

3D мониторинг на свлачищни, срутищни и разломни движения в страната

Национална пътна карта за научна
инфраструктура – 2020-2027

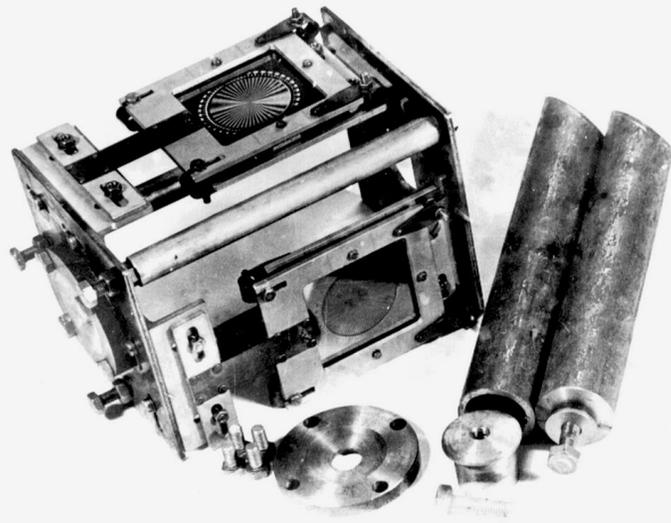


Николай Добрев, Константин Костов,
Пламен Иванов, Мирослав
Кръстанов

Семинар на НГИЦ, 11-12.02.2026, гр. Кюстендил

3D мониторинг на свлачищни, срутищни и разломни движения в страната

Целта на 3D мониторинга е да се разберат последните движения по основните структури, които са свързани с най-силната сеизмична и тектонична активност в изследователската област. Установяването на изключително бавни движения изисква използването на високочувствителна апаратура, устойчива на външни климатични влияния и предоставяща възможности за дългосрочен мониторинг.



Инструментацията е осигурена от триизмерния екстензаметър ТМ71, разработен в Чехия от д-р Блахослав Кощяк (Kostak, 1991). Уредът работи на принципа на механичната интерференция (ефект на Моар), който регистрира изместването като линии върху насложени оптични решетки, механично свързани с противоположните стени или повърхности на пукнатините. Благодарение на този принцип, който напълно избягва всякакви електрически предавателни средства, уредът показва изключително голяма дългосрочна стабилност и безпогрешна работа при тежки външни условия. Точността му е 0,05-0,01 mm и по трите пространствени координати. Температурните ефекти в системата, включително държачите, са елиминирани числено, докато такива ефекти върху скалата на този етап не могат да бъдат елиминирани, поради което се наблюдават климатични циклични вариации.

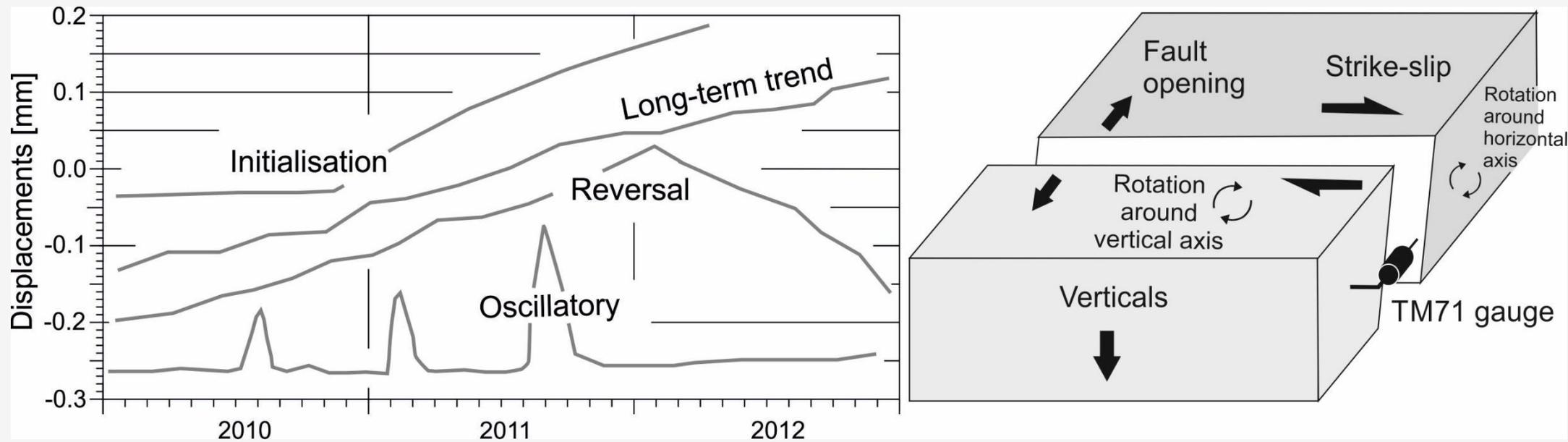
Характеристика на мониторинговата апаратура



