



Тема 6.

**МОНИТОРИНГ НА МОДЕЛНИ КРАЙРЕЧНИ И КАРСТОВИ ГЕОСИСТЕМИ**

РП 6.2.

**ИНТЕГРИРАН МОНИТОРИНГ  
В МОДЕЛНИ КАРСТОВИ ГЕОСИСТЕМИ В БЪЛГАРИЯ**



**ЕКИП:**

Географ **Петър Стефанов** – координатор

Доц. д-р **Велимира Стоянова**

Доц. д-р **Диляна Стефанова**

Доц. д-р **Александра Равначка**

Техник **Георги Манев**

Външни участници (Чешка АН):

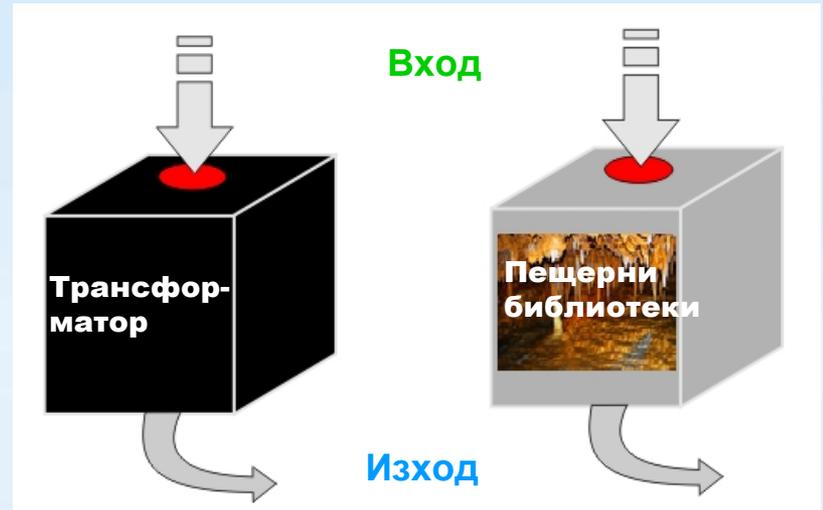
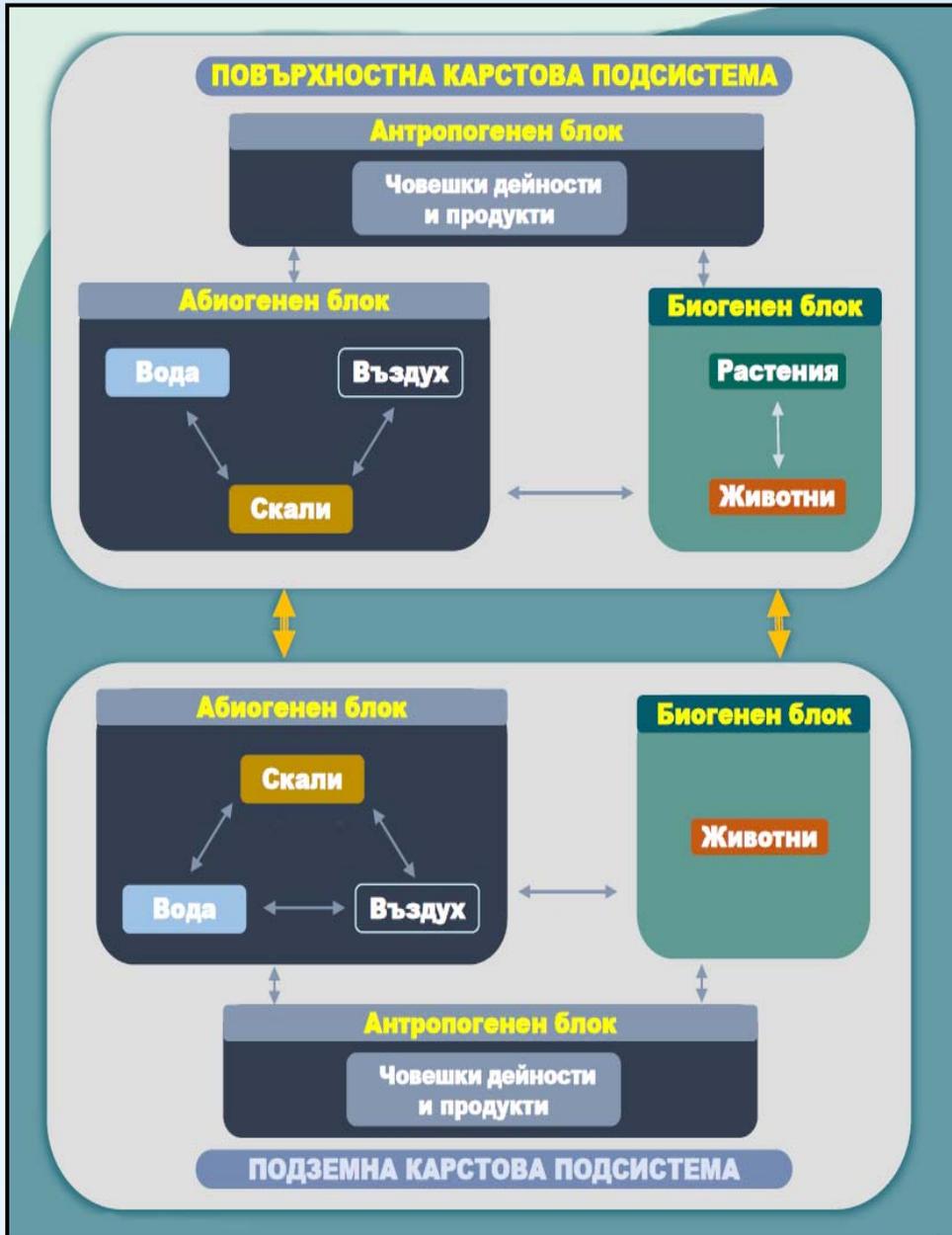
Ing. **Karel Turek**, CSc - Nuclear Physics Institute

RNDr. **Miloš Bristenský** PhD - Institute of Rock Structure & Mechanics

1. **Поддържане** на изградената мрежа за интегриран мониторинг в представителни за карста в България геосистеми и **управление** на базите данни.
2. **Популяризиране** на резултатите от мониторинга.
3. Лекционно и теренно **обучение** на ученици и студенти за същността на карста.

## Дейности:

1. **Инструментален мониторинг** в пещерните системи **Съева дупка, Бачо Киро, Бисерна, Ухловица, Лепеница** и провеждане на експедиционен мониторинг в моделните карстови геосистеми.
2. **Обработка, поддръжка, съхранение и архивиране** на резултатите от мониторинга и създаване, управление и експлоатация на базите данни.
3. **Участие в научни форуми** с доклади.
4. **Публикуване** на научни статии за мониторинга и за резултатите от него.
5. **Обучителни дейности** за ученици и студенти.
6. **Привличане на докторанти** с интереси към карстологията.



“Черна кутия”

“Сива кутия”

Устойчиво развитие

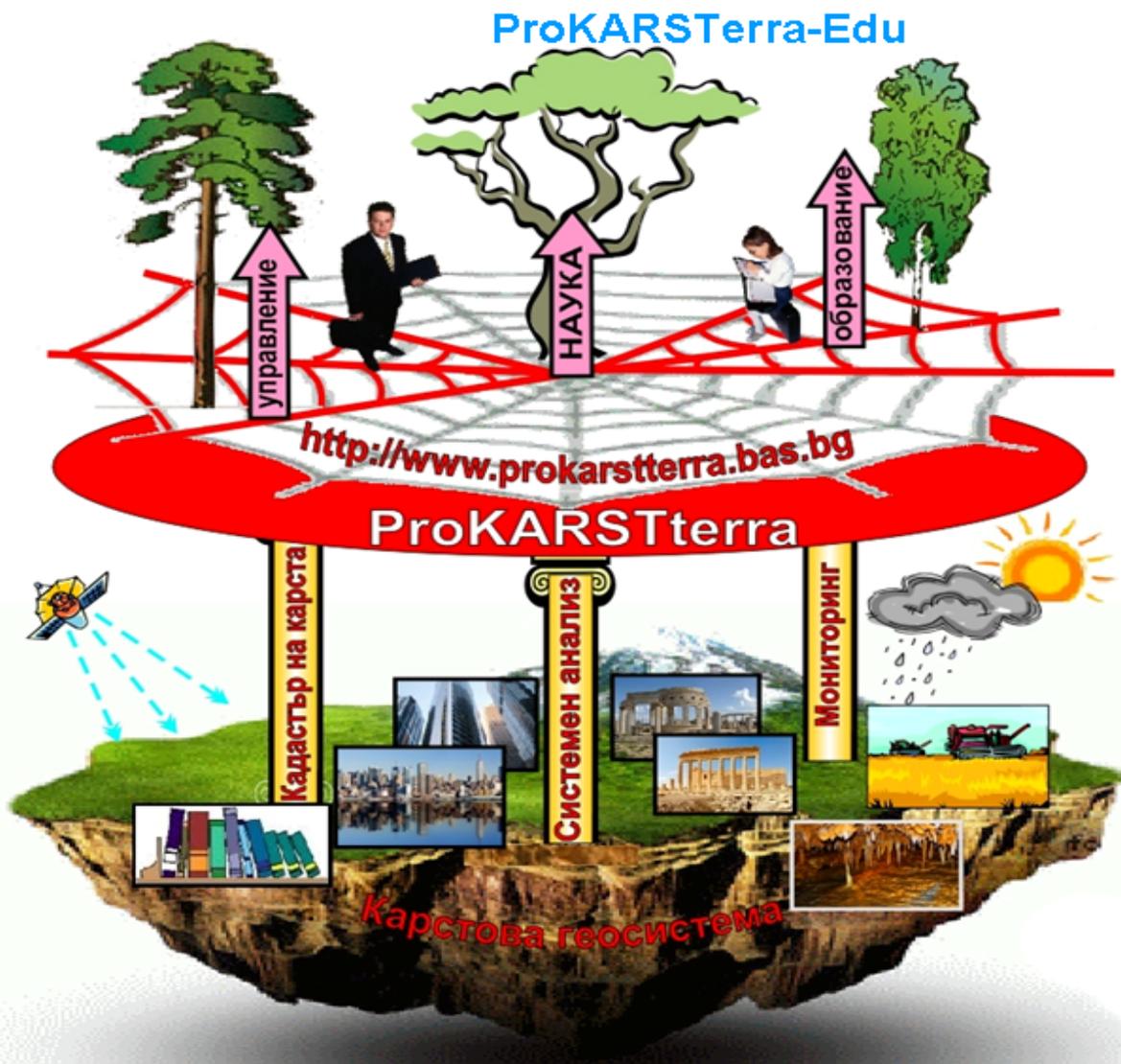
Стратегически цели

Бази данни и Network



Интердисциплинарни изследвания и мониторинг (Системен анализ)

**ProKARSTerra**  
Paradigm



*Интегрираният мониторинг е основен стълб в методологическата платформа ProKARSTerra. Той включва всички елементи на карстовите геосистеми, вкл. на подземните (пещерните) подсистеми. Той е разработван дългогодишно експериментално и в международно сътрудничество. За целта са използвани моделни карстови геосистеми, представителни за различните типове карст в България.*

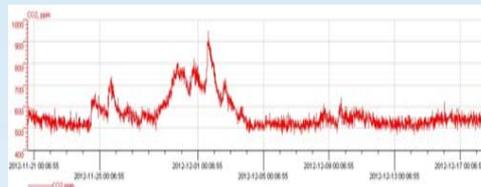
## ФОРМИ НА ИНТЕГРИРАНИЯ МОНИТОРИНГ

- 1. Периодичен експедиционен** в моделните карстови геосистеми – “in situ” с полева апаратура в избрани постоянни точки.
- 2. Стационарен с непрекъснати инструментални измервания** в пещерните системи и на повърхността над тях. През 2024-2025 г. се провежда в 5 пещери, като в 2 от тях (Съева дупка и Бисерна) е изградена инструментална мрежа за непрекъснати измервания на различните параметри на пещерната среда.
- 3. Дистанционен** с достъпни данни от сателити.

