. Русе – брой превишения на ФПЧ₁₀ и температура, скорост на вятъра и валеж за студентите полугодия 2023–2024 г. и 2024–2025 г.

Благодарности: Изследването е осъществено в рамките на проект, финансиран от бюджета на НИМХ.

Литература

Месечен хидрометеорологичен бюлетин, НИМХ (архив): <https://bulletins.cfd.meteo.bg/>



PM₁₀ exceedances and meteorological conditions in two cold seasons

E. Georgieva^{1*}, N. Neykova¹, B. Veleva¹, A. Stoycheva², T. Darelva¹

¹Department of Meteorology, ²Department of Forecasts and Information Service, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *meteorological parameters, PM₁₀, exceedances*

*email: emilia.georgieva@meteo.bg

Introduction

The exceedances of PM₁₀ daily limit value (50 µg m⁻³) are result of the combined effects of multiple processes related to emissions, transport and transformation of pollutants, and their removal from the atmosphere. Meteorological parameters with a crucial role for the dispersion of pollutants are the wind speed, precipitation, and atmospheric stability. Humidity, sunshine, and temperature have an indirect influence through conditions for transformation of pollutants and for increasing of emissions from residential heating.

A combined analysis is carried out of PM₁₀ exceedances and meteorological data from standard observations during two cold seasons (October 2023 – March 2024 and October 2024 – March 2025).

Methodology

Data for the temperature and precipitation anomalies (deviations from the monthly climate norms) over the country are used. In addition, the synoptic situations and weather during the single months was consulted (Monthly hydrometeorological bulletin, NIMH).

PM₁₀ daily mean concentrations are analyzed at 16 air quality stations of the Executive Environment Agency, where significant number of exceedances were recorded during the cold season 2024–2025: in Sofia – 167 total days (Pavlovo, Nadezhda, Hipodruma, Mladost, Druzhba and Gara Yana), Pernik – 90 (Centre и Tsarkva), Dolni Voden – 37, Plovdiv – 98 (Kamenitsa and Trakia), Haskovo – 47, Ruse – 48, Gorna Oryahovitsa – 48, Vidin – 48, and Montana – 55. For 7 cities with NIMH stations, a combined analysis is carried out for the monthly number of exceedances, temperature, wind and precipitation.

Results and conclusions

The number of exceedances in 2024–2025 are almost two times more than in 2023–2024 (Table 1). In January and February 2025 the exceedances are about 2.7 more than in the same months of 2024.

Table 1. Comparison for number of exceedances

Period/ month	Total	XII	I	II
2023–2024	355	117	101	42
2024–2025	638	69	250	131

January 2025 was the driest January since 2021, with monthly precipitation amounts below the climate norm (3–80% of it). January 2024 was wet, with precipitation around and below the norm. For both years, January monthly temperatures were above the norm, with January 2025 being warmer. February in both years was relatively dry (below average precipitation). The most characteristic feature of February 2025 was the cold weather: it was the coldest February since 2013 (deviation from the norm of up to -5°C). February 2024, on the other hand, was one of the warmest (deviation from the norm by +3.0 to +7.6 °C).

January and February 2025 were characterized by prolonged periods of anticyclone weather and days with fog, which favor the accumulation of pollutants in the air. Detailed analyses for each of the stations (Sofia, Plovdiv, Pernik, Haskovo, Ruse, Vidin, and Montana) showed that the differences between the exceedances in the two cold seasons are related to differences in certain meteorological parameters – most often these are lower wind speeds and lower precipitation amounts.

For example, in Ruse the differences in exceedances in January-February are associated with differences in the wind speeds and temperatures (Fig. 1).

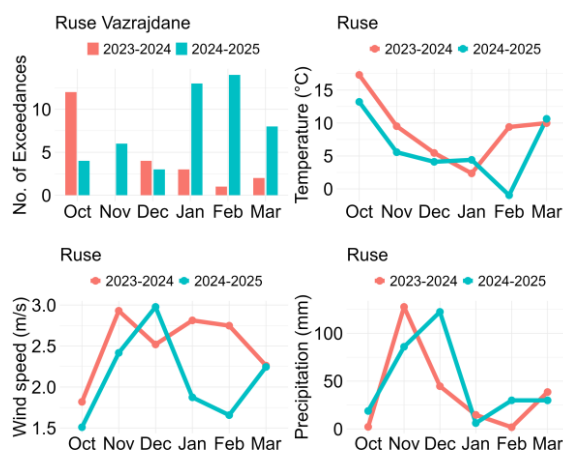


Figure 1. Ruse – number of PM₁₀ exceedances and temperature, wind speed and precipitation for the months of the cold seasons 2023–2024 and 2024–2025.

Acknowledgements: This study was carried out within a project included in the NIMH research plan.

References

Monthly hydrometeorological bulletin, NIMH (archive): <https://bulletins.cfd.meteo.bg/>

**Тежки метали във ФПЧ_{2.5} в Бургас: сезонна динамика и оценка на здравен риск**Х. Мутлу¹, Л. Гонсалвеш^{1*}, В. Георгиева¹, С. Найденова¹, Е. Христова²¹Факултет по природни науки, Бургаски държавен университет „Проф. д-р Асен Златаров“²Департамент „Метеорология“, Национален институт по метеорология и хидрологияКлючови думи: *тежки метали, ФПЧ, сезонна динамика, здравен риск**email: lenia_gonsalvesh@abv.bg, lenia_gonsalvesh@uniburgas.bg**Въведение**

Фините прахови частици (ФПЧ_{2.5}) се утвърждават като ключов индикатор за качеството на атмосферния въздух поради значимото им въздействие върху екосистемите и общественото здраве. В урбанизираните територии транспортът, битовото отопление и индустриалната дейност са сред основните източници на емисии, които водят до повишени концентрации на устойчиви и потенциално токсични метали в атмосферния аерозол. Натрупването на тези елементи във ФПЧ_{2.5} създава предпоставки за повишена експозиция на населението и свързани здравни рискове. Настоящото изследване има за цел да анализира динамиката и източниците на тежки метали във ФПЧ_{2.5} в гр. Бургас, както и да оцени възрастово-специфичния инхалационен здравен риск.

Методология

Проби от ФПЧ_{2.5} са събирани през есента на 2022 г. и зимата на 2023 г. на територията на Бургаския държавен университет „Проф. д-р Асен Златаров“ (42.314° N, 27.264° E, 30 m надморска височина) в рамките на проекта CARBOAEROSOL. Тринадесет метала (V, Cr, Mn, Fe, Ni, Co, Zn, Cu, As, Cd, Pb, Ba, Bi) са определени чрез ICP-MS след микровълнова киселинна минерализация. За идентификация на източниците са използвани описателна статистика, относително стандартно отклонение (RSD), корелационен анализ на Pearson и йерархичен клъстерен анализ. Инхалационният здравен риск е оценен съгласно методологията на U.S. EPA, чрез изчисляване на неканцерогенен риск (Hazard Index, HI) и канцерогенен риск (Total Cancer Risk, TCR) за кърмачета, деца и възрастни (U.S. EPA, 1989).

Резултати и изводи

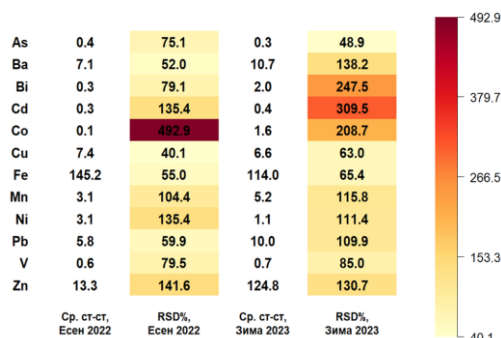
Установена е ясно изразена сезонна вариабилност, като концентрациите на повечето метали са по-високи през зимния период. Това се свързва с интензифициране на антропогенните емисии (битово отопление), ограничена атмосферна дисперсия и специфични метеорологични условия, благоприятстващи акумулиране на замърсители.

Най-високи средни концентрации са отчетени за Fe, Zn, Cu, Pb и Ba. Корелационният анализ показва силни връзки между отделни елементи (напр. Zn-Cu-Ba-Pb през зимата), което предполага общи източници на емисии, свързани с горивни процеси и транспорт.

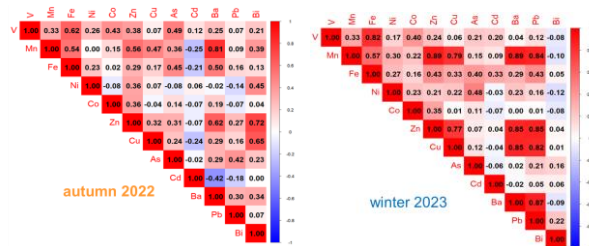
потвърждава наличието на обусловени от източника групи метали.

Оценката на здравния риск показва възрастово-зависими различия. Най-високи стойности на HI са отчетени при кърмачета, основно поради експозиция на Mn и As, но всички стойности остават под критичната граница от 1. Канцерогенният риск (TCR) е доминиран от приноса на As, следван от Cd и Ni, като при децата стойностите се доближават до или леко надвишават референтната граница 1×10^{-4} , особено през зимата.

Резултатите подчертават значението на сезонните фактори и възрастово-специфичната експозиция при оценка на риска в урбанизирана среда.



Фигура 1. Средни концентрации (ng/m³) и относително стандартно отклонение (RSD, %) на тежки метали във ФПЧ_{2.5} по сезони.



Фигура 2. Корелационен анализ на Пийърсън по сезони.

Литература

U.S. EPA (1989). Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part A), EPA/540/1-89/002, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, DC.



Heavy metals in PM_{2.5} in Burgas: Seasonal dynamics and health risk assessment

H. Mutlu¹, L. Gonsalvesh^{1*}, V. Georgieva¹, S. Naydenova¹, E. Hristova²

¹Faculty of Natural Sciences, Burgas State University “Prof. Dr. Asen Zlatarov”

²Department of Meteorology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *heavy metals, PM_{2.5}, seasonal dynamics, health risk*

*email: lenia_gonsalvesh@abv.bg, lenia_gonsalvesh@uniburgas.bg

Introduction

Fine particulate matter (PM_{2.5}) has become a key indicator of air quality due to its significant impact on ecosystems and public health. In urban environments, traffic emissions, residential heating and industrial activities represent major sources contributing to elevated concentrations of persistent and potentially toxic metals in atmospheric aerosols. The accumulation of these elements in PM_{2.5} increases population exposure and may pose substantial health risks. The present study aims to analyze the dynamics and potential sources of heavy metals in PM_{2.5} in the city of Burgas, Bulgaria, and to assess age-specific inhalation health risks.

Methodology

PM_{2.5} samples were collected during autumn 2022 and winter 2023 at the site of Burgas State University “Prof. Dr. Asen Zlatarov” (42.314° N, 27.264° E, 30 m a.s.l.) within the framework of the CARBOAEROSOL project. Thirteen metals (V, Cr, Mn, Fe, Ni, Co, Zn, Cu, As, Cd, Pb, Ba, Bi) were determined using ICP-MS following microwave-assisted acid digestion. Source identification was performed using descriptive statistics, relative standard deviation (RSD), Pearson correlation analysis and hierarchical cluster analysis. Inhalation health risk was assessed according to the U.S. EPA methodology by calculating the non-carcinogenic risk (Hazard Index, HI) and the carcinogenic risk (Total Cancer Risk, TCR) for infants, children, and adults (U.S. EPA, 1989).

Results and conclusions

A pronounced seasonal variability was observed, with higher concentrations of most metals during the winter period. This trend can be attributed to intensified anthropogenic emissions (mainly residential heating), limited atmospheric dispersion and meteorological conditions favourable for pollutant accumulation.

The highest mean concentrations were recorded for Fe, Zn, Cu, Pb and Ba. Pearson correlation analysis revealed strong associations among several elements (e.g., Zn-Cu-Ba-Pb in winter), suggesting common emission sources related to combustion processes and traffic activities. Cluster analysis further confirmed the presence of source-related groups of metals.

Health risk assessment revealed age-dependent differences. The highest HI values were observed for infants, mainly due to exposure to Mn and As. However, all values remained below the critical threshold of 1. The carcinogenic risk (TCR) was dominated by the contribution of As, followed by Cd and Ni. For children,

the values approached or slightly exceeded the reference limit of 1×10^{-4} , particularly during winter.

Overall, the results highlight the importance of seasonal factors and age-specific exposure in health risk assessments within urban environments.

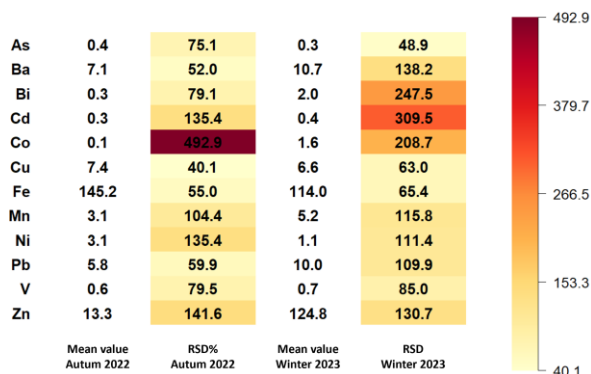


Figure 1. Mean concentrations (ng/m³) and relative standard deviation (RSD, %) of heavy metals in PM_{2.5} by season.

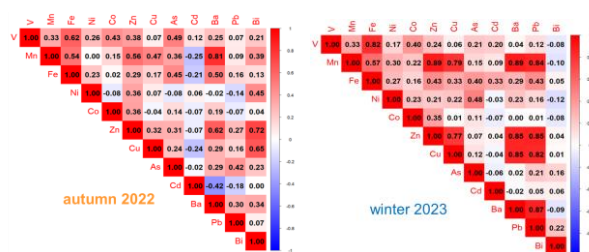


Figure 2. Pearson correlation analysis by season.

References

U.S. EPA (1989). Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part A), EPA/540/1-89/002, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, DC.