*Изглед на инсталиран 3D апарат ТМ-71
върху пукнатина (точка М8 – Мадара)*

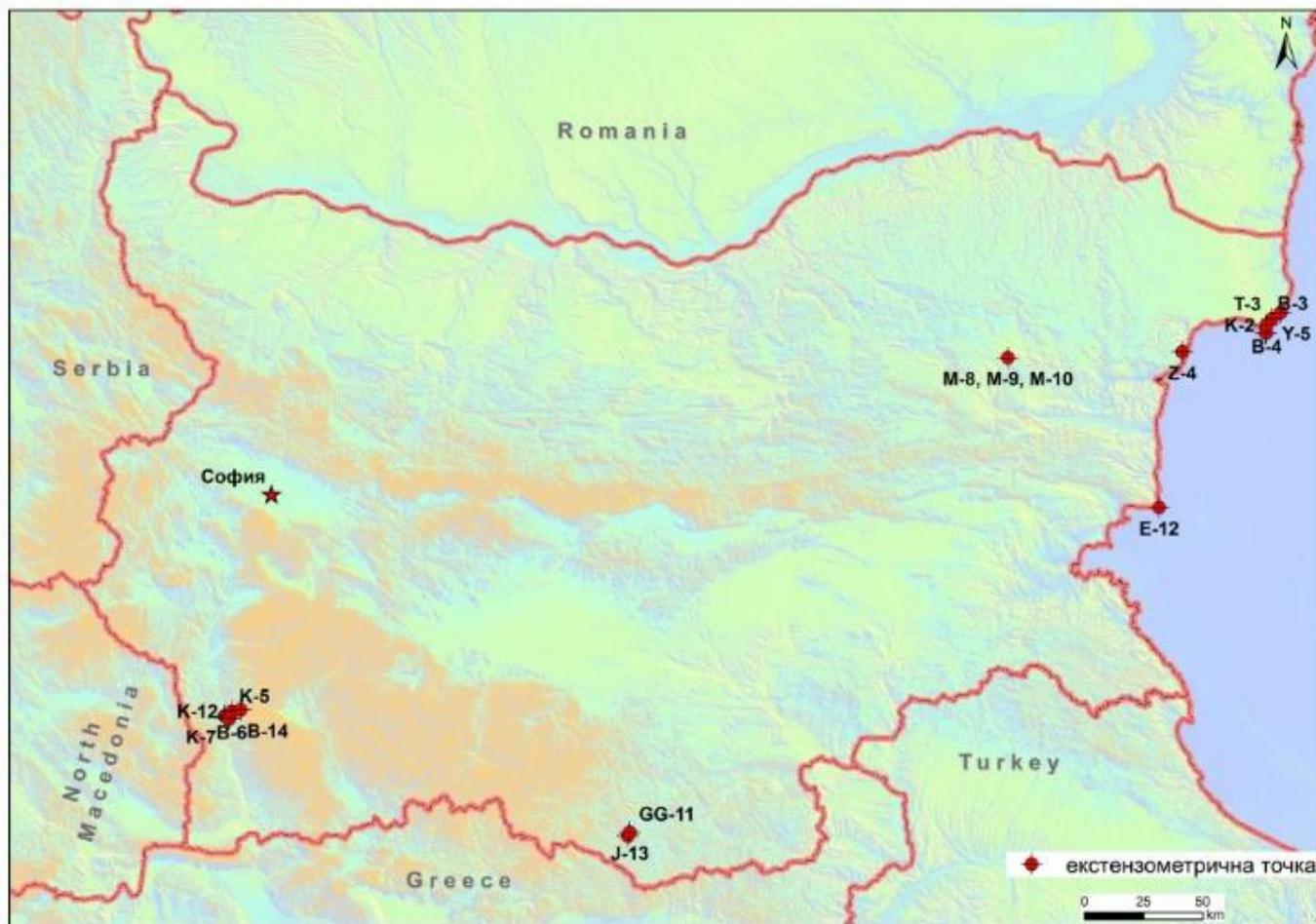
Значението на 3D движенията винаги е: X - хоризонтално, през контакта, Y - хоризонтално приплъзване и Z - вертикално изместване. Движенията са относителни между двете страни, представени в графики като измествания на долния блок на склона спрямо противоположния, въпреки че интерполацията трябва да отчита движението и от двете страни. Уредът се използва за редовно наблюдение на бавни измествания по активни разломи, свлачищни пукнатини и скални деформации. Приложен в: Австрия, България, Чехия, Германия, Гърция, Италия, Норвегия (Шпицберген), Перу, Полша, Словакия, Словения, Таджикистан