(Stefanov et al., 2012, 2013, 2025)

## Елементи на мониторинга:

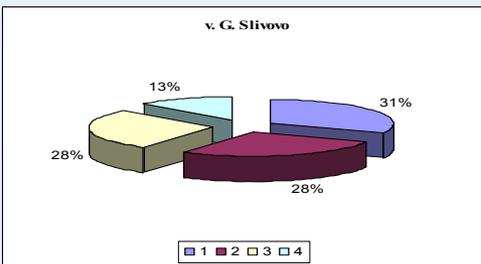
- \* Метеорологичен и Микроклиматичен (Спелеометеорологичен)
- \* Хидрометричен и Хидрохимичен
- \* Почвен, вкл. Лизиметричен (по почвени хоризонти)
- \* Радиологичен:
  - Активност на Радона (Rn-222)
  - Активност на радиокарбона ( $^{14}\text{C}$ )
  - Сумарна радиоактивност (Гама-фон)
- \* Тектонска (приразломни движения) и Сеизмична активност
- \* Социално-икономически (СИМ)
- \* Биологичен, вкл. Спелеобиологичен

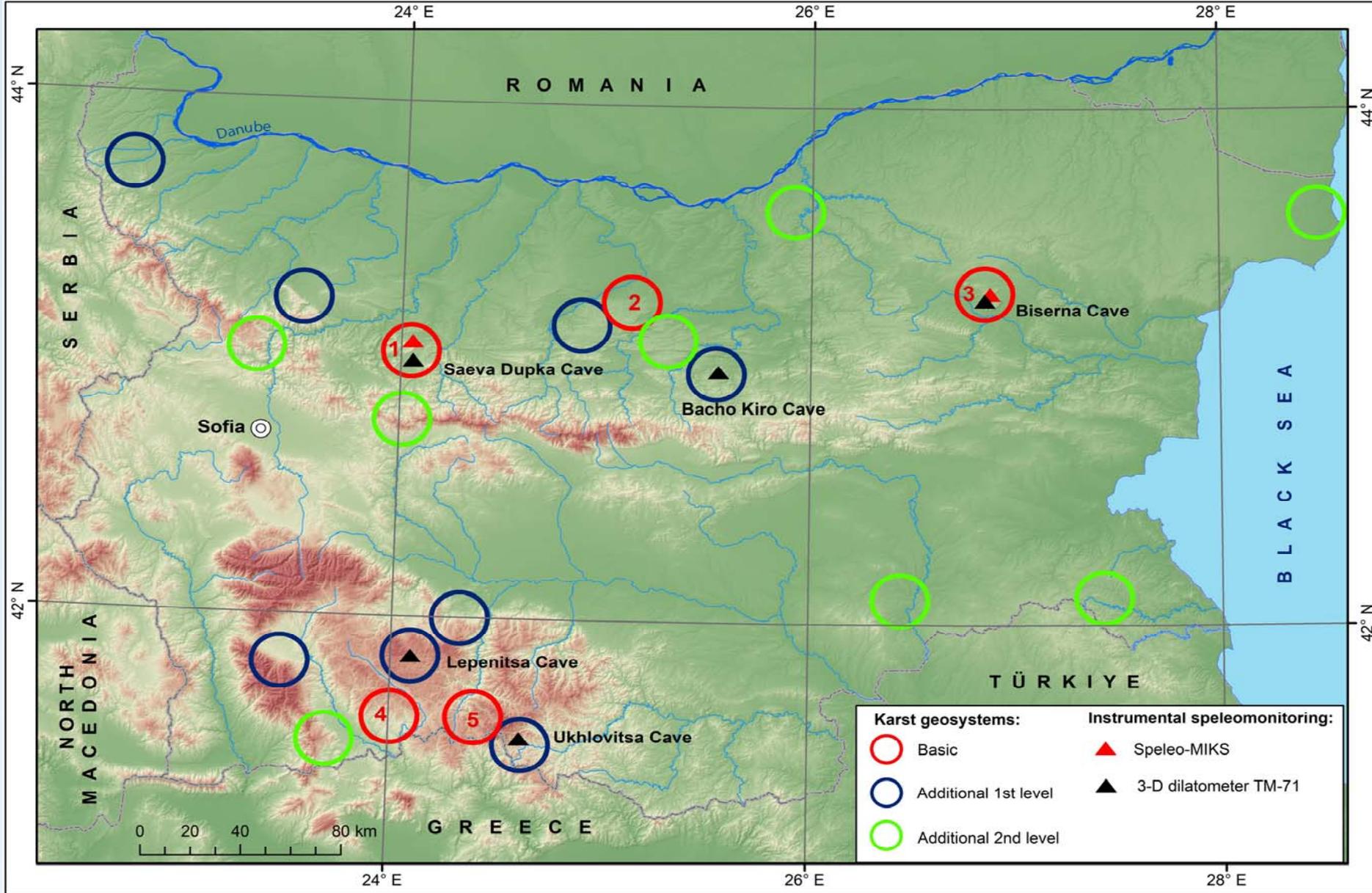


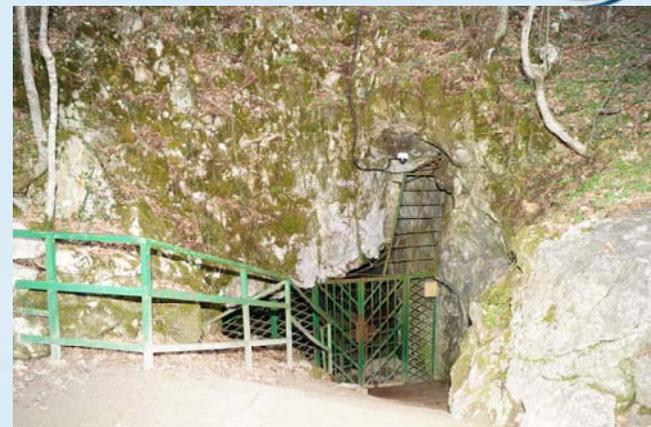
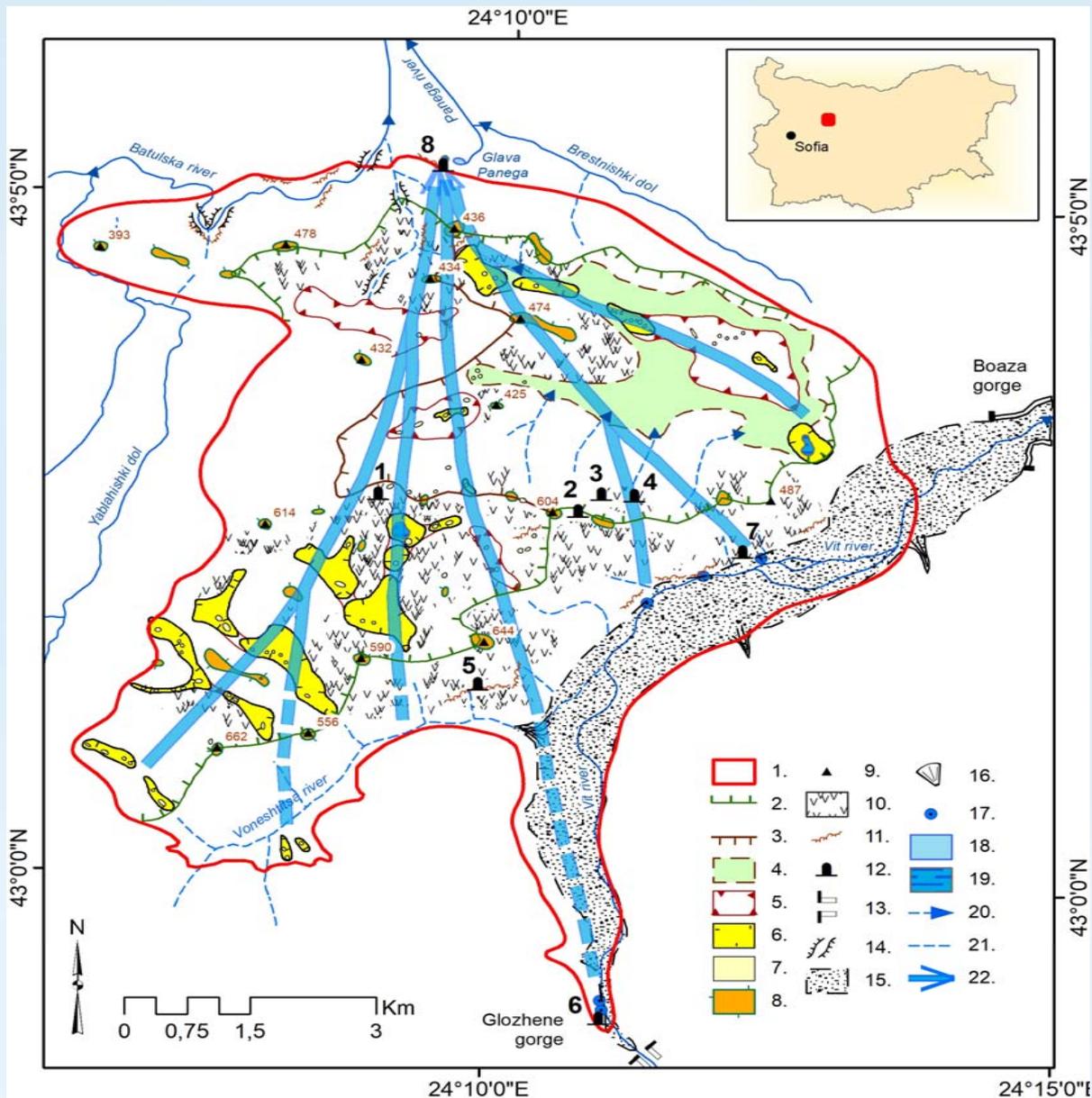
Полева лаборатория