Оценка на ефекта от въведените нискоемисионни зони в София

Р. Димитрова^{1*}, М. Велизарова¹, А. Буров², Д. Брезов³

¹Физически факултет, СУ „Св. Климент Охридски“

²Факултет по архитектура, Университет по архитектура, строителство и геодезия

³Факултет по транспортно строителство, Университет по архитектура, строителство и геодезия

Ключови думи: *инвентаризация на емисии от транспорт, числено моделиране на различни сценарии*

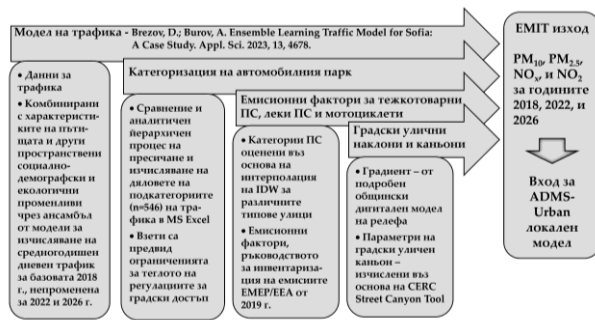
*email: r.dimitrova@phys.uni-sofia.bg

Въведение

Замърсяването на въздуха остава един от най-значимите екологични и здравни проблеми в България, като София често отчита повишени концентрации на азотен диоксид (NO₂) и фини прахови частици (ФПЧ). Въвеждането на нискоемисионни зони (НЕЗ) от Столична община цели да намали замърсяването, свързано с транспорта в най-натоварените централни райони на града. Настоящото изследване представя резултати от числени симулации чрез комбиниране на регионално и локално моделиране с висока резолюция и извършва оценка на ефекта от прилагането на НЕЗ.

Методология

Разработена е подробна инвентаризация на транспортните емисии за основните улици и пътни артерии в София за три години: базова 2018 (Brezov & Burov, 2023), сценарий за малък ринг (2022) и сценарий за голям ринг (2026). Емисиите са изчислени чрез EMIT, като необходимите входни данни са получени чрез ансамбъл модели за машинно обучение, използвайки данни за автопарка по еврокатегории, параметри на уличните каньони, надлъжни наклони и трафик (фиг. 1).

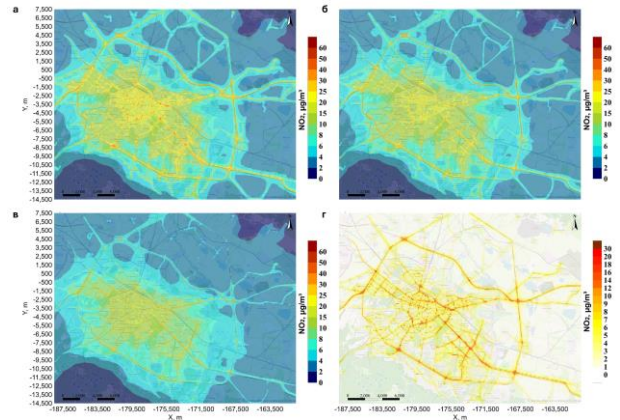


Фигура 1. Поетапен процес за изготвяне на инвентаризацията на транспортните емисии.

Моделирането на качеството на въздуха е извършено чрез Multi-Model Air Quality System (MAQS), която свързва регионалното моделиране WRF-CMAQ (1 km) с локалния модел ADMS-Urban (100 m), като предотвратява двойното отчитане на емисии. Резултатите са валидирани с данни от измервания в официалните станции на ИАОС и полета с висока резолюция от проекта EXPANSE (Shen et al., 2022).

Резултати и изводи

Въвеждането на НЕЗ води до съществено намаляване на концентрациите на NO₂ по основните булеварди и кръстовища. Максималните годишни средни стойности на NO₂ намаляват с около 25% за малкия ринг (2022) и 35% за големия ринг (2026) спрямо 2018 г. Най-големи намаления (до 30 µg/m³) се наблюдават по силно натоварените транспортни коридори през зимните месеци. За разлика от това концентрациите на ФПЧ₁₀ и ФПЧ_{2.5} показват само незначителни намаления (3–5%), тъй като транспортът допринася по-малко за този замърсител в сравнение с битовото отопление и други източници. Въпреки подобренията симулираните стойности на NO₂ в близост до натоварени кръстовища остават над предстоящите норми на ЕС за 2030 г., което подсказва необходимост от допълнителни мерки.



Фигура 2. Карти с изчислените средни концентрации (за декември, януари и февруари) на NO₂ за 2018 г. (а), малък ринг (б), голям ринг (в) и разликите между базовата 2018 г. и сценария голям ринг 2026 (г).

Благодарности: Изследването е осъществено в рамките на проект, финансиран от ФНИ, № КП-06-Н54/2, 15.11.2021 г.

Литература

- Brezov, D., Burov, A. (2023). Ensemble Learning Traffic Model for Sofia: A Case Study. *Appl. Sci.*, 2023, 13, 4678.
- Shen, Y. et al. (2022). Europe-wide air pollution modeling from 2000 to 2019 using geographically weighted regression. *Environ. Int.*, 2022, 168, 107485.

Assessment of the effect of the implemented low-emission zones in Sofia

R. Dimitrova^{1*}, M. Velizarova¹, A. Burov², D. Brezov³

¹Faculty of Physics, Sofia University “St. Kliment Ohridski”

²Faculty of Architecture, University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy

³Faculty of Transportation Engineering, University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy

Keywords: *traffic emissions inventory, numerical modelling of different scenarios*

*email: r.dimitrova@phys.uni-sofia.bg

Introduction

Air pollution remains one of the most significant environmental and public-health challenges in Bulgaria, with Sofia repeatedly experiencing high levels of NO₂ and particulate matter (PM). The introduction of low-emission zones (LEZs) by the Sofia Municipality aims to reduce traffic-related pollution in the most congested parts of the city centre. This study presents results from numerical simulations by combining regional and high-resolution local modelling and evaluates the effect of implementing the LEZs.

Methodology

A bespoke traffic emission inventory was developed for major streets and national roads in Sofia for three years: baseline 2018 (Brezov & Burov, 2023), small-ring LEZ scenario for 2022, and large-ring LEZ scenario for 2026. Emissions were calculated using EMIT, incorporating fleet composition by Euro standards, street canyons, gradients, and machine-learning-derived traffic volumes. The output from EMIT was then used as the local emission inventory input for ADMS-Urban dispersion modelling (Fig. 1).

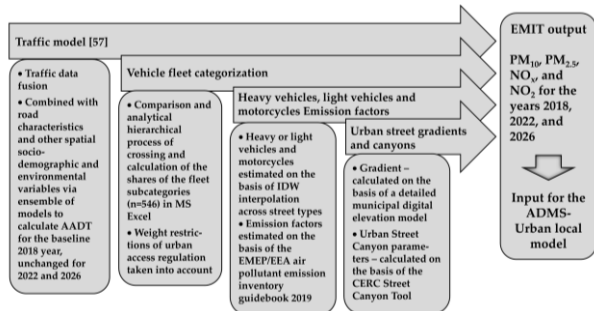


Figure 1. A stepwise process of the traffic emission inventory for the major streets and roads.

High-resolution air-quality simulations were performed with the Multi-Model Air Quality System (MAQS), which couples regional WRF-CMAQ modelling (1 km) with ADMS-Urban dispersion modelling (100 m) without double-counting emissions. The results have been validated with data from measurements at the official stations of the ExEA and high-resolution fields from the EXPANSE project (Shen et al., 2022).

Results and conclusions

The introduction of LEZ measures leads to substantial reductions in NO₂ along major roads and intersections. Maximum annual mean NO₂ decreases by approximately 25% in the 2022 small-ring scenario and 35% in the 2026 large-ring scenario relative to 2018. The greatest reductions (up to 30 µg/m³) occur on boulevards with heavily traffic during winter months. In contrast, PM₁₀ and PM_{2.5} show only minor decreases (3–5%), as transport contributes less to particulate pollution compared to domestic heating and other sources. Despite improvements, simulated NO₂ concentrations near major intersections remain above forthcoming 2030 EU limit values, indicating that LEZs alone are insufficient without additional measures.

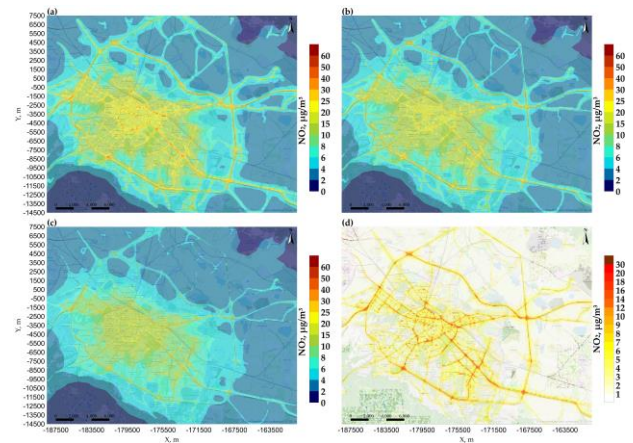


Figure 2. Maps with calculated average concentrations (for December, January, February) of NO₂ for 2018 (a), small ring (b), large ring (c) and differences between concentrations for the base year 2018 and the large ring 2026 scenarios (d).

Acknowledgements: This work was supported by the Bulgarian National Science Found, grant number КП-06-H54/2, 15.11.2021.

References

- Brezov, D., Burov, A. (2023). Ensemble Learning Traffic Model for Sofia: A Case Study. *Appl. Sci.*, 2023, 13, 4678.
- Shen, Y. et al. (2022). Europe-wide air pollution modeling from 2000 to 2019 using geographically weighted regression. *Environ. Int.*, 2022, 168, 107485.



Поленовата прогноза: реални измервания и метеорология – българският опит

М. Христова-Савова^{1*}, С. Цалова^{2*}

¹Национален център по заразни и паразитни болести

²bTV Media Group

Ключови думи: *метеорологична прогноза, поленова прогноза, алергия, презентация*

*email: eli.savova@abv.bg, stanislava.tsalova@btv.bg

Въведение

Алергията е един от най-често срещаните здравословни проблеми в световен мащаб. Тя се определя като имунологично обусловена свръхчувствителност на организма към чужди, безвредни за организма вещества. Проявява се като хронично заболяване, което афектира между 25 и 40% от населението в различните страни. Броят на засегнатите постоянно нараства – по много причини, включително и поради изменението на климата и урбанизацията. Диагностиката и лечението на алергичните заболявания изискват сериозни финансови ресурси.

Най-често алергията е в отговор на контакт с цветния прашец на ветроопрашващите се видове растения. Поленовата алергия се характеризира със сезонност. При пациентите с полиноза се наблюдава както физическо страдание – засягат се очите, носът, гърлото и/или белите дробове, така също и психическо напрежение при приближаване на периода на цъфтеж и обостряне на симптомите. Ето защо за тези пациенти е особено важно да имат навременна и точна поленова информация. Неслучайно Програма Коперник (Copernicus Atmosphere Monitoring Service, CAMS) увеличава броя на наблюдаваните фактори от атмосферата с неблагоприятен ефект върху здравето, включвайки т.нар. поленов индекс.

Методология

Наличието на полен във въздуха зависи от различни фактори: растителността в района, релеф, климат. С най-голяма тежест е влиянието на метеорологичните условия преди и по време на цъфтежния период. Ето защо все повече страни въвеждат подаване на поленова прогноза съвместно с метеорологичната. Дългосрочните поленови прогнози се базират на цифрови модели от натрупани във времето данни от ежедневен мониторинг на въздушни проби и от налични прогнозни поленови календари. Краткосрочните прогнози са по-точни, особено когато се използват реални данни от аеробиологични лаборатории в отделните региони. В различни медии по света от десетилетия се популяризира поленовата прогноза с цел намаляване на вредното въздействие на алергените в сезона на цъфтежа на растителните видове. От февруари 2020 г. стартира съвместен проект на bTV Времето и НЦЗПБ за регулярно подаване на комбинирана прогноза. За целта се използват:

1. Текстова 15-дневна и седмична метеорологична прогноза на НИМХ като консултант на bTV Media Group за температура, дни с ветровито време и валежи.
2. Събиране на поленови данни за алергизиращи видове растения чрез два метода: седиментационен (от 2011 до 2025 г.) и обемен (за 2024 и 2025 г.).
3. Анализ от специалист по полените.

При установяване на тенденциите в повишението или понижението на въздушната поленова концентрация в комбинация с метеорологичната прогноза на НИМХ се изготвят специализирани 7-дневни прогнози, които се популяризират в ефира и интернет платформите на bTV Media Group.

Резултати и изводи

За периода 2020–2025 г. чрез телевизионни излъчвания и интернет страницата на bTV Новините са подадени 148 седмични метеорологични прогнози в комбинация с поленова. В тяхното създаване участват различни специалисти: метеоролози, климатолози, биолози, статистици, програмисти. Визуалното оформление на поленовите прогнози следва ясна и лесно разпознаваем цвят на кодовете от европейската система METEOALARM за метеорологични предупреждения (зелен, жълт, оранжев и червен) и аналогични категории – ниска (безопасна), умерена, висока и много висока въздушна поленова концентрация.



Снимка 1. Метеорологичните кодове на METEOALARM.



Снимка 2. Поленова прогноза.

През 2026 г. инициативата продължава, като започва 7-а поредна година на поленовата прогноза в ефира и платформите на bTV.



Pollen forecast: Real measurements and meteorology – the Bulgarian experience

M. Hristova-Savova^{1*}, S. Tsalova^{2**}

¹National Center of Infectious and Parasitic Diseases

²bTV Media Group

Keywords: *meteorological forecast, pollen forecast, allergy, presentation*

*email: eli.savova@abv.bg, stanislava.tsalova@btv.bg

Introduction

Allergy is one of the most common health problems worldwide. It is defined as an immunologically mediated hypersensitivity of the body to foreign substances that are otherwise harmless. It manifests as a chronic disease affecting between 25 and 40% of the population in different countries. The number of affected individuals continues to rise for many reasons, including climate change and urbanization. The diagnosis and treatment of allergic diseases require significant financial resources.

Most commonly, allergies occur in response to contact with pollen from wind-pollinated plant species. Pollen allergy is characterized by seasonality. Patients with pollinosis experience not only physical suffering – affecting the eyes, nose, throat, and/or lungs – but also psychological stress as the flowering period approaches and symptoms worsen. Therefore, timely and accurate pollen information is especially important for these patients. For this reason, the Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) has expanded the number of monitored atmospheric factors with adverse health effects by including the so-called pollen index.

Methodology

The presence of pollen in the air depends on various factors: local vegetation, topography, and climate. However, the most significant influence comes from meteorological conditions before and during the flowering period. Therefore, more and more countries are introducing pollen forecasts alongside meteorological forecasts. Long-term pollen forecasts are based on numerical models built from accumulated daily air-sample monitoring data and available predictive pollen calendars. Short-term forecasts are more accurate, especially when real data from aerobiological laboratories in different regions are used. For decades, pollen forecasts have been promoted in various media worldwide to reduce the harmful impact of allergens during the flowering seasons of different plant species. In February 2020, a joint project between bTV Weather and the National Center of Infectious and Parasitic Diseases was launched to provide regular combined forecasts. The following were used:

1. A 15-day and weekly textual meteorological forecast from the National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH), acting as a consultant to bTV Media Group, including temperature, windy days, and precipitation.