Анализ на резултатите



Видове разломни измествания (Briestenský et al. 2018) и схематичен блоков модел, показващ всички компоненти на разломното изместване, регистрирани от екстензометъра TM-71

Мониторинговата мрежа в страната



Мониторинговата мрежа, оборудвана с ТМ-71, е създадена през 70-те и 80-те години на миналия век при огромни блокови свлачища по северното ни черноморско крайбрежие – при свлачищата Тауклиман-Русалка (3 бр.) и Златни пясъци (1 бр.). По-късно в България са създадени и други полигони за мониторинг: в Симитли грабен, Югозападна България (4 бр.), Мадарското плато, Североизточна България (3 бр.) и Източните Родопи (2 бр.). Показаните на фигурата точки са общо 20, като към настоящия момент функционират 12 бр. екстензометри.

Северно Черноморско крайбрежие

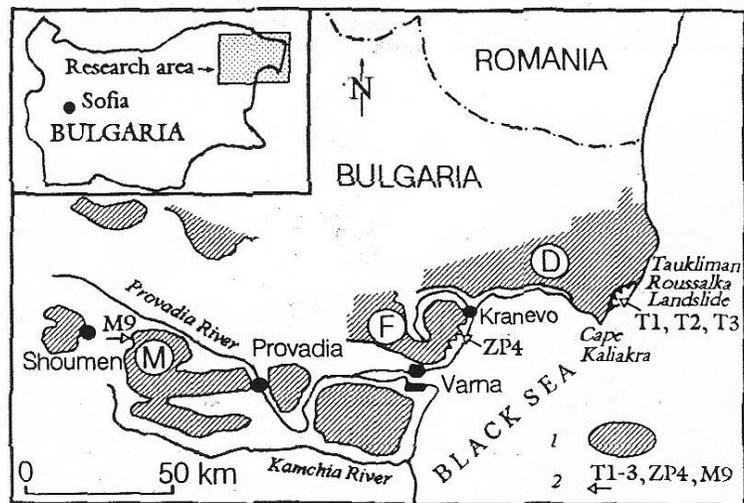
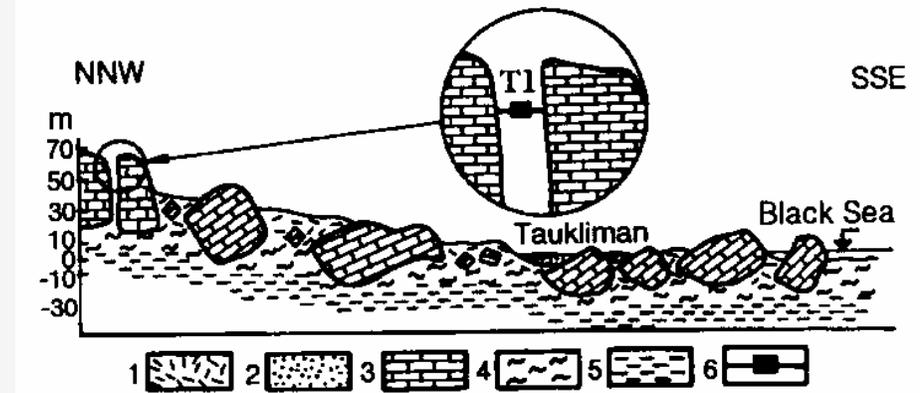
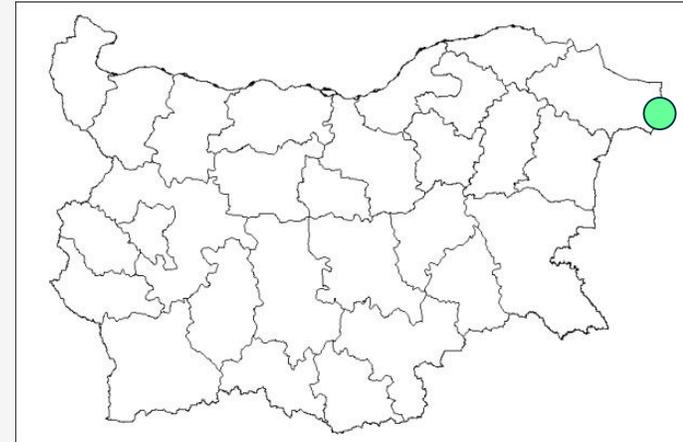


Fig. 1. Situation of the research area
1 - Plateaux in North-eastern Bulgaria: D - Dobroudja,
F - Frangya, M - Madara; 2 - Monitoring site No.

Три плата, разположени в Североизточна България – Добруджанско, Франгенско и Мадарско, чиито периферни зони са засегнати от разрушителни склонови процеси, бяха включени в мониторинговите проучвания. Създадени са три мониторингови пункта в обширното свлачище от тип странично разпространение, наречено Тауклиман (Русалка), и още един в свлачището над морския курорт Златни пясъци близо до Варна. По-късно, през 1990 и 1993 г., на скалния откос на Мадарското плато са инсталирани три измервателни уреда. Морфологията на тези плата е предопределена от характерните им геоложки особености, които могат да бъдат изведени от двуслойния модел (Каменов и Илиев, 1963). Горните им части са изградени от твърди, крехки скали, обикновено варовици или пясъчници. Под тях се намира седиментен комплекс, изграден от пластични мергели и/или глини. Деформациите в пластичния слой под тежестта на скалния комплекс предизвикват разцепване в крайните зони на платата и отделяне на скални блокове (стъпала, ламели).