TM-71







**Входът на пещера Съева дупка**

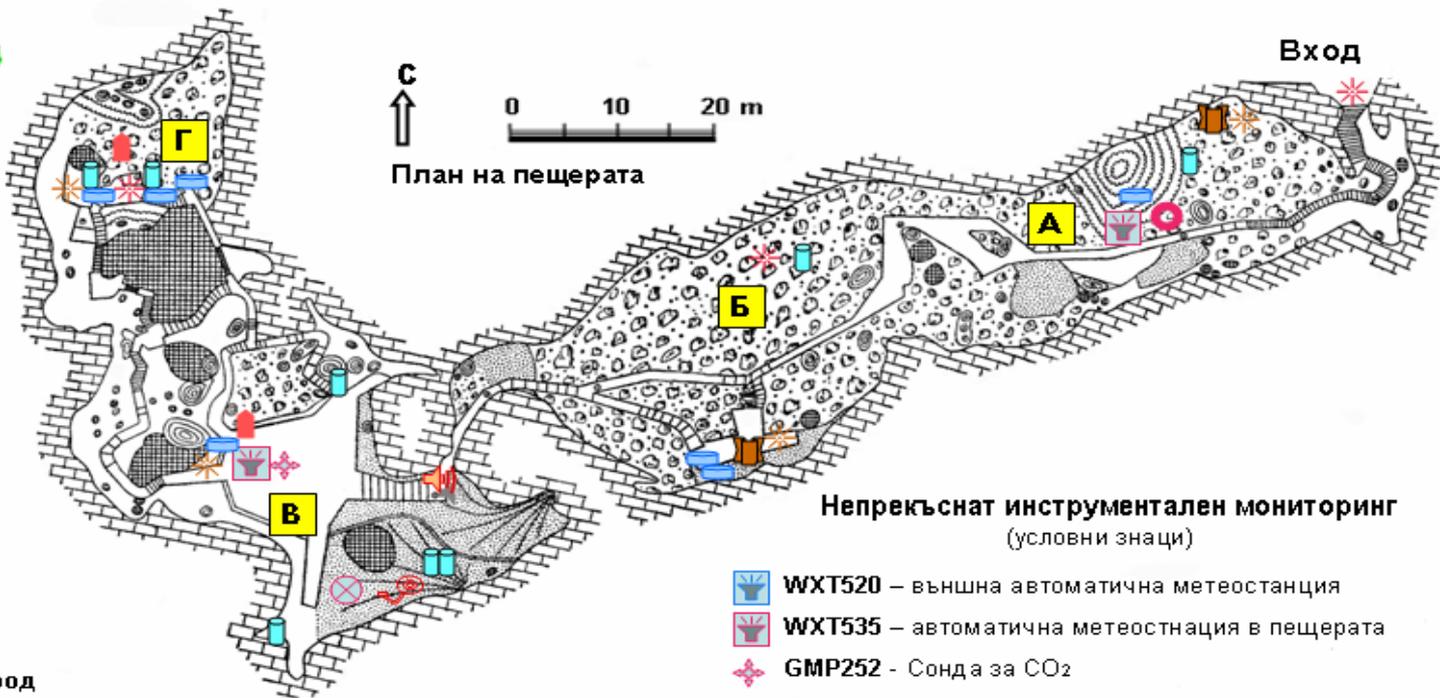
1. Граница на геосистемата;
2. Граница на безотточна зона;
3. Граница на карстово поле;
4. Дъно на карстово поле;
5. Граница на увала;
6. Валог; 7. Въртоп; 8. Хум;
9. Връх с кота; 10. Карно поле;
11. Скален венец; 12. Пещера
13. Вход/изход на каньон;
14. Вход/изход на ждрело;
15. Алувиално речно корито;
16. Речен наносен конус;
17. Понор; 18. Карстово езеро;
19. Карстово блато;
20. Сляпа карстова долина;
21. Суха карстова долина;
22. Посока на движение на подземните карстови води

(Stefanov, 2020; Stefanov et al., 2025)



Пещерни зали:

- A** Купена
- B** Срутището
- B** Концертна зала
- Г** Космос

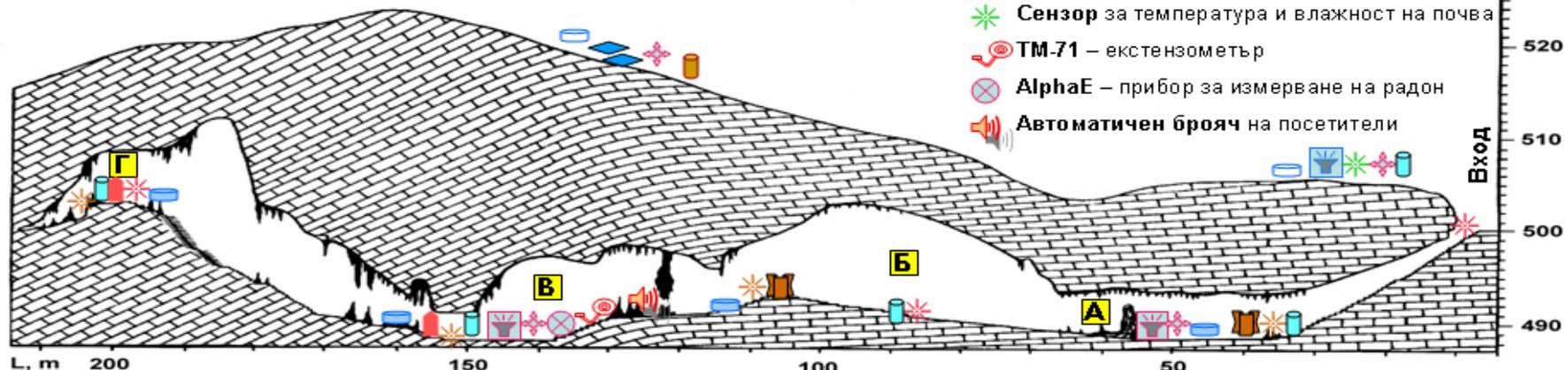


Периодичен мониторинг  
(условни знаци)

- Кондензатомер
- Лизиметър
- Камери за радон (във въздух и в почва)
- Камера за радиовъглерод
- Пробосъбирател на инфилтрационна вода
- Пробосъбирател на валежна вода

Непрекъснат инструментален мониторинг  
(условни знаци)

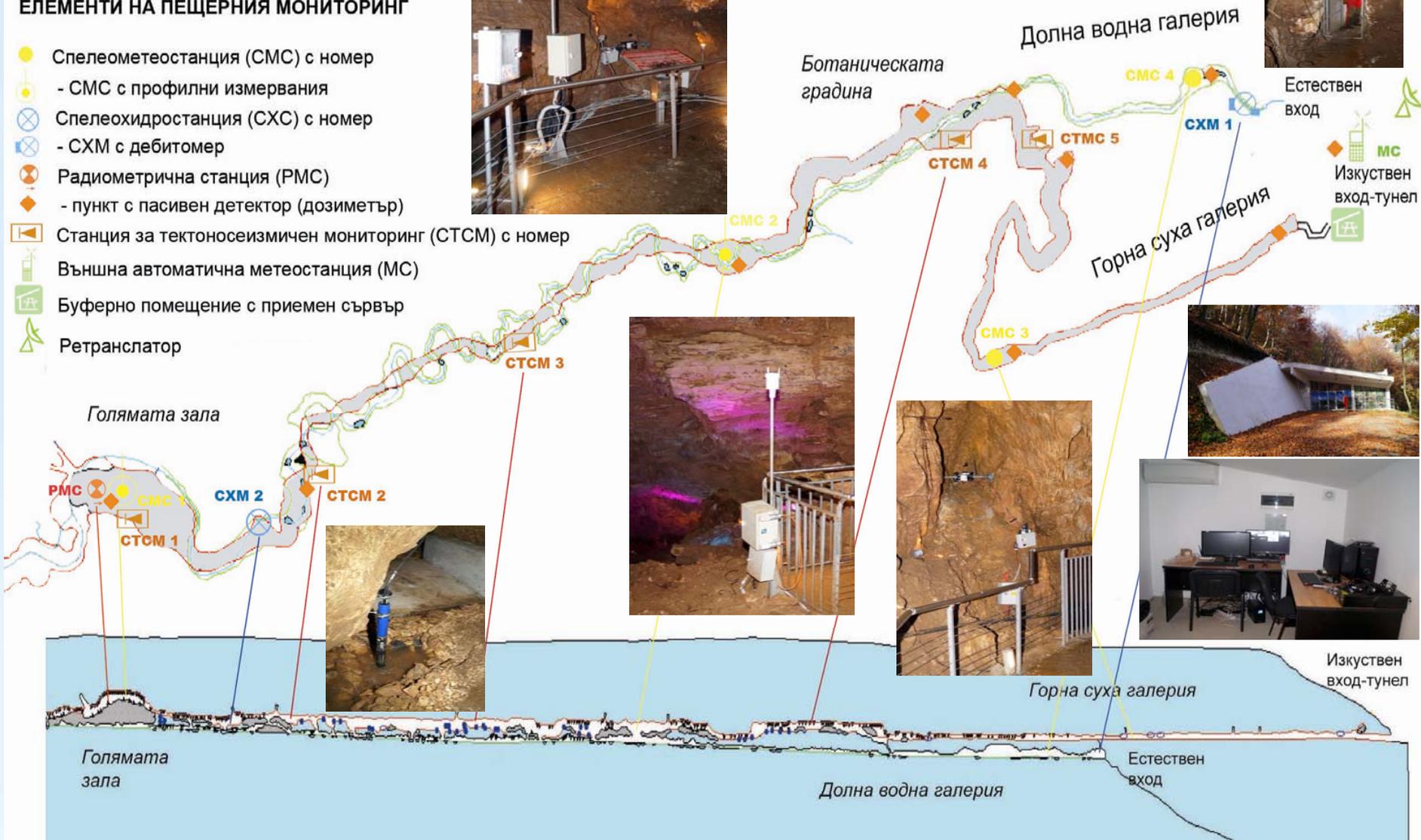
- WXT520 – външна автоматична метеостанция
- WXT535 – автоматична метеостанция в пещерата
- GMP252 - Сонда за CO<sub>2</sub>
- Сензор за температура на въздух
- Сензор за температура на скала/глина/вода
- Сензор за температура и влажност на почва
- TM-71 – екстензометър
- AlphaE – прибор за измерване на радон
- Автоматичен бряч на посетители



Надлъжен профил на пещерата

## ЕЛЕМЕНТИ НА ПЕЩЕРНИЯ МОНИТОРИНГ

- Спелеометеостанция (СМС) с номер
- СМС с профилни измервания
- Спелеохидростанция (СХС) с номер
- СХМ с дебитомер
- Радиометрична станция (РМС)
- пункт с пасивен детектор (дозиметър)
- Станция за тектоносеизмичен мониторинг (СТСМ) с номер
- Външна автоматична метеостанция (МС)
- Буферно помещение с приемен сървър
- Ретранслатор



## По първата цел: провеждане на интегриран мониторинг:

- **Стационарен инструментален мониторинг:**

Поддържане на изградения стационарен инструментален Спелео-МИКС в пещерите **Съева дупка, Бачо Киро, Бисерна, Ухловица и Лепеница.**

Извършени ремонтно-възстановителни дейности на системите за интегриран мониторинг в Съева дупка и Бисерна и профилактика и ревизия на компютърните системи, следящия софтуер и системите за непрекъснато електрозахранване и обновяване на съответните софтуери.