2. Collection of pollen data for allergenic plant species using two methods: Sedimentation method (from 2011 to 2025) and Volumetric method (for 2024 and 2025).

3. Analysis by a pollen specialist.

After identifying trends in increasing or decreasing airborne pollen concentrations, and in combination with the NIMH meteorological forecast, specialized 7-day forecasts were prepared and disseminated through television broadcasts and the online platforms of bTV Media Group.

Results and conclusions

Between 2020 and 2025, a total of 148 weekly combined meteorological and pollen forecasts were delivered through television broadcasts and the bTV News website. Various specialists contributed to their development, including meteorologists, climatologists, biologists, statisticians, and programmers. The visual design of the pollen forecasts followed the clear and easily recognizable color codes of the European meteorological warning system METEOALARM (green, yellow, orange, and red), corresponding to similar categories: low (safe), moderate, high, and very high airborne pollen concentration.



Picture 1. METEOALARM meteorological warning codes.



Picture 2. Pollen forecast.

The initiative continues in 2026, marking the seventh consecutive year of pollen forecasting on air and across the platforms of bTV.



Екологична устойчивост и стратегическо управление

Кр. Йовкова*

Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“

Ключови думи: *екологична устойчивост, Европейска зелена сделка, стратегическо управление, декарбонизация, кръгова икономика*

*email: kr.yovkova@gmail.com

Въведение

Климатичната криза, изчерпването на ресурсите и загубата на биоразнообразие изискват системна трансформация в Европа. Европейската зелена сделка и пакетът „Подготвени за цел 55“ определят устойчивостта като стратегически политически и икономически приоритет. За държави като България този преход е свързан със зависимост от изкопаеми горива и висока енергийна интензивност.

Изследването разглежда интегрирането на екологичната устойчивост в стратегическото управление на организационно ниво в съответствие с европейските климатични политики.

Методология

Изследването разработва концептуален модел за екологично ориентирано стратегическо управление, насочен към прилагане на целите на ЕС за устойчивост в организационните стратегии. Моделът включва пет компонента: (1) стратегическо планиране, съобразено с екологични цели; (2) екологични индикатори; (3) организационна култура и лидерство; (4) зелени иновации; (5) ангажиране на заинтересованите страни.

Методологичната рамка съчетава анализ на научна литература, анализ на политики и емпирична проверка чрез анкетно проучване сред организации в България. Статистическият анализ изследва връзката между устойчиво ориентираната стратегия и организационната ефективност.

Резултати и изводи

Резултатите показват, че организациите, които интегрират екологични цели в стратегическото планиране, постигат по-висока ресурсна ефективност и по-добра адаптивност към регулаторни промени. Ясно дефинираните екологични индикатори укрепват механизмите за мониторинг и отчетност.

Установена е положителна връзка между организационната култура, ориентирана към устойчивост, и капацитета за зелени иновации. Организациите, които възприемат европейските екологични политики като стратегическа възможност, демонстрират по-висока конкурентоспособност.

Емпиричните данни потвърждават, че системната интеграция на устойчивостта в стратегическото управление повишава организационната ефективност и устойчивост.

Предложеният модел представлява управленска рамка, свързваща целите на европейската климатична политика със стратегическото управление на организациите. Неговата приложимост в български условия подчертава необходимостта от съгласуваност между екологичните амбиции на ЕС и националната адаптация.

Тази устойчивост следва да се разглежда като двигател на икономическата модернизация. Изследването предлага емпирично валидирана рамка в подкрепа на предприятия и публични институции при осъществяване на преход към декарбонизация и кръгова икономика.



Environmental sustainability and strategic management

Kr. Yovkova*

Plovdiv University “Paisiy Hilendarski”

Keywords: *environmental sustainability, EU Green Deal, strategic management, decarbonization, circular economy*

*email: kr.yovkova@gmail.com

Introduction

The accelerating climate crisis, resource depletion and biodiversity loss require systemic transformation across Europe. The European Green Deal and the “Fit for 55” package redefine sustainability as a strategic political and economic priority. For EU Member States such as Bulgaria, this transition creates challenges related to fossil fuel dependence and energy intensity.

This study examines the integration of environmental sustainability into strategic management at organizational level, aligning practice with European climate policies.

Methodology

The research develops a conceptual model for environmentally oriented strategic management designed to operationalize EU sustainability objectives within organizational strategies. The model integrates five core components: (1) strategic planning aligned with environmental targets; (2) environmental performance indicators; (3) organizational culture and leadership; (4) green innovation and technological transformation; and (5) stakeholder engagement.

The methodological framework combines literature review, comparative analysis of European environmental policy instruments, and empirical validation through a structured survey conducted among Bulgarian organizations. Statistical analysis was applied to test the relationship between sustainability-oriented strategy and organizational performance indicators.

Results and conclusions

The findings demonstrate that organizations integrating environmental objectives into strategic planning achieve higher levels of resource efficiency and improved adaptability to regulatory change. The presence of clearly defined environmental indicators significantly enhances monitoring and accountability mechanisms.

Results also show a positive correlation between sustainability-oriented organizational culture and green innovation capacity. Organizations perceiving EU environmental policies as strategic opportunities rather than regulatory burdens exhibit stronger long-term competitiveness.

The empirical evidence confirms the central hypothesis: systematic integration of environmental sustainability into strategic management contributes to enhanced organizational effectiveness and resilience in the context of EU climate transition.

The proposed conceptual model provides a structured governance framework linking European climate policy objectives with organizational strategy implementation. Its applicability in the Bulgarian context highlights the importance of policy coherence between EU-level environmental ambition and national strategic adaptation.

From a politico-ecological perspective, environmental sustainability should be treated as a core strategic driver of economic modernization and institutional stability rather than a peripheral compliance requirement. The study offers an empirically tested framework supporting enterprises, public institutions and policymakers in implementing sustainability transitions consistent with European decarbonization and circular economy goals.



Геопространствен анализ на замърсяването на въздуха и здравния риск с ГИС и геоизкуствен интелект на Esri

К. Иванов*

ESRI България ООД

Ключови думи: *геопространствен анализ, замърсяване на въздуха, здравен риск, ArcGIS Pro, машинно обучение**email: k.ivanov@esribulgaria.com

Въведение

Замърсяването на въздуха е водещ екологичен рисков фактор за човешкото здраве, причинявайки над 7 милиона преждевременни смъртни случая годишно (WHO, 2022). В градски среди като София концентрациите на фини прахови частици (ФПЧ_{2.5}, ФПЧ₁₀), азотен диоксид и озон варират значително в пространството и времето, което затруднява оценката на реалната експозиция на населението. Традиционните подходи, базирани единствено на данни от измервателни станции, не позволяват пълноценно картографиране на замърсяването и интегрирането му с демографски и здравни данни. Настоящата работа предлага методологична рамка, която съчетава географски информационни системи (ГИС) на Esri с методи на геоизкуствения интелект (ГеоИИ) за цялостна оценка на здравния риск от замърсяване на въздуха.

Методология

Подходът включва четири стъпки. Първо, данни от измервателни станции – ИАОС, сателитни оценки – Living Atlas, Sentinel-5P (Living Atlas Team, 2025), и демографски показатели се обединяват като пространствени слоеве в ArcGIS Pro. Второ, чрез пространствено-времева интерполация (емпирично Байесово кригиране) и анализ на пространствено-времеви кубове се изграждат непрекъснати карти на концентрациите и се идентифицират устойчиви области с повишено замърсяване. Трето, прилагат се модели на геоизкуствен интелект (случайна гора, градиентно усилване), които свързват концентрациите на замърсители с демографски и контекстни променливи (гъстота на трафика, зелени площи, тип застрояване) за прогнозиране на здравния риск по райони. Четвърто, резултатите се визуализират чрез интерактивни уеб приложения и разказвателни карти (Esri).



Фигура 1. Методологична рамка: от данни през ГИС анализ и геоизкуствен интелект до визуализация на здравния риск.

Резултати и изводи

Като илюстрация на подхода е планиран анализ за гр. София с данни за ФПЧ₁₀ от мрежата на ИАОС. Очакваните резултати включват идентифициране на устойчиви зони с повишени концентрации в централните градски части и около натоварени пътни артерии, наслагване с демографски данни за оценка на изложеното население и прилагане на модели на геоизкуствения интелект за прогнозиране на здравния риск. Подходът е възпроизводим и мащабируем за други градски среди и замърсители. Моделите на геоизкуствения интелект постигат висока обяснителна стойност ($R^2 > 0,75$), като водещи фактори са концентрацията на ФПЧ₁₀, близостта до магистрали и липсата на зелени площи.

Литература

Living Atlas Team (2025). Air Quality Layers Documentation. Esri, Available online: <https://livingatlas.arcgis.com>
WHO (2022). WHO global air quality guidelines. Geneva: WHO.



Geospatial analysis of air pollution and health risk using Esri GIS and GeoAI

K. Ivanov*

ESRI Bulgaria LTD.

Keywords: *geospatial analysis, air pollution, health risk, ArcGIS Pro, machine learning*

*email: k.ivanov@esribulgaria.com

Introduction

Air pollution is a leading environmental risk factor for human health, causing over 7 million premature deaths annually (WHO, 2022). In urban environments like Sofia, concentrations of fine particulate matter (PM_{2.5}, PM₁₀), nitrogen dioxide, and ozone vary significantly in space and time, complicating population exposure assessment. Traditional approaches based solely on monitoring station data fail to fully map pollution patterns and integrate them with demographic and health data. The present work proposes a methodological framework combining Esri Geographic Information Systems (GIS) with GeoAI methods for comprehensive health risk assessment from air pollution.

Methodology

The approach comprises four steps. First, data from monitoring stations – Executive Environment Agency (ExEA), satellite estimates – Living Atlas, Sentinel-5P (Living Atlas Team, 2025), and demographic indicators are unified as spatial layers in ArcGIS Pro. Second, spatio-temporal interpolation (Empirical Bayesian Kriging) and spatio-temporal cube analysis generate continuous concentration maps and identify persistent high-pollution areas. Third, GeoAI models (random forest, gradient boosting) link pollutant concentrations with demographic and contextual variables to forecast health risk by district. Fourth, results are visualized through interactive web applications and narrative maps (Esri).

Results and conclusions

As an illustration of the approach, analysis is planned for Sofia city using PM₁₀ data from the ExEA network. Expected outcomes include identification of persistent high-concentration zones in central urban areas and near roads with heavy traffic, overlaid with demographic data to assess exposed population, and application of GeoAI models for health risk forecasting. The approach is reproducible and scalable for other urban settings and pollutants. GeoAI models achieve high explanatory power ($R^2 > 0.75$), with leading factors being PM₁₀ concentration, proximity to highways, and lack of green spaces.

References

- Living Atlas Team (2025). Air Quality Layers Documentation. Esri, Available online: <https://livingatlas.arcgis.com>
- WHO (2022). WHO global air quality guidelines. Geneva: WHO.



Figure 1. Methodological framework: from data through GIS analysis and geo-artificial intelligence to health risk visualization.



Токсикологично охарактеризиране на ПАВ от ФПЧ₁, генерирани от различни видове биомаса

К. Василева^{1*}, М. Цонева¹, Т. Панев¹, Ц. Георгиева¹, Й. Йорданов², И. Найденова³, О. Сандов³

¹Национален център по общественото здраве и анализи

²Фармацевтичен факултет, Медицински университет – София

³Технически университет – София

Ключови думи: ФПЧ, ПАВ, биомаса, HO-1, HMOX1

*email: kr.vasileva@ncpha.government.bg

Въведение

Основен принос към първичните фини прахови частици (ФПЧ) има секторът битово отопление с твърди горива, което свързва националния емисионен профил с аерозолите от изгаряне/конверсия на биомаса. Битовите ФПЧ носят органични екстракти (напр. полициклични ароматни въглеводороди, ПАВ), асоциирани с оксидативен стрес и цитотоксичност в епителни модели на бял дроб. Недостатъчна е информацията относно химичния състав на ФПЧ, генерирани при използване на биогорива с различен произход. Именно на химичния състав се дължи вредното въздействие върху здравето на човека.

Хемооксигеназа-1 (HO-1) е микрозомален ензим, който се индуцира в отговор на клетъчен стрес и различни оксидативни стимули. HO-1 може да намали оксидативния стрес, да отслаби възпалителните реакции и да понижи скоростта на апоптоза. По този начин експресията на гена HMOX1, отговорен за синтеза на HO-1, е друг ранен маркер за клетъчно излагане на оксидативни предизвикателства (Vasileva et al., 2024).

Методология

В хода на настоящото изследване е извършен количествен анализ на 16 приоритетни полициклични ароматни въглеводорода (US EPA 16) чрез газово-хроматографски анализ на пет вида биомаса/пелети (пшенична слама, костилки от череши, слънчоглед, кафе и люцерна), получени главно като отпадъчни продукти от селското стопанство или хранително-вкусовата промишленост (Naydenova et al., 2020). Пробите от биомаса са изгорени при моделни условия, използвайки контролиран метод в лаборатория, описан в Naydenova et al. (2023).

След извършените химични анализи са избрани два вида биомаса (пшенична слама и костилки от череши), които са подложени на *in vitro* охарактеризиране на ранните етапи от оксидативния стрес вследствие експонирана на ФПЧ₁ белодробна клетъчна култура A549.

Резултати и изводи

От изследваните пет вида биомаса се измерва количеството ($\mu\text{g}/\text{mg}$) на 16-те приоритетни ПАВ.

При ФПЧ_{0.25} се наблюдават по-високи измерени стойности на полуетливи ПАВ при пробите биомаса

от костилки от череши, последвани от слабо летливите ПАВ като канцерогенния бензо[а]пирен и бензо[g,h,i]перилен.

Докато при ФПЧ₁ се наблюдава обратното, но при пробите биомаса от пшенична слама – преобладаващи са слабо летливите ПАВ бензо[а]пирен и бензо[g,h,i]перилен, последвани от полуетливите (пирен и флуорантен).

Експресията на ген HMOX1, който кодира синтеза на ензима HO-1, установява доказаните цитопротективни ефекти на HO-1 и неговите катаболитни продукти като функционално значими в ранните адаптивни реакции, протичащи преди началото на клетъчната смърт.