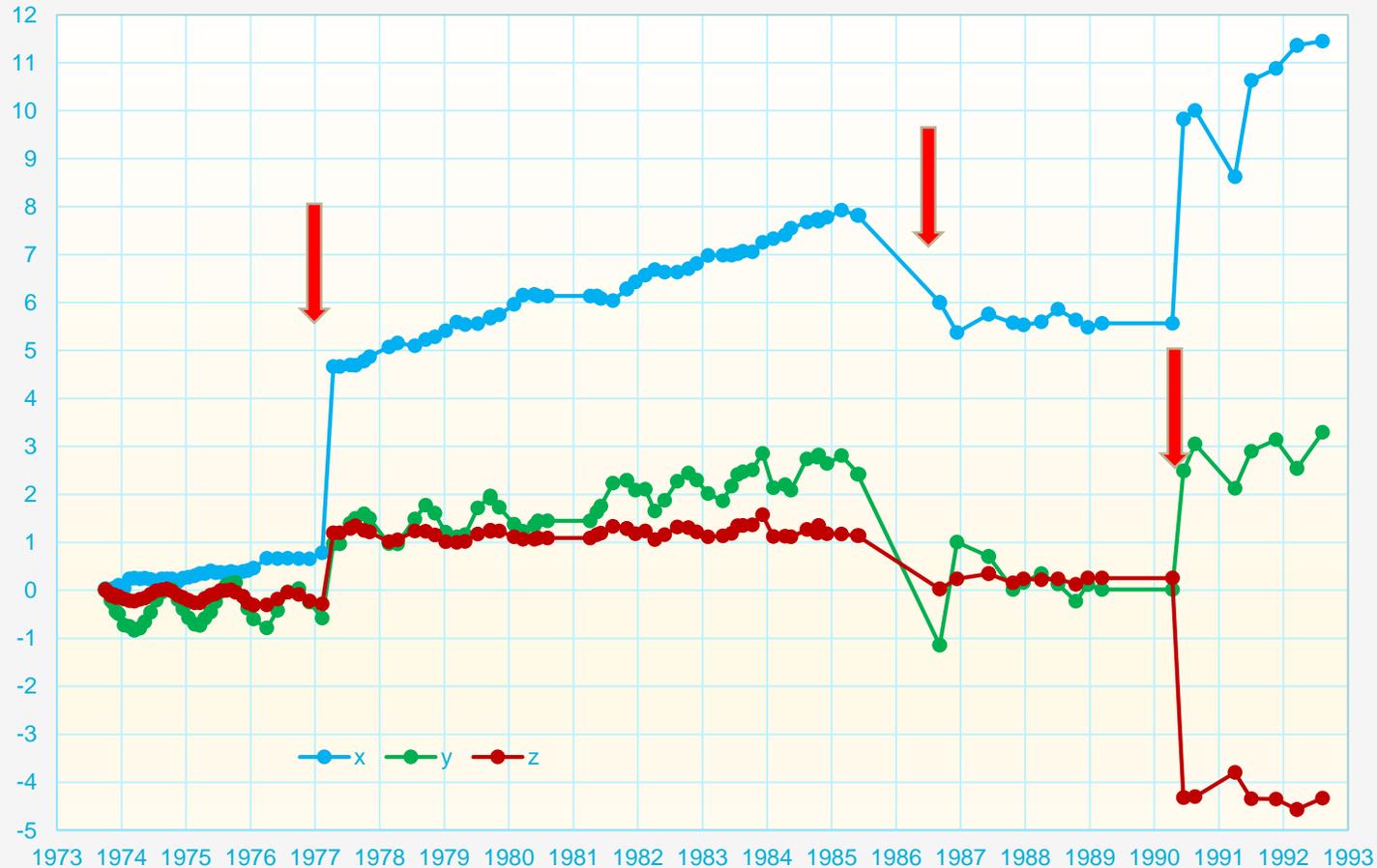
Свлачище Тауклиман (Русалка) – първи наблюдения с екстензометър ТМ-71



Свлачището Тауклиман и напречно сечение (по Добрев, Аврамова-Тачева, 1997): 1 – смесени материали, 2 – пясъци, 3 – варовици, 4 – пластични глини, 5 – ненарушени глини, 5 – мониторингова точка с 3D екстензометър

T-1 (Тауклиманско свлачище)