- **Периодична експедиционна дейност:**

Локалитети: 3 моделни карстови геосистеми с организиран МИКС и Спелео-МИКС: **Брестнишка** с пещерната система Съева дупка, **Дряновска** с пещерната система Бачо Киро и **Шуменско плато** с пещерната система Бисерна.

Проведени командировки:

В България: 18 с обща продължителност 42 дни

В Чехия: 1 (12.2025) с продължителност 8 дни: 1. Пренос и обработка в специализирани лаборатории на Чешката АН на скални образци и данни от радиологичния и екстензометричния мониторинг в българските пещери; 2. Работни срещи за обмяна на опит с Управлението на чешките пещери и с Дирекцията на парк "Моравски крас".

### Експедиционни мониторингови дейности:

- спелеометеорологични измервания, измервания на концентрациите на CO<sub>2</sub> в пещерния въздух и в почвата над пещерата, хидрохимични опробвания и анализи „in situ” на валежни, почвени и карстови води, вкл.пещерни капчуци;
- периодична подмяна на пасивните трекови детектори за измерване активността на радона в пещерите;
- сваляне на записи от 3-D екстензометрите ТМ-71 в пещерите за мониторинг на сеизмо-тектонската активност.

Социално-икономически мониторинг (СИМ) на съвременния антропогенен натиск върху карстогенезиса в моделните карстови геосистеми:

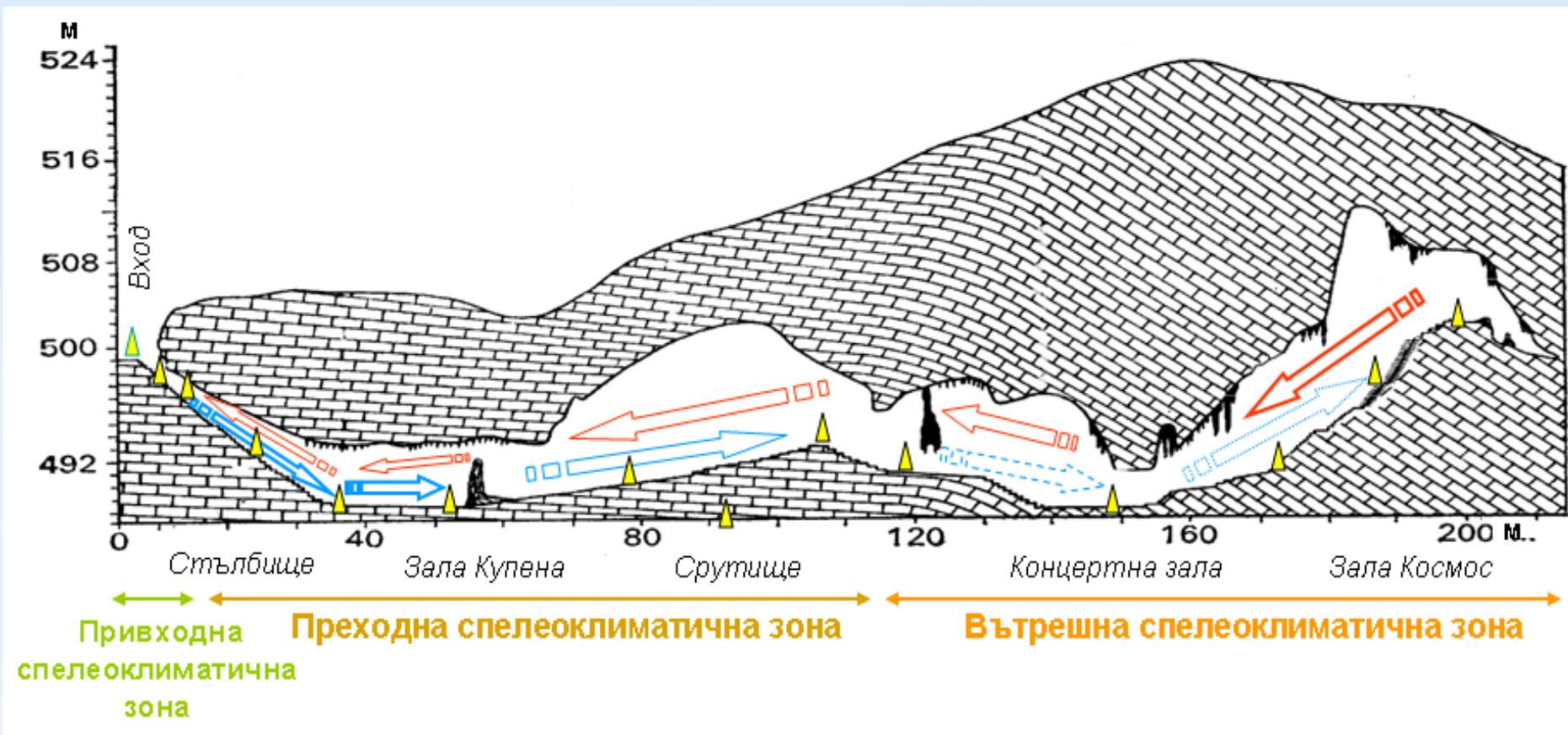
- теренни наблюдения и описания на антропогенните дейности в карстовата територия на моделните геосистеми;
- работни срещи с представители на местни институции, стопанисващи и управляващи карстовата територия и карстовите обекти;
- работни срещи с ползватели на ресурси в карстовата територия.

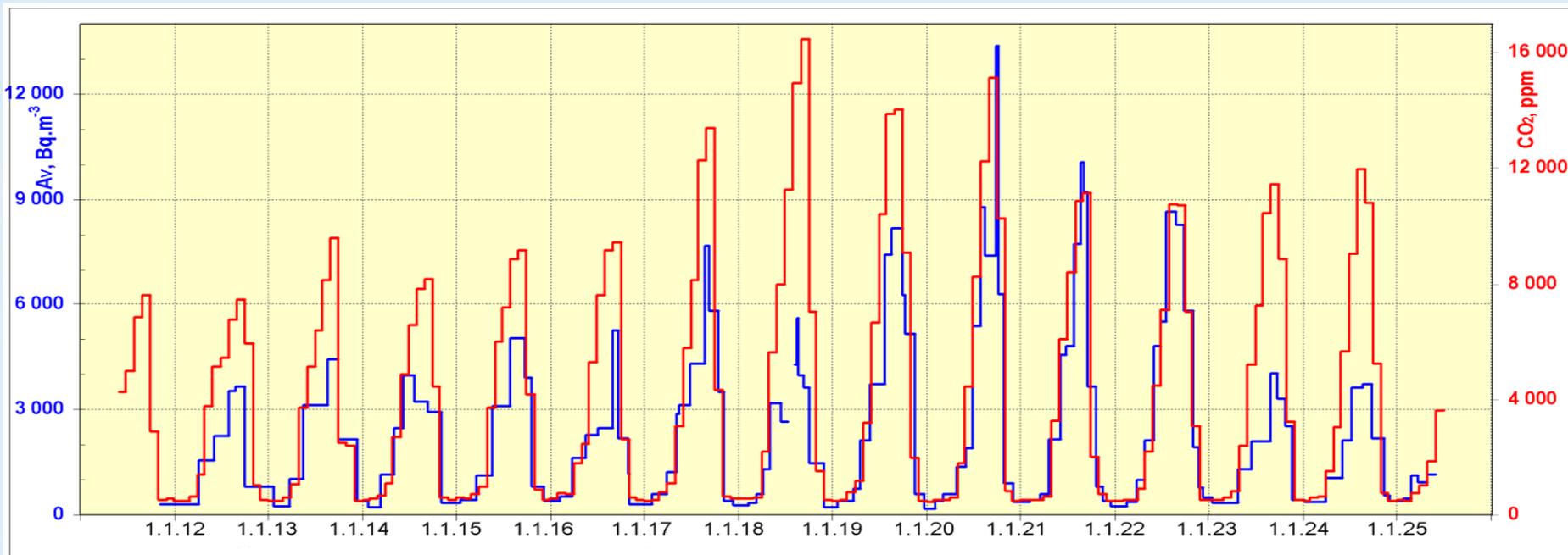
- Обработка, съхранение и архивиране на резултатите от мониторинга и създаване, управление и експлоатация на специализирани бази данни.

МИКС осигури много ценни резултати за съвременния карстогенезис и за въздействията на глобалните промени върху карстовите геосистеми. По-важните от тях вече са представени в серия от публикации. В следващите слайдове са посочени само някои примери.