24-часовата експозиция на ФПЧ < 1 μm , получени от горенето на двата вида биомаса, върху клетъчна култура A549 оказва активиране на генната експресия на HMOX1, като при тези от черешови костилки е с по-високи относителни нива на експресия в сравнение с произхода им от пшенична слама.

Благодарности: Настоящото изследване е проведено във връзка с изпълнението на Национален проект „АЕРОЗОЛИ, получени при конверсията на биомаса и техни органични екстракти – цитотоксичен и оксидативен отговор на моделни системи от белодробни клетки“, Договор №КП-06-Н44-5/13 от 14.07.2021 г., одобрен от Фонд „Научни изследвания“ при Министерство на образованието и науката.

Литература

Naydenova, I. et al. (2020). Pollutants formation during single particle combustion of biomass under fluidized bed conditions: An experimental study. *Fuel*, Vol. 278, 15 October 2020, 117958.

<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117958>

Naydenova, I. et al. (2023). Utilization Perspectives of Lignin Biochar from Industrial Biomass Residue. *Molecules*, 2023, 28(12), 4842.

<https://doi.org/10.3390/molecules28124842>

Vasileva, K. et al. (2024). Collection of Full-Text Publications from the National Conference of Clinical Toxicology with International Representation, 8–10.11.2024, Plovdiv.

<https://plus.cobiss.net/cobiss/bg/en/bib/71756296>



Toxicological characterization of PAHs from PM₁ generated from different types of biomass

K. Vasileva^{1*}, M. Tsoneva¹, T. Panev¹, Ts. Georgieva¹, Y. Yordanov², I. Naydenova³, O. Sandov³

¹National Center of Public Health and Analyses

²Faculty of Pharmacy, Medical University of Sofia

³Technical University of Sofia

Keywords: PM, PAHs, biomass, HO-1, HMOX1

*email: kr.vasileva@ncpha.government.bg

Introduction

The main contributor to primary particulate matter (PM) is the domestic solid fuel heating sector, which links the national emission profile to aerosols from biomass combustion/conversion. Domestic PM carries organic extracts (e.g. polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs) associated with oxidative stress and cytotoxicity in lung epithelial models. There is insufficient information on the chemical composition of PM generated when using biofuels of different origins. It is the chemical composition that is responsible for the harmful effects on human health.

Heme oxygenase-1 (HO-1) is a microsomal enzyme that is induced in response to cellular stress and various oxidative stimuli. HO-1 can reduce oxidative stress, attenuate inflammatory responses and reduce the rate of apoptosis. Thus, the expression of the HMOX1 gene, responsible for the synthesis of HO-1, is another early marker of cellular exposure to oxidative challenges (Vasileva et al., 2024).

Methodology

In the course of the present study, a quantitative analysis of 16 priority polycyclic aromatic hydrocarbons (US EPA 16) was performed by gas chromatographic analysis of five types of biomass/pellets (wheat straw, cherry stone, sunflower, coffee and alfalfa), obtained mainly as waste products from agriculture or the food industry (Naydenova et al., 2020). The biomass samples were burned under model conditions using a controlled method in the laboratory described in Naydenova et al. (2023).

After the chemical analyses, two types of biomass (wheat straw and cherry stone) were selected and subjected to in vitro characterization of the early stages of oxidative stress due to PM₁ exposure in A549 lung cell culture.

Results and conclusions

The amount (µg/mg) of the 16 priority PAHs was measured from the five biomass types studied.

At PM_{0.25}, higher measured values of semi-volatile PAHs were observed in **cherry stone** biomass samples, followed by low-volatile PAHs such as carcinogenic benzo[a]pyrene and benzo[g,h,i]perylene.

While at PM₁, the opposite was observed, but in **wheat straw** biomass samples – low-volatile PAHs

benzo[a]pyrene and benzo[g,h,i]perylene predominated, followed by semi-volatile ones (pyrene and fluoranthene).

The expression of the HMOX1 gene, which encodes the synthesis of the enzyme HO-1, establishes the proven cytoprotective effects of HO-1 and its catabolic products as functionally significant in the early adaptive reactions occurring before the onset of cell death.

24-hour exposure to PM < 1µm, derived from the combustion of both types of biomass on A549 cell culture, showed activation of HMOX1 gene expression, with those from cherry stone having higher relative expression levels compared to those from wheat straw.

Acknowledgements: This study was conducted in connection with the implementation of the National project “AEROSOLS obtained during the conversion of biomass and their organic extracts – cytotoxic and oxidative response of model lung cell systems”, Contract No.KP-06-N44-5/13 of 14.07.2021, Scientific Research Fund, Ministry of Education and Science.

References

- Naydenova, I. et al. (2020). Pollutants formation during single particle combustion of biomass under fluidized bed conditions: An experimental study. *Fuel*, Vol. 278, 15 October 2020, 117958.
<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117958>
- Naydenova, I. et al. (2023). Utilization Perspectives of Lignin Biochar from Industrial Biomass Residue. *Molecules*, 2023, 28(12), 4842.
<https://doi.org/10.3390/molecules28124842>
- Vasileva, K. et al. (2024). Collection of Full-Text Publications from the National Conference of Clinical Toxicology with International Representation, 8–10.11.2024, Plovdiv.
<https://plus.cobiss.net/cobiss/bg/en/bib/71756296>

**Валидиране на моделни данни за скорост на вятъра в Пловдив**С. Гешев^{1*}, Д. Атанасов², Е. Георгиева²¹Сектор „Метеорология“, Национален институт по метеорология и хидрология – филиал Пловдив²Департамент „Метеорология“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: скорост на вятъра, модел, корекция, валидиране

*email: sevdalin.geshev@meteo.bg**Въведение**

Метеорологичните условия в градска среда имат особености, които са от съществено значение за дисперсията на замърсители и за качеството на атмосферния въздух (КАВ) в населените места. На първо място, това е влиянието на застрояването върху вятъра и турбулентните характеристики. Регионалните метеорологични модели не отчитат детайли на градската среда и моделираната скорост на вятъра обикновено е значително по-висока от наблюдаваната. Разгледана е скоростта на вятъра в Пловдив по измервания в двете станции на ИАОС в града, по модела AROME-BG и след корекция на резултатите от модела за градското застрояване.

Методология

Използвани са данните за скорост на вятъра от АИС Каменица (координати 24.726539, 42.142889, фонов тип) и от АИС Тракия (24.787952, 42.141186, транспортен тип). Данните от модела AROME-BG за скоростта на вятъра на приземно ниво са изведени за местата на двете станции – почасови стойности за 2024 г.

Разработена е схема за отчитане на влиянието на застрояването върху вятъра. В основата са данни от кадастъра за плътността на застрояване и височината на сградите, от които се дефинира вертикален профил на застрояването в околността на станциите. Намалението на моделираната скорост на вятъра се приема да е пропорционално на профила на застрояване.

Влиянието на корекцията е изследвано за средночасови, средноденонощни скорости в различни месеци на 2024 г., както и за осреднени денонощни изменения.

Резултати и изводи

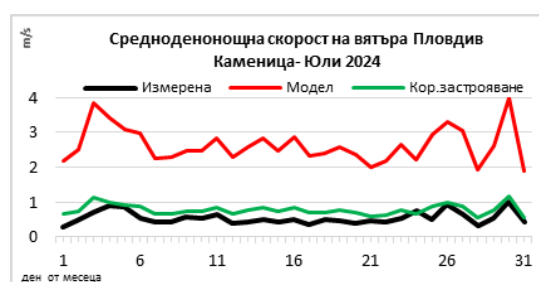
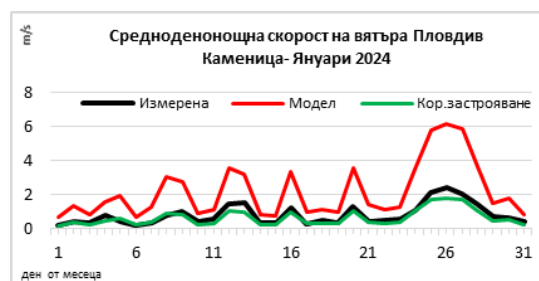
Моделните резултати (без и с корекция за застрояване) са сравнени с данни от измерванията на двете станции. Основни статистически индикатори за средноденонощните стойности на вятъра са представени в таблица 1.

Таблица 1. Скорост на вятъра – средноденонощни стойности (m/s), отклонение (NMB%) и корелация R за 2024 г. „к“ – с корекции за градско застрояване

2024	Набл.	Мод.	Мод.-к	NMB-к	R-к
Кам.	0.55	2.26	0.67	21.1	0.83
Тра.	0.73	2.32	0.68	-6.6	0.72

Корелационният коефициент без и с корекция е идентичен, тъй като корекцията е пропорционална на прогнозираната от модела стойност на вятъра. NMB спада драстично от около 300% до 21% за АИС Каменица и от около 215% до -7% за АИС Тракия.

Фигура 1 демонстрира ефекта от градската среда върху средноденонощна скорост на вятъра за АИС Каменица през януари и юли. Видим е резултатът от корекцията за градското застрояване.



Фигура 1. Средноденонощна скорост на вятъра (m/s) в АИС Каменица – сравнение на измерени с моделни стойности (без и с корекция) за 2 месеца.

Положителен резултат от направените подробни анализи и за други месеци са високите корелации между моделните и коригирани за застрояването резултати, от една страна, и измерените стойности на скоростта на вятъра, от друга страна. Това е от съществено значение за прогноза на КАВ в градовете. Важна предстояща задача е намирането на решение за населени места, за които не е налична кадастрална информация, което е обичайната ситуация при изготвяне на програми за подобряване на КАВ в българските градове.

Благодарности: Изследването е осъществено в рамките на проект, финансиран от бюджета на НИМХ.



Validation of model data for wind speed in Plovdiv

S. Geshev^{1*}, D. Atanasov², E. Georgieva²

¹Meteorology Sector, National Institute of Meteorology and Hydrology – Plovdiv Branch

²Department of Meteorology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *wind speed, model, correction, validation*

*email: sevdalin.geshev@meteo.bg

Introduction

Meteorological conditions in urban environments have specific characteristics that are essential for pollutant dispersion and for air quality (AQ) in populated areas. First and foremost is the influence of urban development on wind and turbulent characteristics. Regional meteorological models do not account for details of the urban environment and the modelled wind speed is usually significantly higher than the observed. Wind speed in Plovdiv was examined based on measurements at the two regulatory air quality stations in the city, on the AROME-BG model data and upon correction of the model results for urban built-up.

Methodology

Data for wind speed from AQ station Kamenitsa (coordinates 24.726539, 42.142889, background type) and from AQ station Trakia (24.787952, 42.141186, traffic type) were used. AROME-BG model data for wind speed at surface level were extracted for the locations of the two stations – hourly values for 2024.

A scheme for accounting for the influence of urban morphology on wind speed has been developed. The basis consists of cadastral data on building density and building height, from which a buildings profile in the vicinity of the stations is defined. The reduction of modelled wind speed is assumed to be proportional to the buildings profile.

The effect of the correction was investigated for mean hourly and mean daily wind speeds in different months of 2024, as well as for averaged diurnal variations.

Results and conclusions

The model results (with and without correction for built-up areas) were compared with measurement data from the two stations. Main statistical indicators for daily mean wind speed values are presented in Table 1.

Table 1. Wind speed – mean daily values (m/s), deviation (NMB%) and correlation R for 2024, "c" – with correction for urban built-up

2024	Obs.	Mod.	Mod.-c	NMB-c	R-c
Kam.	0.55	2.26	0.67	21.1	0.83
Trak.	0.73	2.32	0.68	-6.6	0.72

The correlation coefficient with and without correction is identical, since the correction is proportional to the model wind speed value. NMB drops dramatically from around 300% to 21% for AQ station Kamenitsa, and from around 215% to -7% for AQ station Trakia.

Figure 1 demonstrates the effect of the urban correction on daily mean wind speed for AQ station Kamenitsa in January and July. The urban correction provides results close to observation.

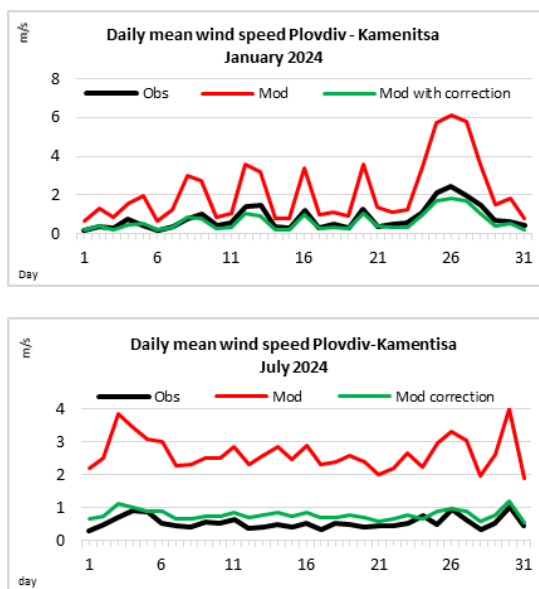


Figure 1. Daily mean wind speed (m/s) at AQ station Kamenitsa – comparison of measured with model values (without and with correction) for 2 months.

A positive result from the detailed analyses, performed also for other months, are the high correlations between the model results without and with urban correction and the measured wind speed. This is essential for air quality forecasting in cities. An important upcoming task is finding a solution for populated areas for which cadastral information is not available, which is the usual situation when preparing programs for air quality improvement in Bulgarian cities.

Acknowledgements: The study was carried out within the framework of a project funded by the NIMH budget.

**Вариации на концентрацията на прах в София през последните две десетилетия**

Б. Велева, Е. Йорданова*, Е. Христова

Департамент „Метеорология“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: *качество на въздуха, суспендирани частици, TSP**email: eyordanova@meteo.bg**Въведение**

Прахът или суспендирани прахови частици (ПЧ) заедно с други основни газообразни и въглеродни замърсители (NO₂, SO₂, O₃, ПАХ, ВС и др.) са един от основните замърсители на градския атмосферен въздух. Концентрацията на ПЧ се измерва отдавна, още преди да бъдат разработени техники за измервания на други фракции прахови частици (PM₁₀ и PM_{2.5}), важни замърсители, които сега са строго регулирани от националното и европейското законодателство и Световната здравна организация.

Замърсяването на въздуха в София с прах се дължи на два основни фактора: 1) наличието на многобройни и разнообразни по вид и мощност източници и 2) местни/локални метеорологични условия и микроклимат. София е разположена в котловина, където през значителна част от годината се наблюдават антициклонални условия и температурни инверсии. Резултатите, представени в настоящата работа, се основават на измервания в НИМХ, разположен в източната част на града.