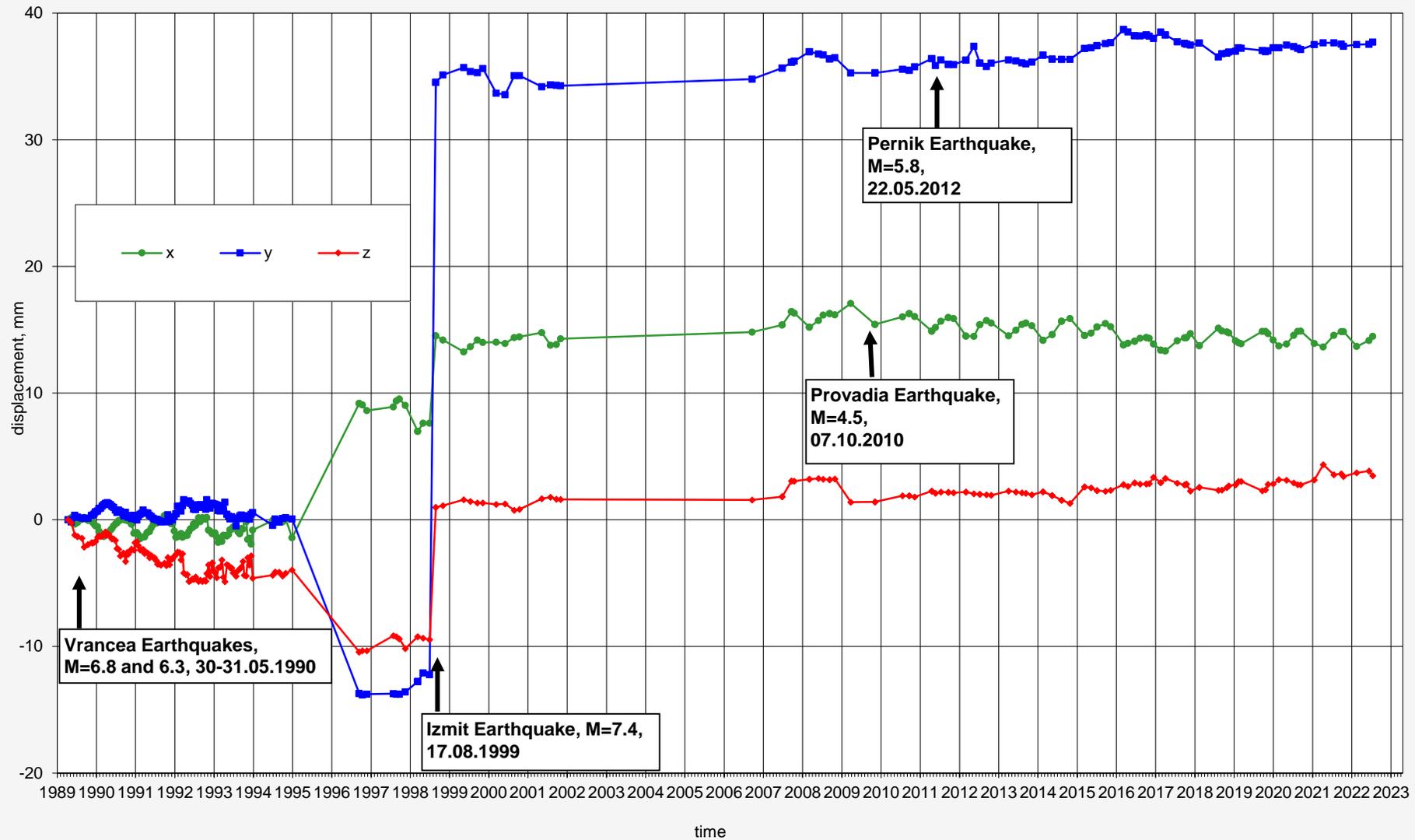
Taukliman 1



Косеизмични премествания от силни земетресения във Вранча, Румъния:

- 04.03.1977, M7,4
- 30.08.1986, M7
- 30-31.05.1990, M6.7 и 6.1

M-9 (Мадарско плато)