## Климатични зони в пещерната система Съева дупка

(Nojarov & Stefanov, 2025)





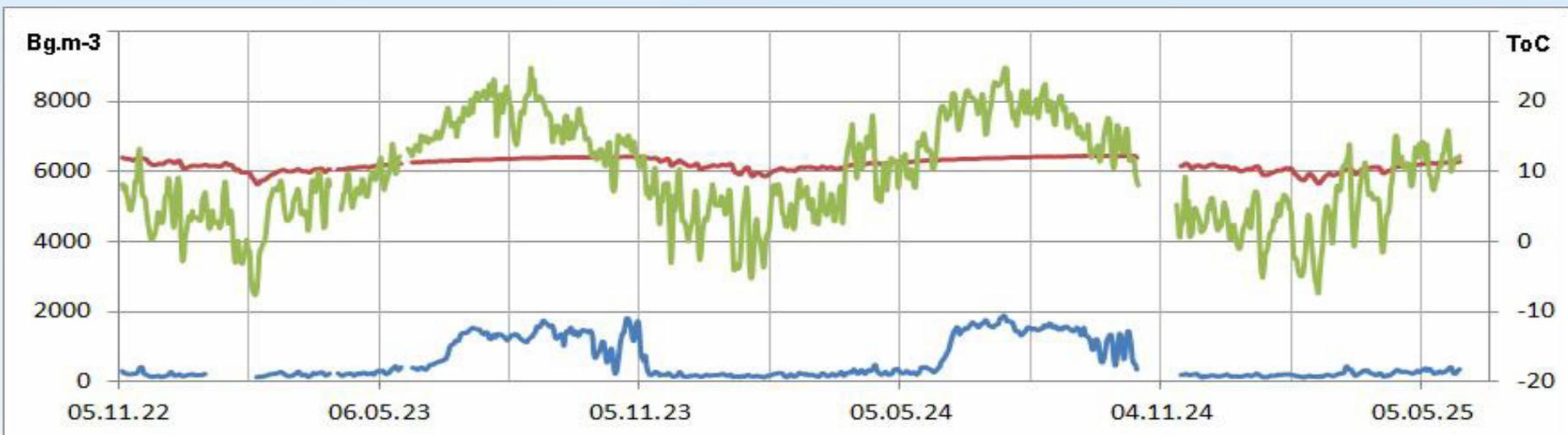
## Концентрация на CO<sub>2</sub> по профила на пещерата – летен сезон



Зависимост на **концентрацията на радон** от разликите между температурите на **външния въздух** и на **пещерния въздух**



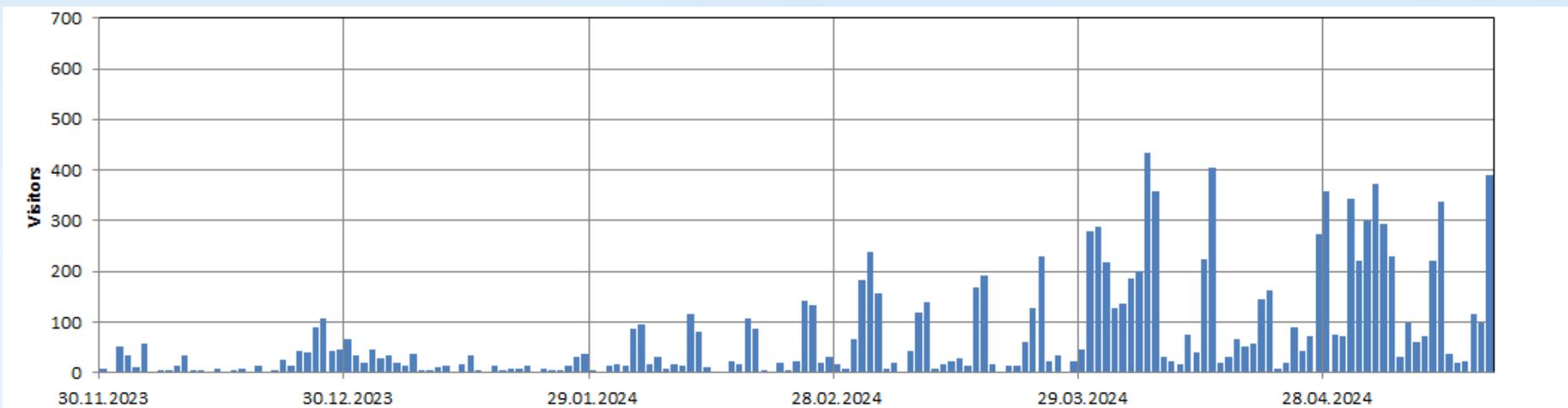
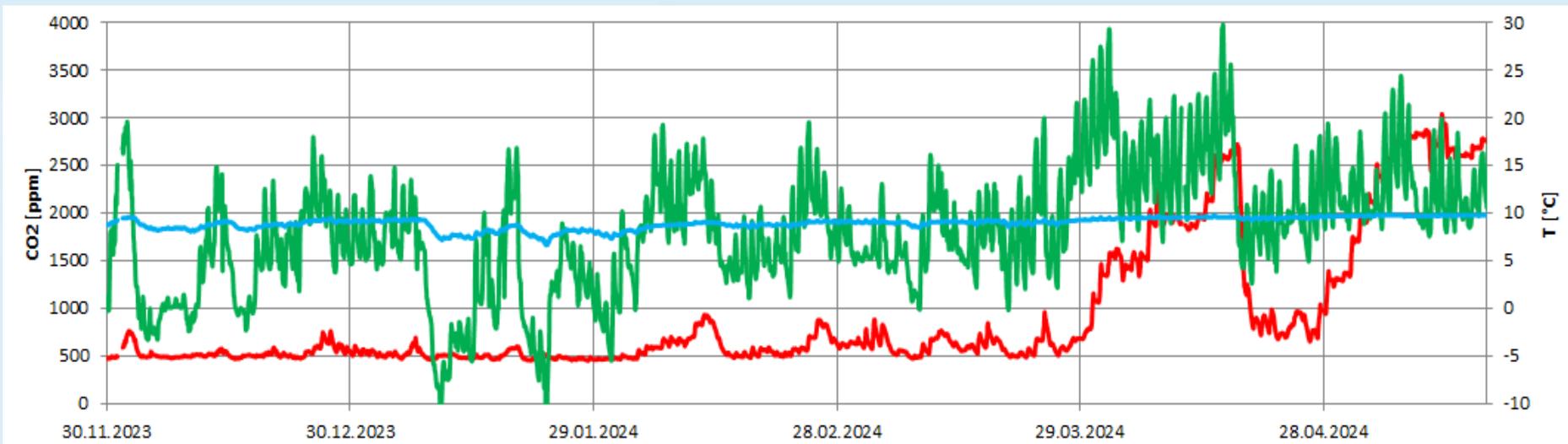
Съева дупка



Ухловица

# Вариации на температурите на въздуха **отвън** и **в пещерата**, на **концентрацията на CO<sub>2</sub>** в пещерния въздух и на **броя на посетителите** на пещерата

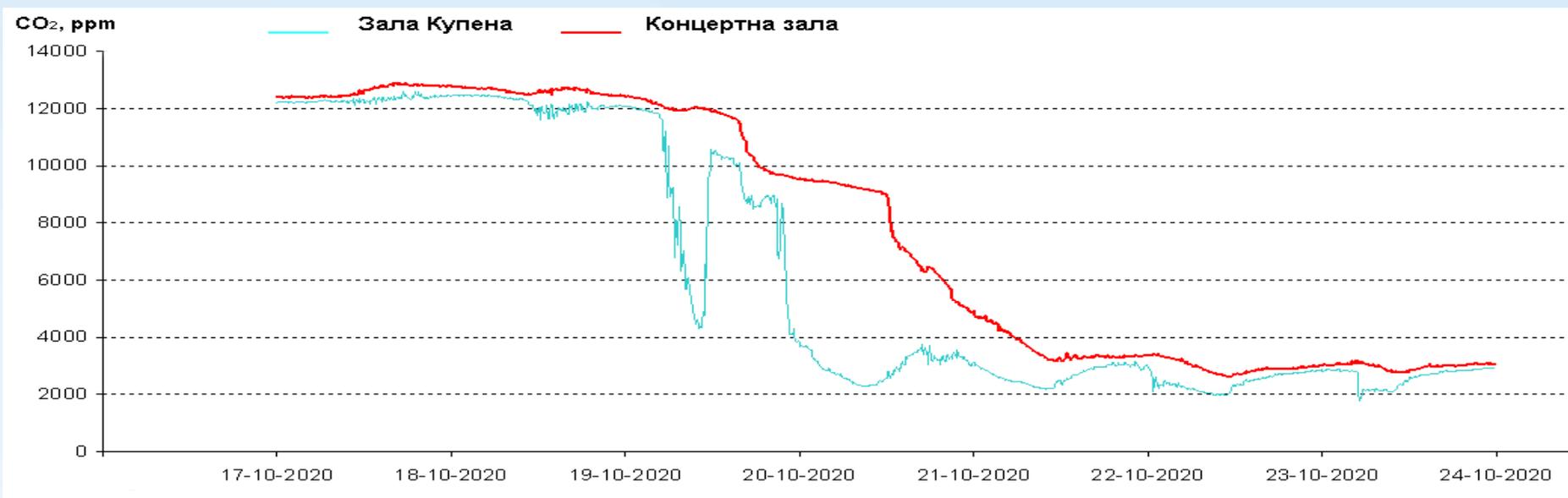
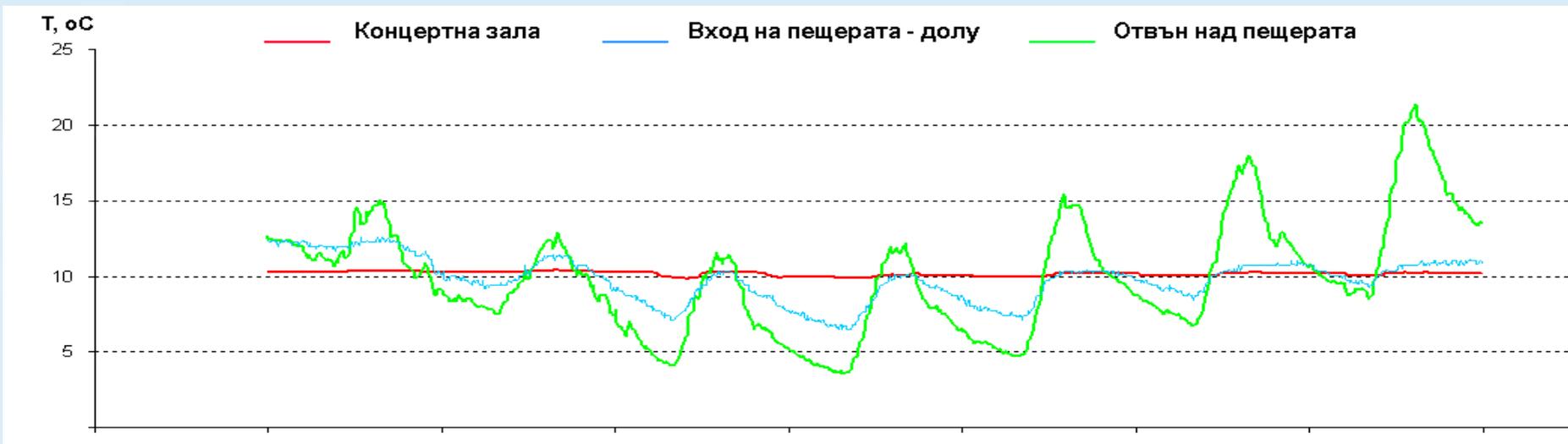
(Stefanov et al., 2024, 2025)