Методология

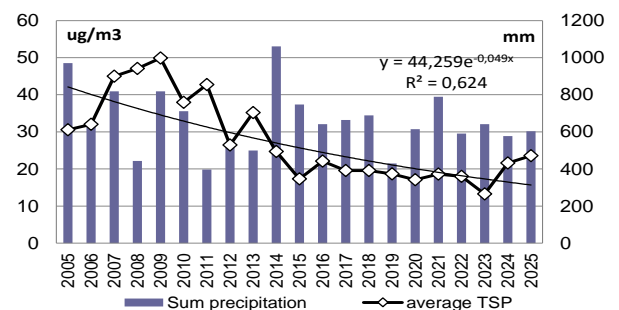
Пробите от ПЧ (или TSP – total suspended particulate) се сменят всеки ден в 6:00 UTC (24 часа) върху филтри (нитроцелулозни, ацетат целулозни, стъклено-влакнести) на височина 2 m над затревена площ по една и съща методология. Масовата концентрация на прах се определя гравиметрично. Обемът на преминалия въздух през филтъра се измерва с дебитомер. Тази система позволява получаването на дългогодишни среднодневни стойности на ПЧ без друг аналог в български редици от данни за качеството на въздуха (Велева, 2006; Христова и Велева, 2012). През 2026 г. методологията и местоположението на устройството за вземане на проби са променени, така че хомогенността на данните ще бъде нарушена.

Резултати и анализи

Качеството на въздуха в Европа се е подобрило значително през последните няколко десетилетия за повечето замърсители поради намаляване на емисиите (AQeR). На фигура 1 е показана средногодишната концентрация на ПЧ, заедно с годишната сума на валежите за периода 2005–2025 г. Наблюдава се тенденция на намаляване на концентрацията на прах. Тази тенденция е в съответствие с тенденциите в концентрациите на PM₁₀, отчетени от Европейската агенция по околна среда (EEA report). Отстраняването на замърсителите от въздуха чрез

валежи е важен процес, водещ до някои вариации в концентрацията на прах. Влажността на почвата, свързана с режима на валежите, е основен фактор, контролиращ повторното суспендиране на прах от земята.

Тенденцията за намаляване на концентрацията на прах може да се опише като уравнение на експоненциална регресия: $y = 44,259e^{-0,049x}$, ($R^2 = 0,624$), където x е броят години. Получена е тенденция от около 2,1 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ на намаляване на концентрацията годишно.



Фигура 1. Средногодишна концентрация на прах в приземния въздух в НИМХ и средногодишна сума на валежите в София, 2005–2025 г.

Разликата между топлия и студения период на годината в концентрацията на ПЧ (TSP) е отчетлива, с минимум през периода юни-септември и по-високи стойности през зимните месеци (табл. 1). Най-високата средномесечна стойност в изследвания период се наблюдава през декември 2024 г.

Таблица 1. Средни месечни концентрации, 2005–2025 г.

Месец	ПЧ /TSP $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Месец	ПЧ /TSP $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Декември	27.29	Юли	15.30
Януари	20.27	Август	15.62

Благодарности: Авторите изказват благодарност към всички служители през годините в Радиометрична и радиохимична лаборатория на НИМХ.

Литература

- Air Quality e-Reporting (*accessed 12.02.2026*) <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/>
EEA report 06/2025 (2025). European Union emission inventory report 1990–2023, doi:10.2800/6464904
Hristova, E., Veleva, B. (2012). *Bul. J. Meteo & Hydro*, 17/1.
Veleva, B. (2006). *BALWOIS 2006*, 23–26 May 2006, Ohrid. Book of Abstracts, p. 48. A-127, Full text on CD.9.



Time variation of the dust concentration in Sofia in the last two decades

B. Veleva, E. Yordanova*, E. Hristova

Department of Meteorology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *air quality, suspended particulate, TSP*

*email: eyordanova@meteo.bg

Introduction

Dust or total suspended particulate matter (TSP) in the atmosphere is one of the main pollutants of the urban air together with other major gaseous and carbonaceous pollutants (NO₂, SO₂, O₃, PAH, BC etc). TSP was measured for years, before techniques and measurements of other particulate matter fractions – PM₁₀ and PM_{2.5}, the important pollutants that are strictly regulated now by national and European law and WHO, were developed.

The pollution with dust in Sofia city is due to two main factors: 1) the presence of many and various types and capacity sources, and 2) local meteorological conditions and microclimate. Sofia is situated in a mountain valley, where stagnant weather, calm conditions and temperature inversions are observed during the considerable part of the year, in particular in winter. The results discussed in the present work are based on the measurements near the NIMH headquarters, placed in the eastern part of the city.

Methodology

TSP samples are collected on a 24-hour basis at 6:00 UTC on filters (nitrocellulose, cellulose acetate, glass fiber) at a height of 2 m above grass-covered ground. Over the years, there has been no change in the location of sampling points or in the sampling methodology, and the number of missing values is very low (only for the period March 1989 – January 1990 and without data for weekends and holidays since 2009). The volume of air passing through is measured with a flow meter and the dust concentration is determined gravimetrically. This system allows for the collection of long-term series of daily values, which have no analogue in other Bulgarian air quality databases (Veleva, 2006; Hristova & Veleva, 2012). In 2026, the methodology and location of the sampling device were changed, which will disrupt the homogeneity of the database.

Results and analyses

In general, air quality in Europe has improved significantly over the past few decades for most pollutants, due to emissions reduction (EEA report, 2025). The yearly averaged TSP concentration together with annual sum of precipitation for the period of 2005–2025 is illustrated on Figure 1. There is a clear trend towards a decrease in dust concentration. This trend is consistent with trends in PM₁₀ concentrations as reported in the AQeR. The pollutants removal from the air by precipitation is important process, leading to some variations in dust concentration. The soil moisture,

related to the rainfall regime, in addition is a factor controlling dust resuspension from the ground.

The tendency of decrease in dust concentration can be written as an exponential regression equation: $y = 44,253 \cdot \exp(-0,049x)$, ($R^2 = 0,624$), where x is number of years. A trend of a decrease in concentration by about 2.1 $\mu\text{g m}^{-3}$ per year was observed.

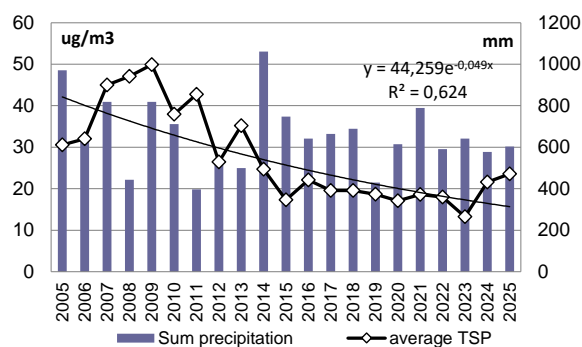


Figure 1. Yearly mean concentration of dust in the surface air and annual sum of precipitation in NIMH – Sofia, 2005–2025.

The difference between the warm and cold period of the year is well distinguished with a minimum during the period June-September and higher values in winter months (Table 1). The highest mean monthly value during the studied period is observed in December 2024.

Table 1. Averaged monthly concentrations, 2005–2025

Month	TSP $\mu\text{g/m}^3$	Month	TSP $\mu\text{g/m}^3$
Dec	27,29	Jul	15.30
Jan	20.27	Aug	15,62

Acknowledgements: The authors would like to express their gratitude to all employees of the Radiometric and Radiochemical Laboratory of the NIMH over the years.

References

- AQeR_Air Quality e-Reporting (*accessed 12.02.2026*) <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/>
- EEA report 06/2025 (2025). European Union emission inventory report 1990–2023, doi:10.2800/6464904
- Hristova, E., Veleva, B. (2012). *Bul. J. Meteo & Hydro*, 17/1.
- Veleva, B. (2006). *BALWOIS 2006*, 23–26 May 2006, Ohrid. Book of Abstracts, p. 48. A-127, Full text on CD.9.



Влияние на бъдещите климатични проекции при определяне на усещането за топлинен комфорт в България

В. Иванов*, И. Георгиева, Г. Гаджев, К. Ганев, Н. Милошев

Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките

Ключови думи: климатични проекции, топлинен комфорт

*email: vivanov@geophys.bas.bg

Въведение

Бъдещото изменение на климата ще окаже съществено влияние не само върху икономиките на страните, но и върху качеството на живот и човешкото здраве. Основен аспект на влиянието на изменението на климата върху човешкото здраве е усещането за топлина и студ (прегриване и измръзване).

Оценка на бъдещи климатични промени се осъществява чрез числено моделиране. Глобалните модели за изследване на климата дават оценка на параметрите, определящи топлинното усещане, в груба резолюция. Това налага задълбочени изследвания и анализи на климатичните проекции с регионални климатични модели, с по-висока резолюция, в определените райони на интерес.

Целта на настоящото изследване е да се оцени влиянието на бъдещите климатични проекции при определяне на усещането за топлинен комфорт в България чрез Универсалния топлинен индекс (UTCI).

Методология

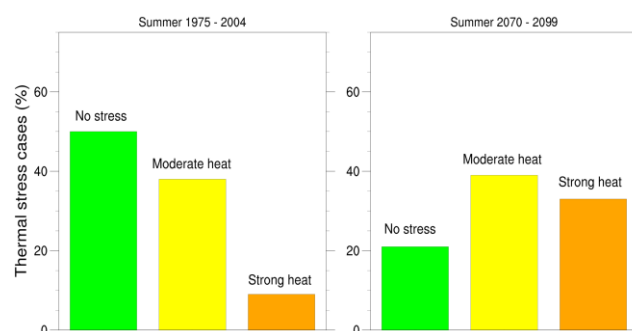
Универсалният топлинен индекс отразява усещането за топлинен комфорт при различни метеорологични условия вследствие на физиологичните реакции, свързани със системата за терморегулация на тялото. Той се определя от температурата на въздуха, влажността и скоростта на вятъра в околната среда, от слънчевото греене и топлинното излъчване от околните тела. Компонентите, които участват в изчисляването на UTCI, са симулирани с Регионалния климатичен модел RegCM (Giorgi et al., 2012). Числената стойност на индекса е в температурни единици (градуси по Целзий) и е категоризирана в 10 класа според степента на топлинното натоварване при високи положителни и ниски отрицателни температури (Bröde et al., 2012).

Резултати и изводи

Направени са числени симулации на регионалния климат в България за исторически (1975–2004 г.) и бъдещ (2070–2099 г.) период. Определен е UTCI и на фигура 1 е представена графика с неговата повторяемост за двата периода. Случаите на термичен стрес и за двата периода са изобразени за 12:00 и 15:00 UTC.

Резултатите показват, че UTCI попада в категориите: Без топлинно натоварване – зелен,

Средно топлинно натоварване – жълт, и Силно топлинно натоварване – оранжев (<https://urbansis.eu/universal-thermal-climate-index/>). При сравнение на двата периода – исторически и бъдещ, се вижда, че във втория случаите на топлинен стрес се увеличават. Едновременно с това случаите без топлинно натоварване намаляват. Най-съществено е увеличението при силното топлинно натоварване (оранжево), с около 24%.



Фигура 1. Повторяемост на категориите на топлинния стрес за периодите 1975–2004 и 2070–2099 г. в 12:00 и 15:00 UTC.

Благодарности: Изследването е осъществено в рамките на проект НАЦИОНАЛЕН ГЕОИНФОРМАЦИОНЕН ЦЕНТЪР, финансиран от Министерство на образованието и науката, Д01-93/25.06.2025г.

Литература

- Bröde, P., et al. (2012). Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *International journal of biometeorology*, 56:3, 481–494.
- Giorgi, F., et al. (2012). RegCM: Model description and preliminary tests over multiple CORDEX domains. *Clim. Res.*, 52, 7–29.
- <https://urbansis.eu/universal-thermal-climate-index/>, (accessed on 16 January 2026)



The future climate projections impact on human thermal comfort in Bulgaria

V. Ivanov*, I. Georgieva, G. Gadzhev, K. Ganey, N. Miloshev

National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences

Keywords: *climate projections, thermal comfort*

*email: vivanov@geophys.bas.bg

Introduction

Future climate change will have a significant impact not only on the economies of countries, but also on the quality of life and general health. A key aspect of the impact of climate change on health on the environment is the perception of heat and cold (overheating and overcooling).

The assessment of future climate change is carried out through numerical modeling. Global climate research models provide an estimate of the parameters determining thermal sensation in a coarse resolution. This requires in-depth research and analysis of climate projections with regional climate models in certain areas of interest, with a higher resolution.

The choice of the study is to assess the impact of the future climate projections, on determining the perception of thermal comfort in Bulgaria, using the Universal Thermal Climate Index (UTCI).

Methodology

The Universal Thermal Climate Index reflects the feeling of thermal comfort under different weather conditions, due to physiological reactions related to the body's thermoregulation system. It is determined by the air temperature, humidity and wind speed, by the solar and heat radiation from the surrounding bodies. The components involved in the calculation of the UTCI are simulated with the Regional Climate Model RegCM (Giorgi et al., 2012). The numerical value of the index is in temperature units (degrees Celsius), and is categorized into 10 classes according to the degree of heat load at high positive and low negative temperatures (Bröde et al., 2012).

Results and conclusions

Numerical simulations of the regional climate in Bulgaria have been made for the historical (1975–2004) and future (2070–2099) period. The UTCI has been determined and a graph with its recurrence for both periods is presented in Figure 1. The cases of thermal stress for both periods are depicted for 12:00 and 15:00 UTC.

The results show that the UTCI falls into the categories: No thermal stress – green, Moderate heat stress – yellow, and Strong heat stress – orange (<https://urbansis.eu/universal-thermal-climate-index/>).

When comparing the two periods – historical and future, it is seen that the cases of heat stress increase in the second one. At the same time, the cases without heat stress decrease. The most significant increase is

projected in the case of Strong heat stress (orange) category, by about 24%.

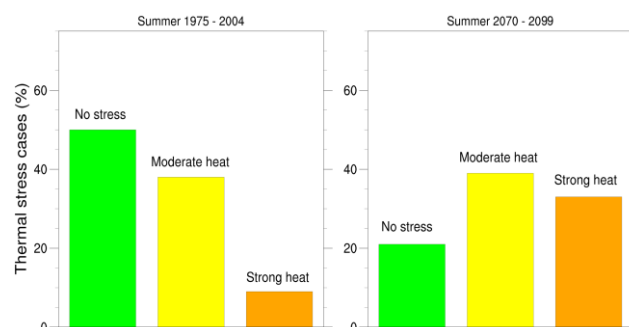


Figure 1. Recurrence of heat stress categories for the periods 1975–2004 and 2070–2099 at 12:00 and 15:00 UTC.