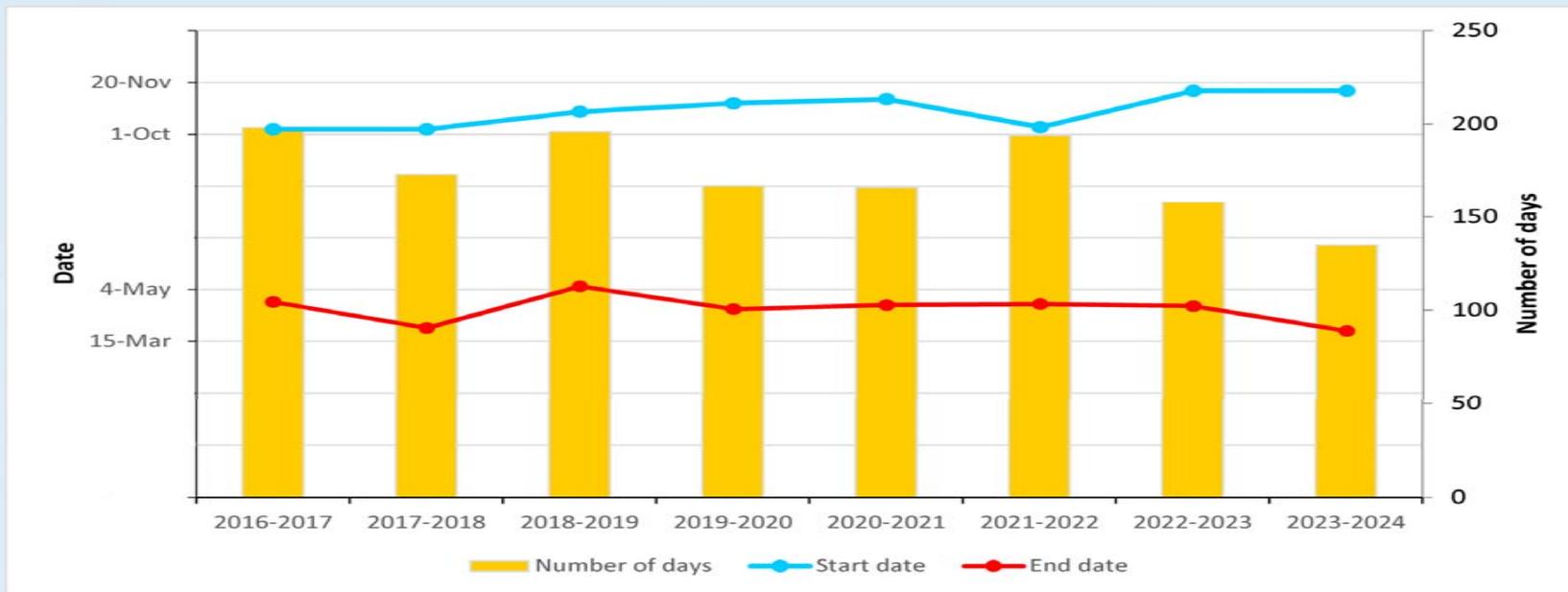


**Съева дупка**

# Бързо “издухване” на CO<sub>2</sub> от пещерния въздух в началото на вентилационния период в Съева дупка

(Stefanov, 2020; Stefanov et al., 2025)

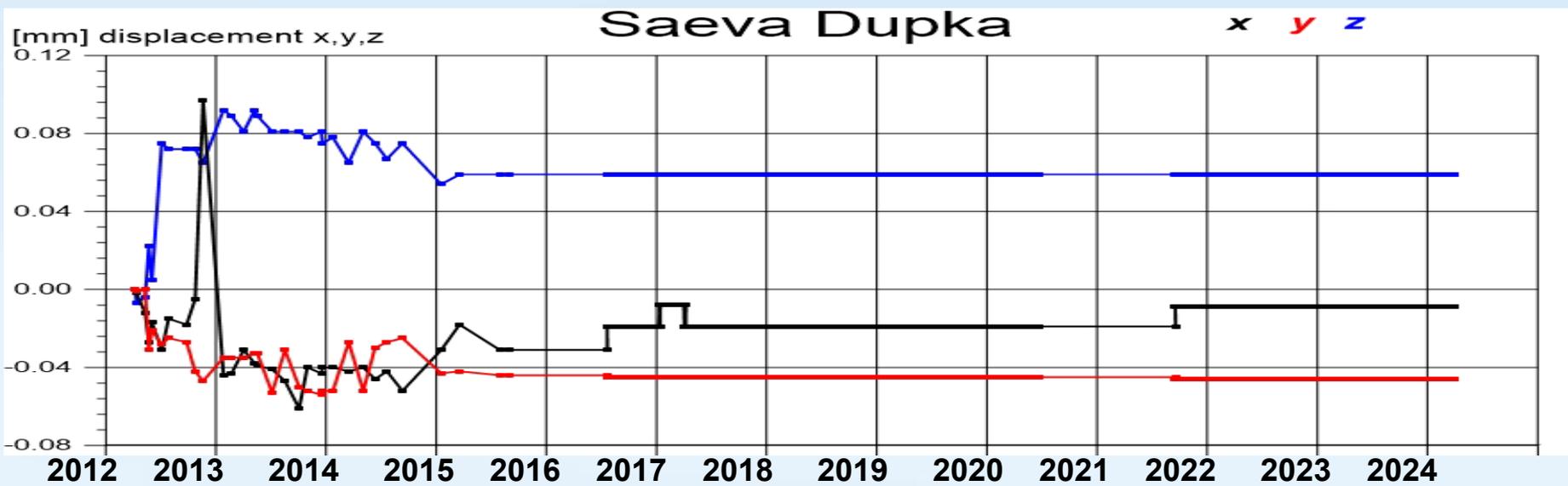
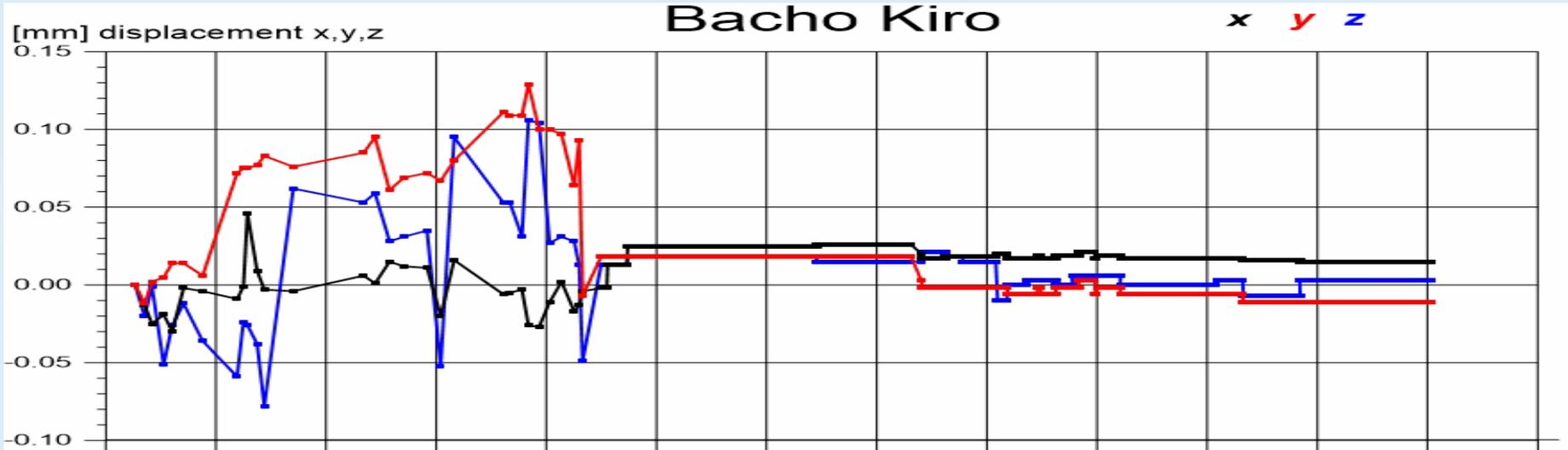




(Stefanov et al., 2024, Nojarov & Stefanov, 2025)



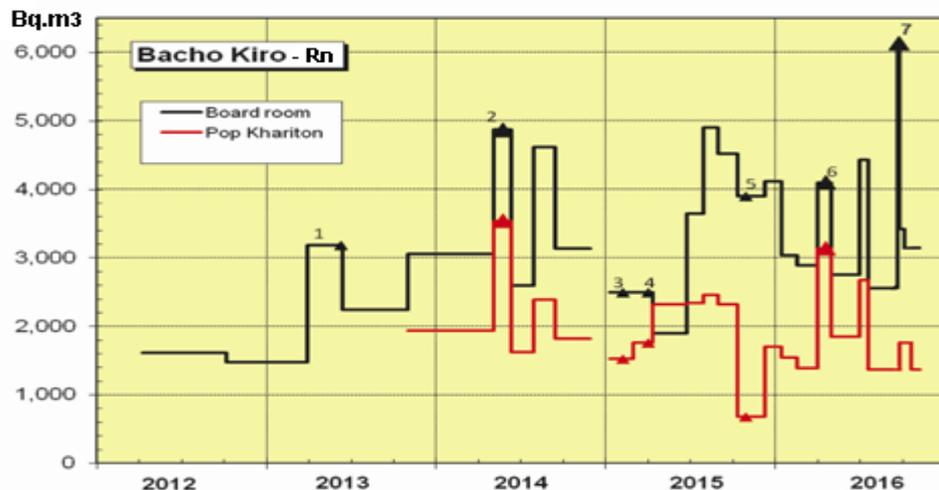
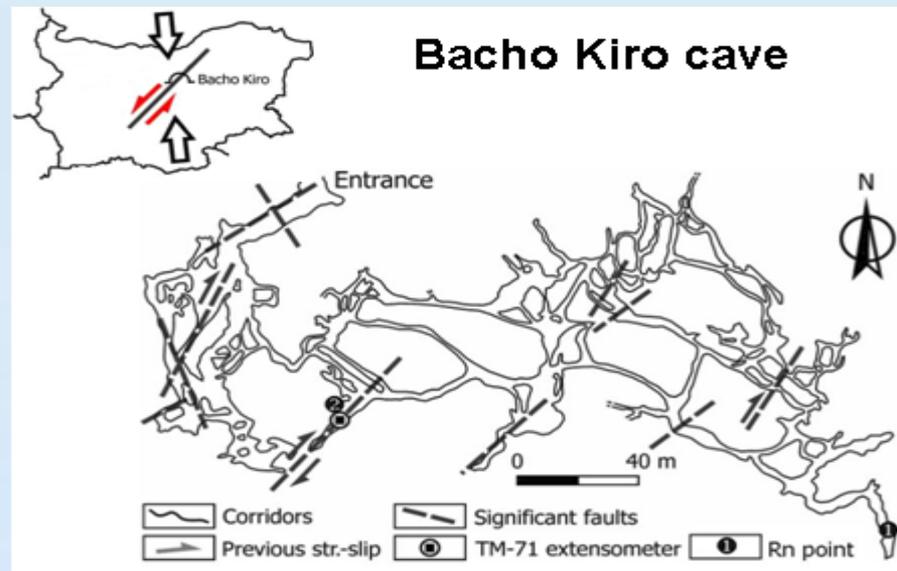
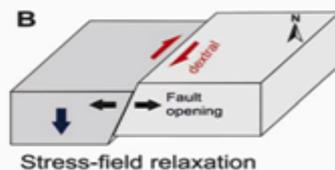
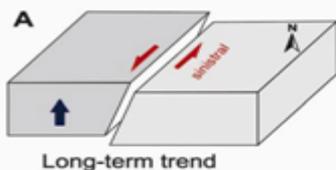
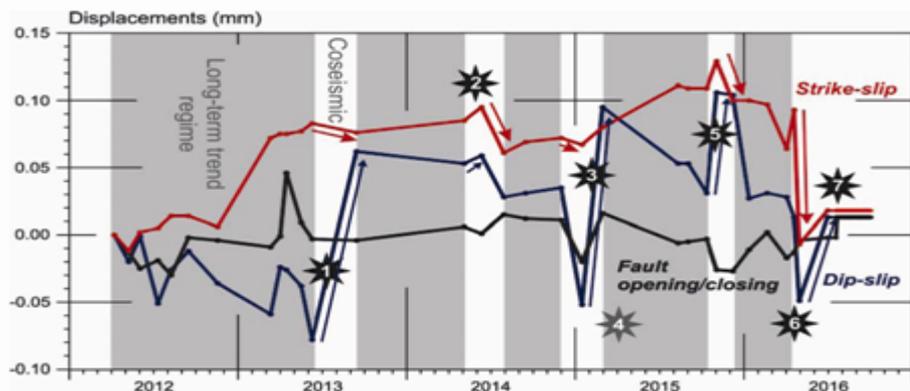
**Кога се образуват вторичните калцитни форми в пещерата ???**



x – отваряне/затваряне на разлома; y – хоризонтални отмествания; z – вертикални отмествания

# Зависимости между сеизмо-тектонската активност и аномалиите в режима на концентрацията на радон-222 в пещерите

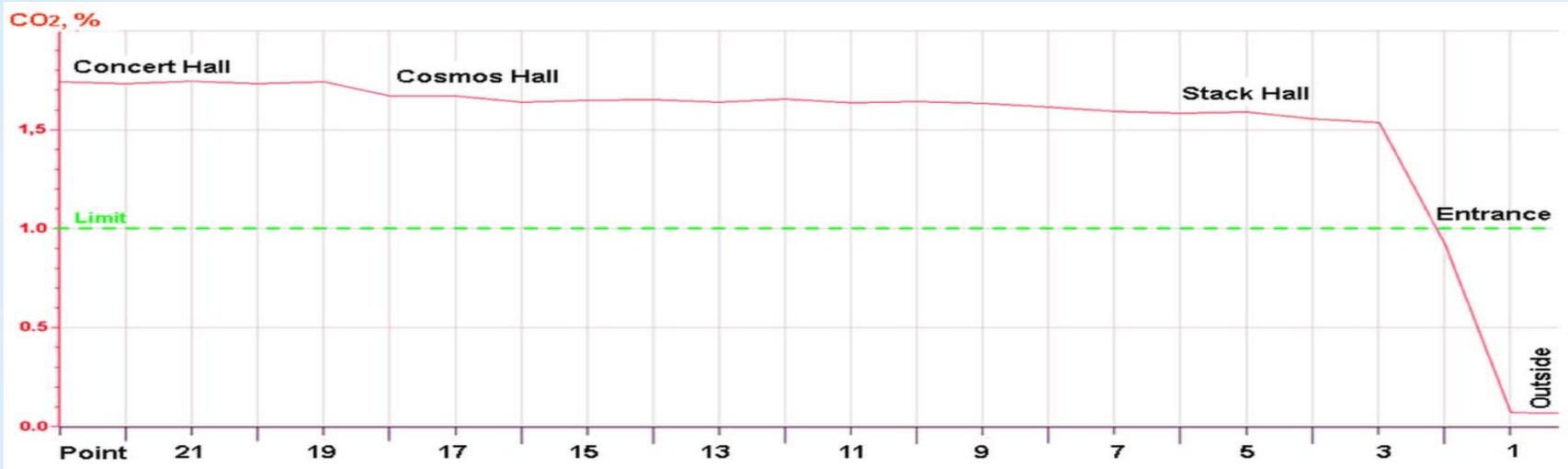
(Stefanov et al., 2017; 2018; 2025)



Earthquake epicentre	Time	Magnitude
1. Topolovgrad, Bulgaria	9th July 2013	4.1
2. Kamariotissa, Greece	24th May 2014	6.9
3. Tvurditsa, Bulgaria	5th Feb. 2015	4.2
4. Topolovgrad, Bulgaria	2nd April 2015	4.0
5. Marmaraegrlisi, Turkey	28th Oct. 2015	4.4
6. Nova Zagora, Bulgaria	18th Apr. 2016	4.3
7. Vranca, Romania	23rd Sept. 2016	5.7

# ПЕЩЕРНИТЕ ГАЗОВЕ И ЗДРАВΟΣЛОВНИТЕ РИСКОВЕ ЗА ПОСЕТИТЕЛИТЕ

(Stefanov et al., 2025)



Съева дупка



Бисерна

## Средномесечни концентрации на радон-222 в пещерния въздух



Венеца – Трета зала



Съева дупка – Концертна зала



Бачо Киро - Заседателна зала

Туристическа пещера	Индивидуална ефективна доза (mSv)	
	Conservative approach: cave factor $j = 2$	Optimal approach: cave factor $j = 1,5$
Венеца	17,6	7,6
Съева дупка	6,5	4,1
Бачо Киро	3,3	1,8
Ухловица	3,6	1,9



Ухловица – 7-те синтрови езера

**Бел.:** Ефективните дози, надвишаващи референтната стойност от **6 mSv**, са маркирани в червено.

## Участие в 5 научни форума с доклади:

- 3rd INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL PROTECTION AND DISASTER RISKS (ENVIRORISK). Topic: Natural and Human-Induced Hazard (Sofia, 4-7.06.2024):  
P. Stefanov, P. Nojarov, K. Turek, D. Stefanova. *Global changes and tourism in show caves in Bulgaria – hazards and relationships.*
- 6th International Scientific Conference of the CAWRI-BAS: GLOBAL WARMING'S IMPRINTS ON THE ELEMENTS OF THE CLIMATIC SYSTEM (24-28 September, 2024, Town of Hisarya, Bulgaria):  
P. Stefanov, P. Nozharov, L. Tsankov. *Impact of current climate changes on ventilation regime of Saeva dupka cave*
- VI Научна конференция с международно участие „ГЕОГРАФИЯ, РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ И ТУРИЗЪМ“ (8-10 ноември 2024 г., Шуменски университет):  
P. Stefanov, D. Stefanova. *School of Interdisciplinary Training "For and through the Karst `2023"*
- 7th International Scientific Conference of the CAWRI-BAS: WATER IN CHANGING CLIMATE – ENVIRONMENTAL AND SOCIAL PERSPECTIVES (September 30 and October 4, 2025, Sandanski, Bulgaria):  
P. Stefanov, P. Nojarov, D. Stefanova. *Impacts of contemporary global changes on the water cycle of the Brestnitsa karst geosystem in Northern Bulgaria*
- VII Научна конференция с международно участие „ГЕОГРАФИЯ, РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ И ТУРИЗЪМ“ (7-9 ноември 2025 г., Шуменски университет):  
P. Stefanov, D. Stefanova. *The potential of the geosystems approach in geography in studying global change*

- с **Българският институт по стандартизация (БИС)** относно разработваните от Техническият комитет Карст (TC 319 KARST) в Международния институт по стандартизация (ISO) първи стандарти за карста. През октомври 2024 г. е представено на БИС становище относно стандарта „Technical Regulations for the Development and Utilization of Karst Water Resources” (ISO/NP 25365).

- с **Дирекцията на ПП „Шуменско плато”** в гр. Шумен по три основни теми:  
**1.** Преодоляване на проблемите с поддържането и управлението на инструменталния мониторинг в пещерата Бисерна; **2.** Обсъждане на възможностите на Дирекцията на парка да съдейства за превръщането на Шуменското плато във водещ обучителен център за карста; **3.** Обсъждане на предложение за 3-дневен обучителен теренен семинар за екипа на Дирекцията на парка, посветен на същността и спецификата на карста.

- с **ТИТАН „Златна Панега цимент” АД** за обсъждане на нови инициативи за съвместни дейности относно екологосъобразно циментопроизводство в Брестнишката карстова геосистема;

- с **Катедра География в Шуменския университет** за по-широко застъпване на темата карст в университетското образование и за провеждане на съвместни теренни обучения на студенти в карстовите геосистеми на Шуменското плато.

## Услуги

Подготвено и включено в Каталог на услугите на НГИЦ портфолио на услугата **„Предоставяне на информация от интегрирания мониторинг в пещерната система Съева дупка”** (Модул 1 „Мониторинг и изучаване на Земята и околоземното пространство“, ID: NGIC.10.00005)

### Лекции:

Участие в Програмата за практическо обучение на студенти от катедра „География, екология и опазване на околната среда“ на ЮЗУ „Неофит Рилски“ в НИГГГ-БАН (5-9.5.2025 г.): Лекция с експерименти и дискусия **„Карст и карстови геосистеми. Проблеми в земеползването“** (7.5.2025 г.). Лектори: доц. Диляна Стефанова, Петър Стефанов

Теренно обучение в Шуменското плато на студенти и участници в VII Научна конференция „География, регионално развитие и туризъм“ (7-9 ноември 2025 г., Шуменски университет): Теренна лекция **„Карстова геосистема (на примера на пещерата Бисерна)“**. Лектори: П. Стефанов и доц. д-р Диляна Стефанова.