Acknowledgements: Present work is supported by Contract No D01-93/25.06.2025, Project NATIONAL GEOINFORMATION CENTER, financed by the National Roadmap for Scientific Infrastructure 2020–2027 of Bulgaria.

References

- Bröde, P., et al. (2012). Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *International journal of biometeorology*, 56:3, 481–494.
- Giorgi, F., et al. (2012). RegCM: Model description and preliminary tests over multiple CORDEX domains. *Clim. Res.*, 52, 7–29.
- <https://urbansis.eu/universal-thermal-climate-index/>, (accessed on 16 January 2026)

Експериментално изследване на химичния състав на ФПЧ_{2.5} в София

Е. Христова*, Б. Велева

Департамент „Метеорология“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: ФПЧ_{2.5}, елементен състав, Black carbon, атмосферен аерозол*email: elena.hristova@meteo.bg**Въведение**

Праховите частици (ПЧ), емитирани в атмосферата от редица антропогенни източници (енергетиката, промишлеността, автомобилния транспорт, изгарянето на различни твърди и течни горива, изгарянето на отпадъци), се приемат за основен замърсител на атмосферния въздух. В някои райони приносът на природните източници – ресуспензия и ерозия на почвата, морски аерозоли, вулканични изригвания и др., също може да е значителен. Вредното въздействие на ПЧ във въздуха върху човешкото здраве зависи главно от размера (общ прах или TSP, ФПЧ₁₀, ФПЧ_{2.5}, ФПЧ₁), концентрацията и химичния състав (WHO, 2021). Общественото внимание в България към качеството на въздуха през последните години нараства, но познанията за характеристиките на важни замърсители като фините прахови частици и техния химичен състав са много ограничени.

В настоящата работа е представена информация за химичния състав на ФПЧ_{2.5} (28 елемента, Black and Brown carbon) в атмосферния въздух на град София.

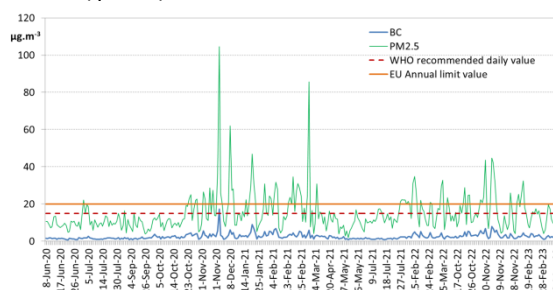
Методология

24-часови проби от ФПЧ_{2.5} са пробонабирани със стандартизирано устройство ($2.3\text{m}^3\text{h}^{-1}$), съгласно стандарт EN-12341, по време на експериментални кампании в НИМХ, проведени в периода 2020–2023 г. Елементният състав на ФПЧ_{2.5} (Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Sc, Ti, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, As, Br, Rb, Sr, Y, Mo, Cd, Sn, Sb, I, Ba, W, Pb) е изследван чрез енергийно-дисперсионен рентгено флуоресцентен анализ (ED XRF, PANalytical, Epsilon 5) (Hristova et al., 2020) в Института за медицински изследвания и обществено здраве в Загреб, Хърватия. Съдържанието на сажди (Black and Brown carbon) е определено с оптични методи на абсорбция с разработения в ANSTO, Австралия, инструмент MABI (Multi-wavelength Absorption Black Carbon Instrument). MABI измерва поглъщането на светлина при 7 различни дължини на вълната – 405, 465, 525, 639, 870, 940 и 1050 nm, което позволява разграничаване на източниците на BC и BrC (Hristova et al., 2022).

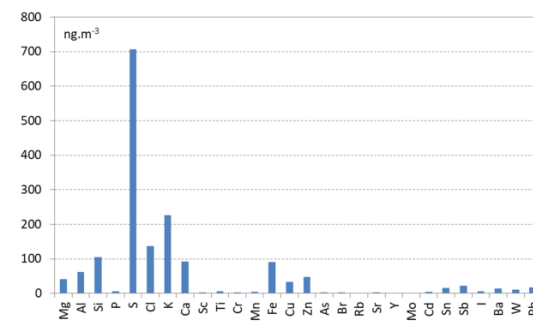
Резултати

От измерените средноденонощни концентрации на 326 проби ФПЧ_{2.5} ($2 \div 104 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$) 35% превишават препоръките на WHO ($15 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$). Дневните концентрации на BC варират от 0.62 до 16.7 ($\text{SD}=1.5$) $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ (фиг. 1). Най-високите средноденонощни концентрации за ФПЧ_{2.5}

($104.5 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$), BC ($17.2 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$) и всички елементи (Total elemental concentration $30 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$) са получени за 27 ноември 2020 г., ден с инверсионни условия и мъгла. Някои от елементите, Al, S, Cl, K, Ca, Fe, Cu и Zn, са налични почти във всяка проба, докато други, Cr, Rb, Y и Sb, са измерени само в няколко. От всички изследвани елементи най-висока средна концентрация е получена за S, следвана от Cl, K, Si, Ca, Fe, Al, Zn, Mg, Cu, Sb, Pb, Sn, Ba, W, I, P, Ti, Mn, Cd, Br, As, Sc, Sr (фиг. 2).



Фигура 1. Средноденонощни концентрации на ФПЧ_{2.5} и BC ($\mu\text{g}\text{m}^{-3}$) за периода 2020–2023 г.



Фигура 2. Средна концентрация на елементите във ФПЧ_{2.5}.

Изследвани са корелационните зависимости между концентрациите на избрани елементи. Много висока корелация е получена за Al и Si (0.98), BC и K (0.91), потвърждавайки общия им източник: прах от почвен произход и битово горене.

Благодарности: Изследването е осъществено в рамките на проект № КП-06-Н34/9 от 19.12.2019 г., финансиран от Фонд „Научни изследвания“ и IAEA TC Project RER7012. Авторите изказват благодарност към доц. д-р Иван Беслич от Институт за медицински изследвания и обществено здраве, Загреб, Хърватия.

Литература

- Hristova, E., et al. (2022). *Atmosphere*, 13, 213.
Hristova, E., et al. (2020). *Atmosphere*, Vol. 11, 890, 145.
WHO World Health Organization (2021).
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>
License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO



Experimental study of the chemical composition of PM_{2.5} in Sofia

E. Hristova*, B. Veleva

Department of Meteorology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: PM_{2.5} chemical composition, Black carbon, atmospheric aerosol*email: elena.hristova@meteo.bg

Introduction

Particulate matter (PM) emitted into the atmosphere from a number of anthropogenic sources (energy, industry, motor transport, combustion of various solid and liquid fuels, waste incineration) is considered to be a major pollutant of atmospheric air. In some areas, the contribution of natural sources – resuspension and erosion of soil, marine aerosols, volcanic eruptions, etc., can also be significant. The harmful effects of PM in the air on human health depend mainly on the size (total dust or TSP, PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁), concentration, and chemical composition (WHO, 2021). Public attention to air quality in Bulgaria has been growing in recent years, but knowledge about the characteristics of important pollutants such as fine particulate matter and their chemical composition is very limited.

This paper presents information on the chemical composition of PM_{2.5} (28 elements, Black and Brown carbon) in the ambient air of Sofia.

Methodology

24-hour samples of PM_{2.5} were collected with a standardized device (2.3m³h⁻¹) in accordance with EN-12341 during experimental campaigns at the NIMH conducted between 2020 and 2023. The elemental composition of PM_{2.5} (Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Sc, Ti, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, As, Br, Rb, Sr, Y, Mo, Cd, Sn, Sb, I, Ba, W, Pb) was analysed using energy-dispersive X-ray fluorescence analysis (ED XRF, PANalytical, Epsilon 5) (Hristova et al., 2020) at the Institute for Medical Research and Public Health in Zagreb, Croatia. The content of Black carbon and Brown carbon was determined using optical absorption methods with the MABI (Multi-wavelength Absorption Black Carbon Instrument) developed at ANSTO, Australia. MABI measures light absorption at 7 different wavelengths – 405, 465, 525, 639, 870, 940 and 1050 nm, which allows differentiation between BC and BrC sources (Hristova et al., 2022).

Results

Among the measured average daily concentrations of 326 PM_{2.5} samples (2 ÷ 104 µg m⁻³), 35% exceed the WHO recommendations (15 µg m⁻³). The daily concentrations of BC ranged from 0.62 to 16.7 (SD=1.5) µg m⁻³ (Fig. 1). The highest average daily concentrations for PM_{2.5} (104.5 µg m⁻³), BC (17.2 µg m⁻³) and all elements (Total elemental concentration 30 µg m⁻³) were obtained on November 27, 2020, a day with inversion conditions and fog. Some of the elements, Al, S, Cl, K, Ca, Fe, Cu, and Zn, are present in almost every sample, while others,

Cr, Rb, Y, and Sb, are measured only in a few. From all the elements studied, the highest average concentration was obtained for S, followed by Cl, K, Si, Ca, Fe, Al, Zn, Mg, Cu, Sb, Pb, Sn, Ba, W, I, P, Ti, Mn, Cd, Br, As, Sc, Sr (Fig. 2).

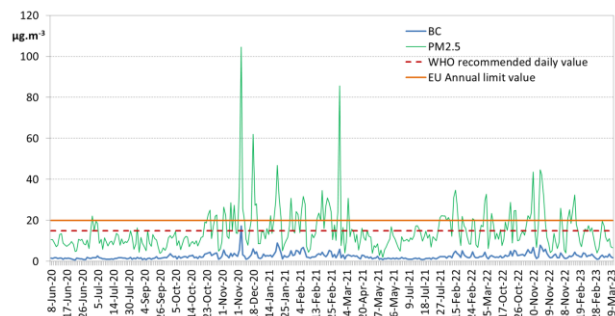


Figure 1. Mean daily concentrations of PM_{2.5} and BC (µg.m⁻³) for the period 2020–2023.

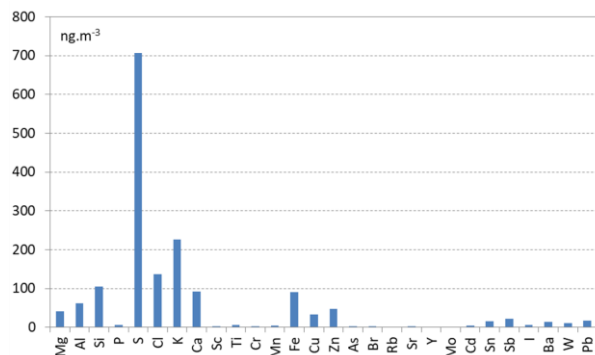


Figure 2. Mean elemental concentrations in PM_{2.5}.

The correlations between the concentrations of selected elements were studied. A very high correlation was obtained for Al and Si (0.98), BC and K (0.91), confirming their common source: soil dust and domestic combustion.

Acknowledgements: This study was performed within the framework of Project № КП-06-H34/9 from 19.12.2019, funded by the Bulgarian Scientific Research Fund and IAEA TC Project RER7012. The authors express their gratitude to Assoc. prof. Ivan Beslic, Institute for Medical Research and Public Health, Zagreb, Croatia.

References

- Hristova, E., et al. (2022). *Atmosphere*, 13, 213.
Hristova, E., et al. (2020). *Atmosphere*, Vol. 11, 890, 145.
WHO World Health Organization (2021).
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>
License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO



Влияние на сахарския прах върху измерената слънчева радиация при земната повърхност

В. Манева-Петрова^{*1}, А. Петров²

Департамент „Метеорология“, Национален институт по метеорология и хидрология

²БУЛАТСА – Държавно предприятие „Ръководство на въздушното движение“

Ключови думи: *сахарски пясък, слънчева радиация, ВЕИ, измервания, влияние*

*email: vanya.maneva@meteo.bg

Въведение

Слънчевата радиация (СР) представлява основен метеорологичен елемент и ключов фактор в енергийния баланс на атмосферата. Тя има съществено значение както за климатичните изследвания, така и за приложенията в областта на възобновяемите енергийни източници.

При преминаването си през атмосферата СР претърпява отслабване вследствие на процеси на разсейване, поглъщане и отражение от облаци, водни капки, ледени кристали, аерозолни частици, прах и сажди. Атмосферните аерозоли (АА), включително минералният прах от пустинни райони, оказват съществено влияние върху радиационния трансфер, като изменят както директната, така и дифузната компонента на слънчевото лъчение.

Настоящото изследване има за цел да оцени влиянието на преноса на сахарски прах (СП) — разглеждан като естествен АА — върху измерените стойности на глобалната СР при земната повърхност на територията на България.

Методология

В изследването са използвани измервания на обща СР от три метеорологични станции на територията на България. Информацията за дните с наличие на СП е извлечена от Месечния хидрометеорологичен бюлетин на Националния институт по метеорология и хидрология (НИМХ), публикуван на <https://bulletins.cfd.meteo.bg/>. Данните за пренос на СП над страната са налични в бюлетините от месец декември 2022 г. насам.

Анализът обхваща периода декември 2022 – октомври 2025 г., за който са налични едновременно данни за СР и за регистрирани случаи на пренос на СП. Допълнително са използвани данни за валеж с цел идентифициране и изключване (или отделно разглеждане) на дни, при които облачността и валежните процеси биха оказали съществено влияние върху радиационните стойности.

Оценката на влиянието на СП е извършена чрез сравнителен анализ между:

- дни с регистрирано наличие на сахарски прах;
- дни без установено наличие на прах;
- дни с валеж, разглеждани като отделна категория поради независимото им влияние върху радиационния поток.

Сравнението се основава на анализ на среднодневни стойности и месечни суми на глобалната СР, като се търси статистически значима разлика между отделните групи дни.

Резултати и изводи

В таблица 1 са представени сравнения за измерените количества слънчева радиация през м. август в три последователни години с цел проследяване на влиянието на сахарския пясък върху тях. Отчетени са и брой дни с валеж, които също влияят върху получените резултати.

Таблица 1. Месечни суми за измерени количества СР в зависимост от наличието на СП в атмосферата

Година/ месец	Брой дни със сахарски пясък	Брой дни с валеж	Е [kW/m ²] – месечна сума
8.2023	17	8	189.08
8.2024	6	11	194.44
8.2025	3	8	159.81

Литература

Месечен хидрометеорологичен бюлетин, НИМХ (архив): <https://bulletins.cfd.meteo.bg/>



Influence of Saharan dust on measured surface solar radiation

V. Maneva-Petrova^{1*}, A. Petrov²

¹Department of Meteorology, National Institute of Meteorology and Hydrology

²BULATSA – Bulgarian Air Traffic Service Authority

Keywords: *Saharan dust, solar radiation, RES, measurements, influence*

*email: vanya.manrva@meteo.bg

Introduction

Solar radiation is a fundamental meteorological variable and a key component of the Earth's atmosphere energy balance. It plays a crucial role in climate research as well as in applications related to renewable energy production.

As solar radiation propagates through the atmosphere, it undergoes attenuation due to scattering, absorption, and reflection by clouds, water droplets, ice crystals, aerosol particles, dust, and soot. Atmospheric aerosols, including mineral dust originating from desert regions, significantly affect radiative transfer processes by modifying both the direct and diffuse components of solar irradiance.

The present study aims to assess the impact of Saharan dust transport – considered a natural atmospheric aerosol – on measured values of global solar radiation at the Earth's surface over the territory of Bulgaria.

Methodology

The study utilizes measurements of global solar radiation from three meteorological stations located in Bulgaria. Information regarding days with the presence of Saharan dust was obtained from the Monthly Hydrometeorological Bulletin of the National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH), available at <https://bulletins.cfd.meteo.bg/>. Records of Saharan dust events are available starting from December 2022.

The analysis covers the period December 2022 – October 2025, during which both solar radiation measurements and documented Saharan dust events are available. Precipitation data were additionally used to identify and exclude (or analyze separately) days when cloudiness and precipitation processes could exert a significant influence on radiation values.

The assessment of Saharan dust impact was carried out through a comparative analysis between:

- days with reported Saharan dust presence;
- days without recorded dust presence;
- days with precipitation, treated as a separate category due to their independent effect on the radiative flux.

The comparison is based on the analysis of daily mean values and monthly sums of global solar radiation, aiming to identify statistically significant differences between the respective groups of days.

Results and conclusions

Table 1 presents a three-year comparative analysis of August solar radiation measurements, specifically examining the impact of Saharan dust and rainfall.

Table 1. Monthly sum of solar irradiance E [kW/m²] affected by Saharan dust

Year/ month	Number of days with sand	Number of days with rain	E [kW/m ²] – month sum
8.2023	17	8	189.08
8.2024	6	11	194.44
8.2025	3	8	159.81

References

Monthly Hydrometeorological Bulletin, NIMH (archive): <https://bulletins.cfd.meteo.bg/>



Сравнителен анализ на концентрациите на фини прахови частици между пътно ориентирана, градска и регионална фонова станция в района на София

С. Георгиев^{1*}, Р. Димитрова¹, Е. Христова²

¹Физически факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“

²Департамент „Метеорология“, Национален институт по метеорология и хидрология

Ключови думи: фини прахови частици (ФПЧ), влияние на зелени градски площи

*email: georgiev.sto@gmail.com

Въведение

Замърсяването на атмосферния въздух с фини прахови частици (ФПЧ) продължава да е основен проблем в урбанизираните райони, включително в София. Настоящото изследване представя сравнителен анализ на фракциите ФПЧ₁₀ и ФПЧ_{2.5} от три локации в района на столицата: транспортно ориентирана станция в близост до булевард с интензивен автомобилен трафик (в района на Орлов мост), градска фонова станция в зелена градска зона (Обсерваторията на СУ „Св. Климент Охридски“ в Борисовата градина) и регионална фонова станция (Геодезическата обсерватория Плана) извън урбанизираната територия. Данните са приведени до часови средни стойности и подложени на контрол на качеството.

Методология

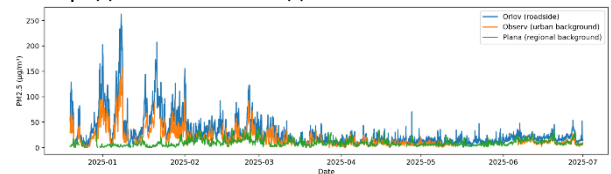
Измерванията са направени в рамките на проведен полеви експеримент през периода декември 2024 – юни 2025 г., който обхваща различни сезони и позволява оценка на концентрацията на ФПЧ при различни метеорологични условия. Извършен е контрол на качеството на данните, включващ проверка за аномални стойности, с цел повишаване надеждността на анализа. Направени са статистически анализи и сравнение между различните типове станции. За да се оцени влиянието на зелената площ върху разпространението на ФПЧ, е избран набор от данни при северозападен (NW) пренос (посока 290–340° и скорост ≥ 1 m/s). При този ветрови режим въздушният поток преминава от транспортно ориентираната станция към градската фонова станция, разположена приблизително на 1 km югоизточно, като между тях се намира парк „Борисова градина“. По този начин се създава възможност за количествена оценка на потенциалния ефект на зелената градска площ върху пространственото разпределение на концентрациите.

Резултати и изводи

Представени са резултати от анализа на ФПЧ_{2.5}, тъй като е един от замърсителите, свързани с емисиите от транспорта, и като по-лека фракция може да се транспортира с въздушния поток на

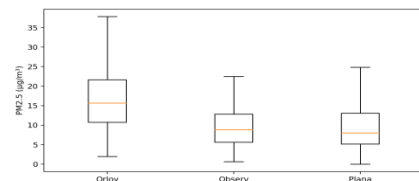
по-големи разстояния, преди да дисперсира или се отложи върху земната повърхност.

Часовите измервания на концентрациите показват ясно изразени епизодични повишения и по-голяма амплитуда при транспортно ориентираната станция в сравнение с двете фонове. Това поведение е консистентно със значим локален принос в непосредствена близост до пътното платно.



Фигура 1. Часови концентрации на ФПЧ_{2.5} в трите станции за изследвания период.

Разпределението на ФПЧ_{2.5} при избрания набор от данни при NW пренос (фиг. 2), представено чрез boxplot и съпътстваща статистическа таблица 1, показва устойчиво по-високи концентрации в близост до Орлов мост в сравнение с редуцираната около 40% концентрация в резултат на зелените площи. Транспортно ориентираната станция демонстрира по-високи концентрации и по-голяма вътрешна променливост (IQR) спрямо фоните станции. Получените резултати позволяват разграничаване на локалния компонент на замърсяването от регионалния фон и подчертават ролята на зелените площи при интерпретация на вътрешноградските контрасти.



Фигура 2. Разпределение на часовите концентрации на ФПЧ_{2.5} при NW ветрови режим (290–340°, ≥ 1 m/s).

Таблица 1. Обобщена статистика за ФПЧ_{2.5} при NW ветрови режим. Представени са медиана, IQR, средна стойност и персентили (P5–P95), характеризиращи пространствения градиент и променливостта на концентрациите

Станция	Медиана	IQR	Средна	P5	P95
Орлов мост	15.7	10.9	18.8	3.7	47.6
Обсерватория	8.8	7.2	11.0	2.7	28.3
Плана	8.0	7.9	9.7	1.3	21.4

Благодарности: Изследването е осъществено в рамките на проект, финансиран от ФНИ, № КП-06-Н54/2, 2021 г.



Comparative analysis of fine particulate matter concentrations at a traffic-oriented, urban and regional background station in the Sofia area

S. Georgiev^{1*}, R. Dimitrova¹, E. Hristova²

¹Faculty of Physics, Sofia University “St. Kliment Ohridski”

²Department of Meteorology, National Institute of Meteorology and Hydrology

Keywords: *fine particulate matter (PM), influence of green urban areas*

*email: georgiev.sto@gmail.com

Introduction

Air pollution with fine particulate matter (PM) continues to be a major problem in urbanized areas, including the city of Sofia. The present study provides a comparative analysis of the PM₁₀ and PM_{2.5} fractions from three locations in the capital region: a traffic-oriented station located near a boulevard with intensive vehicle traffic (Orlov Most area), an urban background station situated in a green urban zone (the Observatory of Sofia University “St. Kliment Ohridski” in Borisova Gradina Park), and a regional background station (Plana Geodetic Observatory) outside the urbanized territory. The data were converted to hourly mean values and subjected to quality control.

Methodology

The measurements were conducted as part of a field experiment carried out during the period December 2024 – June 2025, covering different seasons and allowing for the assessment of PM concentrations under varying meteorological conditions. Data quality control was performed, including checks for anomalous values to enhance the reliability of the analysis. Statistical analyses and comparisons between the different types of stations were conducted. To assess the influence of the green area on PM dispersion, a dataset corresponding to north-westerly (NW) transport conditions was selected (wind direction 290–340° and wind speed ≥ 1 m/s). Under this wind regime, the airflow passes from the traffic-oriented station toward the urban background station located approximately 1 km to the southeast, with Borisova Gradina Park situated between them. This setup enables a quantitative evaluation of the potential effect of the green urban area on the spatial distribution of concentrations.

Results and conclusions

The results presented focus on PM_{2.5}, as it is one of the pollutants associated with traffic emissions and, due to its smaller size, can be transported over longer distances before dispersing or depositing on the ground surface.

Hourly concentration measurements show clearly pronounced episodic peaks and greater amplitude at the traffic-oriented station compared to the two background

stations. This behavior is consistent with a significant local contribution in the immediate vicinity of the roadway.

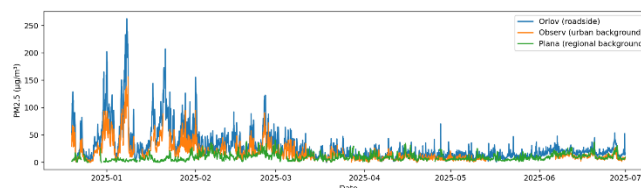


Figure 1. Hourly PM_{2.5} concentrations at the three stations within the common time window.

The distribution of PM_{2.5} under the selected NW transport conditions (Fig. 2), presented through a boxplot and the accompanying statistical parameters in Table 1, indicates consistently higher concentrations near Orlov Most compared to an approximately 40% reduced concentration at the urban background station, likely influenced by the presence of green areas.

The traffic-oriented station demonstrates higher concentration and greater internal variability (IQR) compared to the background stations. The obtained results allow for distinguishing the local pollution component from the regional background and highlight the role of green areas in interpreting intra-urban contrasts.

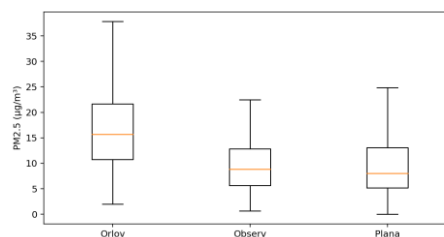


Figure 2. Distribution of hourly PM_{2.5} concentrations under NW wind regime (290–340°, ≥ 1 m/s).

Table 1. Summary statistics for PM_{2.5} under NW wind regime. Presented are median, IQR, mean value, and percentiles (P5–P95), characterizing the spatial gradient and variability of concentrations

Site	Median	IQR	Mean	P5	P95
Orlov most	15.7	10.9	18.8	3.7	47.6
Observatory	8.8	7.2	11.0	2.7	28.3
Plana	8.0	7.9	9.7	1.3	21.4

Acknowledgements: The study was carried out within a project, funded by the National Science Fund, No. KP-06-H54/2, 2021.



ПРОГРАМА

24 март 2026 г. **ЗАЛА „АКАД. СПАС ВАЦОВ“**

- 08:30 – 10:00 Регистрация
- 10:00 – 10:30 **Официално откриване на конференцията**
Г-н Юлиан Попов, Министър на околната среда и водите
Доц. д-р Илиан Господинов, Генерален директор на НИМХ
- 10:30 – 10:55 **Обща снимка**

Води – реки, подземни води, Черно море

Водещ на сесията: **гл. ас. д-р Мая Ранкова/доц. д-р Анна Йорданова**

- 11:00 – 11:15 Оценка на резервите в обработката на интензивните валежи за целите на проектиране на отводнителни системи в урбанизирани територии
Станислав Дарачев, Е. Ангелова
- 11:15 – 11:30 Състояние на подземните води през продължителната суша 2023–2025 г.
Марин Иванов, Г. Друмева-Антонова, Р. Иванова, М. Илиева, В. Недева
- 11:30 – 11:45 Числено моделиране на разпространението на нефтени разливи: оперативно приложение на модела OpenDrift в Черно море
Лилия Николова, В. Гълъбов
- 11:45 – 12:00 Оценка на възможностите за водоснабдяване от язовири „Калин“ и „Карагьол“
Станислав Дарачев, О. Сантурджиян

12:00 – 13:30 ОБЕДНА ПОЧИВКА

- 13:30 – 13:45 Определяне на екстремни ветрови параметри при разчет на ветрово вълнение в повърхностни водни обекти
Георги Вълков, Н. Йорданов, Ю. Стоименов
- 13:45 – 14:00 Морска аквакултура в България – възможности за иновативно развитие
Филип Пенчев



III НАЦИОНАЛНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО МЕТЕОРОЛОГИЯ,
ХИДРОЛОГИЯ И ОКОЛНА СРЕДА
24–26 март 2026, НИМХ, София

14:00 – 14:15 Дългосрочни измервания в еутрофикацията на крайбрежни морски води в Бургаския залив
Димитър Беров, Й. Георгиева, С. Клайн, В. Карамфилова

14:15 – 14:30 Управление на водоползването от язовирите в реално време
Оханес Сантурджян, С. Дарачев

14:30 – 15:00 **КАФЕ ПАУЗА**

Наблюдения и асимилация на данни за земната атмосфера, хидросфера и биосфера
Водещ на сесията: **гл. ас. д-р Анастасия Стойчева**

15:00 – 15:15 Температура на морската повърхност (SST)
Христо Христов, А. Кулишев

15:15 – 15:30 Мултимасщабни системни структури в българската континентална покрайнина на Черноморския басейн
Светлана Солодянкина, Н. Друмева, И. Попстоянов, П. Пецински

15:30 – 15:45 Обзор на напредъка при употреба на квантови компютри в метеорологията
Петя Ангелова, Г. Калудов, Г. Герова

15:45 – 16:00 Заснемане, категоризация и изготвяне на визуални материали на небето над София в период от 6 години (01.01.2020–31.12.2025)
Ангел Матеев

16:00 – 16:45 **Представяне на постери (по 2 минути на постер)**



III НАЦИОНАЛНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО МЕТЕОРОЛОГИЯ,
ХИДРОЛОГИЯ И ОКОЛНА СРЕДА
24–26 март 2026, НИМХ, София

25 март 2026 г. **ЗАЛА „АКАД. СПАС ВАЦОВ“**

Климатични изследвания и екстремни хидрометеорологични явления

Водещ на сесията: **доц. д-р Христо Червенков/доц. д-р Лилия Бочева**

9:00 – 9:15 Оценка за изменението на вътрешногодишното разпределение на ресурса на повърхностните води според климатични сценарии RCP 2.6, 4.5 и 8.5 по райони на басейново управление

Ерам Артинян, П. Царев

9:15 – 9:30 Екстремни валежи в България – климатична оценка на валежите през октомври 2025 г.