### Привлечени докторанти:

**Дилян Георгиев** - зачислен през декември 2025 г., задочна форма на обучение в секция Социално-икономическа география.

**Данаил Хаджиев** – ще кандидатства през 2026 г. за редовна форма на обучение в секция Физическа география

### Дипломанти:

**Любомир Василев** (Пловдивски университет) – консултации по разработваната от него дипломна работа за радона в родопски пещери.

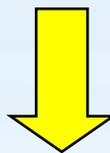
Към оригиналната методология ProKARSTerra и резултатите от МИКС вече има нарастващ международен интерес, предизвикан чрез публикациите ни в престижни световни издания. През 2024-2025 г. това са:

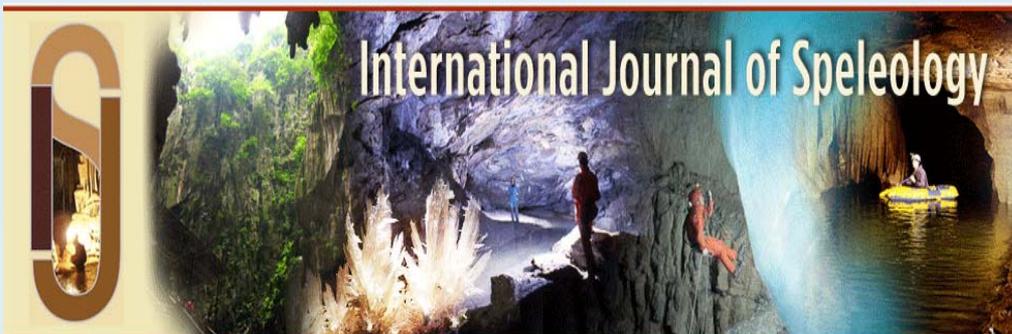
## Научни студии:

Nojarov, P., Stefanov, P., Stefanova, D., Jelev, G. 2024. ***Climate Change, Anthropogenic Pressure, and Sustainable Development of Karst Geosystems (A Case Study of the Brestnitsa Karst Geosystem in Northern Bulgaria).*** **Sustainability**, 16, 6657. <https://doi.org/10.3390/su16156657>

Stefanov, P., Turek K., Tsankov L. 2025. ***Summary Results of Radon-222 Activity Monitoring in Karst Caves in Bulgaria.*** **Geosciences**, 15 /10, 1-32.MDPI, Basel, Switzerland, [https://doi.org/10.1007/978-3-031-74707-6\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-031-74707-6_15)

Stefanov, P., Stefanova, D., Nojarov, P. 2025. ***The integrated monitoring of karst systems model (MIKS), applied in karst studies in Bulgaria.*** **International Journal of Speleology**, 54(3), ijs2533, <https://doi.org/10.5038/1827-806X.ijs2533>





MY ACCOUNT    FAQ    ABOUT THIS IR    SCHOLAR COMMONS

- Journal Home
- About This Journal
- Aims & Scope
- Editorial Board
- Policies
- Submission Guidelines
- Reviewer Information
- Print Subscriptions
- Publication Ethics & Malpractice

## REFERENCE STYLES

- EndNote
- Mendeley

Submit Article

Most Popular Papers

Receive Email Notices or RSS

[Home](#) > [Open Access Journals](#) > [IJS](#)

Follow

The *International Journal of Speleology* is the official journal of the Union Internationale de Spéléologie since 1978 and was founded in 1964. It is a double-blind, peer-reviewed, international scientific journal that publishes research and review articles concerning all sciences involved in karst and caves, such as geology, geomorphology, hydrology, archeology, paleontology, (paleo)climatology, cave meteorology, (geo)microbiology, environmental sciences, physics, chemistry, mineralogy, etc. *IJS* is published three times per year.

Articles are open access at <http://scholarcommons.usf.edu/ijs>. The journal is abstracted and indexed in the following services: [Directory of Open Access Journals](#), [ISI Thomson Services](#) (Science Citation Index-Expanded including the Web of Science, ISI Alerting Service, Current Contents/Physical, Chemical and Earth Sciences), [Bibliography & Index of Geology](#) ([GeoRef](#), [Cambridge Scientific Abstracts](#), [EarthScienceWISE \(Oxmill Publishing\)](#), [EBSCO publishing](#), [Geobase](#), [Speleological Abstracts \(UIS\)](#), [Ulrich's Periodical Directory™](#), [BIOSIS Zoological record](#), [SCOPUS \(Elsevier\)](#), and [SCImago Journal and Country Rank](#).

**LATEST IMPACT FACTOR 2024: 1.3**

In Journal of Citation Reports®, Thomson Reuters 2024

**SPECIAL ISSUE IN PROGRESS: VOLUME 54, ISSUE 3 (2025)**

Guest Editors: Drs N. Buzjak, A. Persoiu, and C. Pennos



## CAVE MONITORING

### Guest Editors

Nenad Buzjak, University of Zagreb, Croatia  
 Aurel Persoiu, Emil Racovita Institute of Speleology, Cluj-Napoca, Romania  
 Christos Pennos, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

## CAVE MONITORING: SPECIAL ISSUE

 **The integrated monitoring of karst systems (MIKS) model, applied in karst studies in Bulgaria**  
*Petar Stefanov, Dilyana Stefanova, and Peter Nojarov*

- ▣ Theoretical-methodological platform ProKARSTerra for karst studies
- ▣ Integrated Monitoring of Karst Systems (MIKS) model
- ▣ MIKS comprises 6 types of monitoring
- ▣ Speleo-MIKS model is used for monitoring in cave systems
- ▣ Many problems in organizing and maintaining MIKS are described in this study

 **Designing a Cave Air Monitoring System: Guide and feedback from 15 years of monitoring the Cussac Cave (France)**  
*Nicolas Peyraube, Jessica D. Villanueva, Fabien Naessens, Roland Lastennet, Sylvain Mateo, and Alain Denis*

- ▣ Providing a flow chart of question to be answered when creating a monitoring system
- ▣ Providing feedback from 15 years of monitoring in a cave
- ▣ Examples of long time series of CO<sub>2</sub> monitoring
- ▣ Example of sort time event influence on cave air

 **Microclimatic conditions in Shulgan-Tash Cave (Southern Ural, Russia): Implications for the preservation of Eastern Europe's largest Paleolithic art collection**  
*Olga Chervyatsova, Rayan Akhmedyanovb, Nailiya Saifullina, Ludmila Kuzmina, Mihael Kotov, and Yuri Dublyansky*

- ▣ Shulgan-Tash Cave exhibits distinct winter and summer ventilation regimes
- ▣ CO<sub>2</sub> concentrations: atmospheric in Lower Level, elevated in summer in Upper Level
- ▣ Elevated CO<sub>2</sub> levels in the Upper Level result from forest cover and phreatic degassing
- ▣ Key threats to cave art include condensation and fluctuating CO<sub>2</sub> levels in cave air
- ▣ Rapid degassing of infiltrating water leads to calcite deposition over cave paintings

 **Pre-calibration of δ<sup>18</sup>O for paleoclimatic interpretations using stalagmites in Cueva Ensueño, Puerto Rico**  
*Gabriel Enrique López Borobia, Ny Riavo G. Voarintsoa, Ricardo Sánchez-Murillo, and Pablo Antonio Llerandí Román*

- ▣ Isotopic fractionation is studied in Cueva Ensueño to pre-calibrate stalagmite δ<sup>18</sup>O
- ▣ Seasonal isotopic fractionation is found between wet and dry months
- ▣ Hendy test on farmed carbonates suggest kinetic fractionation
- ▣ Drip water isotopes are affected by epikarst storage
- ▣ Prior calcite precipitation increases in the dry season

# International Journal of Speleology (IJS)

<http://scholarcommons.usf.edu/ijs/>

Stefanov, P., Nojarov, P., Turek, K., Stefanova, D., 2025. ***Global Changes and Tourism in Show Caves in Bulgaria - Hazards and Relationships***. In: N. Dobrinkova and S. Fidanova (Eds.), Proceeding of the 3rd International Conference on Environmental protection and Disaster Risks (EnviroRISks 2024). **Springer** Nature Switzerland AG, 126–138.

[https://doi.org/10.1007/978-3-031-74707-6\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-031-74707-6_15)

Stefanov P., Nozharov P. and Tsankov L., 2024. ***Impact of current climate changes on ventilation regime of Saeva dupka cave***. In: Kilifarska, N., Orehova, T., Alexandrov, V., Kulov, B. (Ed.), Global warming`s imprints on the elements of the climatic system. Proceedings of the 6-th International Scientific Conference, Hisarya, 81-91.

## Научни статии, подадени за печат:

Nojarov P., Stefanov P. ***Climate influence on carbon dioxide concentration in the Saeva Dupka karst cave, Bulgaria***. **Acta Carsologica**.

Briestenský M., Šebela S., Stefanov P., Novak U. ***Central Europe Tectonic Hiatus 2015-2019***. **Big Earth Data**.

Stefanov P., Nojarov P., Stefanova D. ***Impacts of contemporary global changes on the water cycle of the Brestnitsa karst geosystem in Northern Bulgaria***. Magazine of CAWRI-BAS.

Реализацията на Работен пакет 2. по Тема 6. на проекта НГИЦ е поредно доказателство за ефективността на разработената оригинална **научно-методологическа платформа ProKARSTerra**. Поддържаният интегриран мониторинг осигурява **нови оригинални данни** за ролята на активизиращите се и сложно устроени глобални промени и за нарастващия и все по-трудно управляван антропогенен натиск върху карстовите територии в условията на трудно предвидими социално-икономически и политически промени.

Чрез реализацията на работния пакет са доразвити и надградени и функциите на **НГИЦ** като **център за иновативно обучение за и чрез карста**.

*Предвид постигнатите резултати и тяхната значимост е много важно МИКС на карстовите геосистеми да продължи. Това изисква да бъдат решени 2 проблема:*

**Осигуряване на средства** за продължаване на интегрирания мониторинг в моделните карстови геосистеми и за актуализация на мрежата за стационарен инструментален мониторинг с нова апаратура.

Привличане в екипа, поддържащ мониторинга **нови участници**, в т.ч. докторанти, подготвящи дисертации на базата на оригиналната научна методология ProKARSTerra.

*Вторият проблем вече е в процес на решаване.*

**Заедно можем повече!**

<http://prokarstterra.bas.bg>

**Благодаря  
за вниманието**