Лилия Бочева, К. Малчева, Т. Дарелова

9:30 – 9:45 Приложение на годишни индекси от климатичната класификация на Кьопен като индикатори за възможни рискови процеси

Христо Попов

9:45 – 10:00 Оценка на съвременните тенденции в изменението на продължителността на снежната покривка в планинските райони на България

Цветан Димитров, Д. Николов

10:00 – 10:30 **КАФЕ ПАУЗА**

10:30 – 10:45 Метод на обратни траектории за определяне на източници на влага в България: ключ към динамиката на засушаването

Гергана Герова

10:45 – 11:00 Съвременни тенденции в климатичните изследвания с ГИС

Деница Савова-Георгиева

11:00 – 11:15 Климатология на интегрирания транспорт на водни пари (IVT) за периода 1994–2023 г. и изследване на атмосферна река през 2023 г. в България

Митко Хаджиев, Б. Косташки, Г. Герова

11:15 – 11:30 Сезонна плътност на мълните по северната, източната, южната и западната крайбрежна зона на Черно море въз основа на данни от ZEUS (2005–2024 г.)

Савка Петрова, Р. Мицева



III НАЦИОНАЛНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО МЕТЕОРОЛОГИЯ,
ХИДРОЛОГИЯ И ОКОЛНА СРЕДА
24–26 март 2026, НИМХ, София

11:30 – 11:45 Предварителни резултати от прилагането на корекция на систематичното отклонение върху данни за температурата и валежите от множество EURO-CORDEX модели

Христо Червенков, К. Славов

12:00 – 13:30 **ОБЕДНА ПОЧИВКА**

Прогноза за времето и предупреждения за екстремни метеорологични явления

Водещ на сесията: **гл. ас. д-р Красимир Стоев**

13:30 – 13:45 70 години гражданска прогноза за времето в НИМХ
Анастасия Стойчева, К. Стоев, М. Славчев, Х. Христов, И. Господинов

13:45 – 14:00 „Бетина“ и ураганният вятър по Българското Черноморие
Венета Тодорова, В. Рафайлова, В. Георгиева

14:00 – 14:15 Мултимоделен подход за прогноза на конвекция
Илиан Манафов, Р. Пенчев

14:15 – 14:30 Анализ на синоптичната обстановка в периода 2–8 октомври 2025 г.
Ралена Димитрова, А. Стойчева, К. Стоев, А. Кирилова

14:30 – 14:45 **КАФЕ ПАУЗА**

14:45 – 15:15 Засичане на гръмотевични бури на летище София посредством модел за машинно обучение Random Forest
Денислав Бончев, Н. Пенев, Г. Герова

15:15 – 15:30 Влиянието на метеорологичните елементи и явления върху пожарите
Велин Каишев, Д. Делчев

15:15 – 15:30 Прогноза за времето и метеорологично осигуряване на вертолети при гасене на пожари
Димо Делчев, В. Каишев

15:30 – 16:30 **ПОСТЕРНА СЕСИЯ ЗАЛА „АКАД. ЛЮБОМИР КРЪСТАНОВ“**



III НАЦИОНАЛНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО МЕТЕОРОЛОГИЯ,
ХИДРОЛОГИЯ И ОКОЛНА СРЕДА
24–26 март 2026, НИМХ, София

26 март 2026 г. **ЗАЛА „АКАД. СПАС ВАЦОВ“**

Агрометеорологични условия – предизвикателства за агротехнологиите

Водещ на сесията: **доц. д-р Веска Георгиева**

- 9:00 – 9:15 Прогноза на фенологично развитие на черешови и ябълкови овощни градини в зависимост от агрометеорологичните условия
Валентин Казанджиев, П. Малашева, В. Георгиева, Б. Ценова
- 9:15 – 9:30 Белоплодни ягоди – евапотранспирация и ефективност на използване на водата за напояване
Елена Грънчарова, Б. Еленов
- 9:30 – 9:45 Сравнителен анализ на сателитно базирани вегетационни индекси и наземни биофизични измервания при културата царевица
Живко Гавазов, В. Георгиева, В. Казанджиев

Замърсяване на въздуха, екология и човешко здраве

Водещ на сесията: **проф. д-р Елена Христова/доц. д-р Мария Коларова**

- 9:45 – 10:00 Методика за оценка на приноса на пустинен прах към превишенията на ФПЧ₁₀ в България и идентифициране на дните, повлияни от пустинен прах
Емилия Георгиева, Х. Кирова, А. Стойчева
- 10:00 – 10:15 Мониторингът на полен във въздуха като необходим компонент на метеорологичните прогнози
Мариела Христова-Савова
- 10:15 – 10:30 Оценка и сравнителен анализ на сензори за прахови частици
А. Терзийски, Н. Кочев, Л. Цанков, Е. Христова, Е. Йорданова, Светла Георгиева, С. Тенев

10:30 – 11:00 КАФЕ ПАУЗА

- 11:00 – 11:15 Превишения на ФПЧ₁₀ и метеорологични условия в две студени полугодия
Емилия Георгиева, Н. Нейкова, Б. Велева, А. Стойчева, Т. Дарелова
- 11:15 – 11:30 Тежки метали във ФПЧ_{2.5} в гр. Бургас: сезонна динамика и оценка на здравен риск
Хилай Мутлу, Л. Гонсалвеш, В. Георгиева, С. Найденова, Е. Христова



III НАЦИОНАЛНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО МЕТЕОРОЛОГИЯ,
ХИДРОЛОГИЯ И ОКОЛНА СРЕДА
24–26 март 2026, НИМХ, София

- 11:30 – 11:30 Оценка на ефекта от въведените нискоемисионни зони в София
Ренета Димитрова, М. Велизарова, А. Буров, Д. Брезов
- 11:30 – 11:45 Поленовата прогноза: реални измервания и метеорология –
българският опит
Мариела Христова-Савова, С. Цалова
- 11:45 – 12:00 Екологична устойчивост и стратегическо управление
Красимира Йовкова
- 12:00 – 12:15 Геопространствен анализ на замърсяването на въздуха и здравния
риск с ГИС и GeoAI на Esri
Калоян Иванов
- 12:20 – 12:45 Награди за **млади учени** за най-добър доклад (устен и постер)
- 12:45 **Закриване на конференцията**



ПОСТЕРНА СЕСИЯ

25 март 2026 г., 15:30 – 16:30, **ЗАЛА „АКАД. ЛЮБОМИР КРЪСТАНОВ“**

Наблюдения и асимилация на данни за земната атмосфера, хидросфера и биосфера

- 1 Методика за виртуална калибрация на мрежови метеорологични сензори чрез ротационна колокация и съседно подпомагане
Георги Петров
- 2 Сокодвижение и атмосферно-почвени влияния, регистрирани с TDP сензор на Рожен
Росица Стефанова
- 3 Асимилация на синоптични данни в нехидростатичния модел AROME
Боряна Ценова, М. Цанков, К. Младенов, М. Динев, М. Първанов, Х. Наджи
- 4 Дългогодишни измервания на физико-химичните показатели на валежите в България
Елена Христова, М. Корсачка, И. Стойкова
- 5 Сравнение на ежедневните измерени и симулирани данни за височината на снежната покривка в България – предварителни резултати
Цветан Димитров, Д. Николов

Климатични изследвания и екстремни хидрометеорологични явления

- 6 Брой дни с гръмотевична дейност в София за периода 1901–2020 г.
Людмил Кърджилов, С. Матев
- 7 Изследване на многогодишните колебания на средните месечни и годишни температури на въздуха за района на град Сандански
Антония Голева, Св. Митков
- 8 Съвременни климатични характеристики за всяка административна област в България
Р. Евгениев, Божидара Димитрова, Ц. Николова
- 9 Съвременни тенденции в проявата на денонощия с тропични нощи в България
Християна Николова, Б. Димитрова, С. Матев
- 10 Ресурси на зелената енергия в България
Петър Иванов
- 11 Оперативни визуализации на резултати от числени модели в помощ при изготвяне на оперативни хидрологични прогнози
Петко Царев, Г. Кошинчанов



III НАЦИОНАЛНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО МЕТЕОРОЛОГИЯ,
ХИДРОЛОГИЯ И ОКОЛНА СРЕДА
24–26 март 2026, НИМХ, София

- 12 Сравнителен анализ на вятъра бора за районите Сливен (България) и Книн (Хърватия) за месец февруари 2023 година
Александър Донеv, В. Данчовски
- 13 Суховеите в България, идентифицирани с помощта на реанализа ERA5-Land
К. Малчева, Р. Евгениев, Лилия Бочева
- 14 Акценти за климата на България през 2025 година
К. Малчева, Татяна Дарелова, Л. Бочева, Д. Тодорова

Води – реки, подземни води, Черно море

- 15 Оценка на взаимовръзката между метеорологично и хидроложко засушаване по речни басейни при различни времеви стъпки
Анна Йорданова, И. Илчева, Л. Бочева, К. Малчева, К. Любенова,
В. Йорданова, Й. Димитров, Г. Друмева-Антонова
- 16 Анализи и индекси за оценка на водностопанските баланси в съответствие с типовете ресурсни оценки на НИМХ
Красимира Любенова, И. Илчева, А. Йорданова, М. Ранкова, К. Крумова,
Р. Добрева, А. Боева, Г. Друмева-Антонова, Й. Димитров, Е. Ангелова
- 17 Пилотна система за наблюдения на водни нива, температура, параметри на реки и подземни води в мониторинговата мрежа на НИМХ
Пламен Ангелов
- 18 Изменение на нивата на поровите подземни води в Казанлъшката котловина при минали продължителни суши
Гергана Друмева-Антонова, К. Любенова, А. Йорданова, И. Илчева
- 19 CAsseVaya: Интегрирана оценка на факторите, определящи качеството на повърхностните води във водосбора на езеро Вая – концепция и методологична рамка
Ления Гонсалвеш, С. Цаковски, А. Вели, Х. Йеменджиев, В. Георгиева,
В. Михайлова, М. Георгиева, Х. Мутлу
- 20 Приложение на ArcGIS Pro при анализ и оценка на високи вълни
Станислав Красев
- 21 Методика за оценка на прелелите отпадъчни води в зони с жилищно застрояване
Станислав Дарачев
- 22 Анализ и оценка на изменението на ресурса на р. Искър, р. Огоста и реки западно от Огоста и някои техни притоци за два референтни климатични периода (1961–1990 и 1991–2020 г.)
Борислав Вучков, М. Ранкова



III НАЦИОНАЛНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО МЕТЕОРОЛОГИЯ,
ХИДРОЛОГИЯ И ОКОЛНА СРЕДА
24–26 март 2026, НИМХ, София

- 23 Влияние на водовземането от подземни води върху екологичния отток на р. Тунджа
Татяна Орехова, Д. Шопова
- 24 Сравнение на резултатите от избрани софтуерни продукти и класически метод за съставяне на годишна ключова крива на зависимостта воден стоеж – водно количество
Катя Паралска
- 25 Примери за хидроложко моделиране на високи вълни с използване на сателитна информация и продукти за валеж, разработени в рамките на проекта HSAF
Георги Кошинчанов, С. Стоянова
- 26 Прилагане на модел от типа „свързан повърхностен-подповърхностен поток“ за изчисляване на високопланински речен отток: някои предварителни резултати
Илия Попстоянов
- 27 Влияние на климата върху речния отток в малки черноморски водосбори
Велко Кожухаров, В. Василева
- 28 Наводненията в България през 2025 година
Валерия Йорданова
- 29 Аналитично определяне на филтрационния поток през земнонаситна дига и оценка на риска от суфозия
Теодор Колев
- 30 Влияние на ледовите явления върху режима на речния отток
Денис Илиев

Прогноза за времето и предупреждения за екстремни метеорологични явления

- 31 Модел за машинно обучение за краткосрочна прогноза на времето
Михаил Първанов
- 32 Числената прогноза на времето в НИМХ
Боряна Ценова, М. Цанков, К. Младенов, М. Динев, М. Първанов, Х. Наджи
- 33 Опасни метеорологични явления в България през 2025 година
Красимир Стоев, Б. Маркова, Р. Димитрова, А. Стойчева, И. Господинов, М. Попова



III НАЦИОНАЛНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО МЕТЕОРОЛОГИЯ,
ХИДРОЛОГИЯ И ОКОЛНА СРЕДА
24–26 март 2026, НИМХ, София

Агрометеорологични условия – предизвикателства за агротехнологиите

- 34 Сравнително проучване на толерантността към абиотичен стрес на интродуцирани генотипове обикновена пшеница

Димитрина Николова, Г. Михова

- 35 Влияние на агрометеорологичните условия върху добива и качеството на зърното при линии зимен фуражен ечемик

Дарина Димова, Е. Димитров, В. Георгиева, З. Ур

- 36 Вероятностно-статистически анализ на редиците от дати на настъпване на чувствителни към мраз фази при някои костилкови овощни култури в България

Петя Малашева, В. Георгиева, В. Казанджиев

Замърсяване на въздуха, екология и човешко здраве

- 37 Токсикологично охарактеризиране на ПАВ от ФПЧ₁, генерирани от различни видове биомаса

Красимира Василева, Й. Йорданов, И. Найденова, О. Сандов, М. Цонева, Т. Панев, Ц. Георгиева

- 38 Валидиране на моделни данни за скорост на вятъра в Пловдив

Севдалин Гешев, Д. Атанасов, Е. Георгиева

- 39 Вариации на концентрацията на прах в София през последните две десетилетия

Емилия Йорданова, Б. Велева, Е. Христова

- 40 Влияние на бъдещите климатични проекции при определяне на усещането за топлинен комфорт в България

Владимир Иванов, И. Георгиева, Г. Гаджев, К. Ганев, Н. Милошев

- 41 Експериментално изследване на химичния състав на ФПЧ_{2.5} в София

Елена Христова, Б. Велева

- 42 Влияние на сахарския прах върху измерената слънчева радиация при земната повърхност

Ваня Манева-Петрова, А. Петров

- 43 Сравнителен анализ на концентрациите на фини прахови частици между пътно-ориентирана, градска и регионална фонова станция в района на София

Стоян Георгиев, Р. Димитрова, Е. Христова