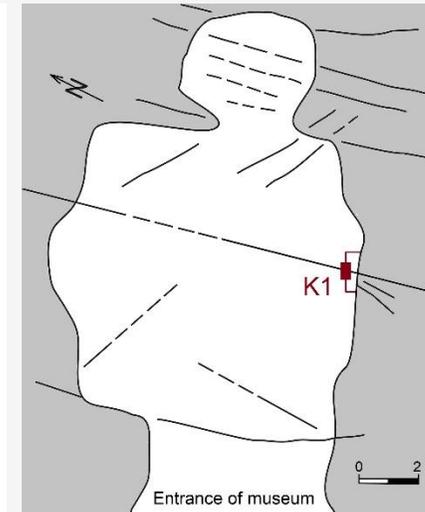
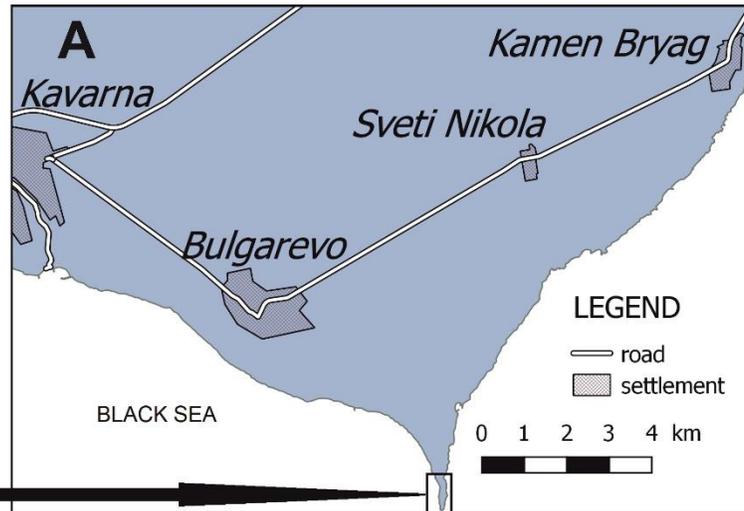
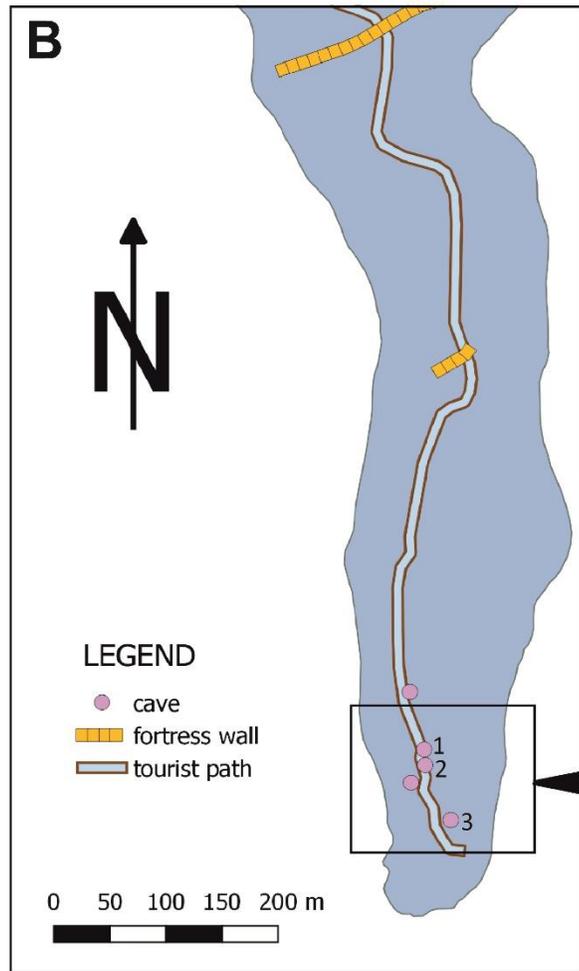
Нови мониторингови точки в СИ България



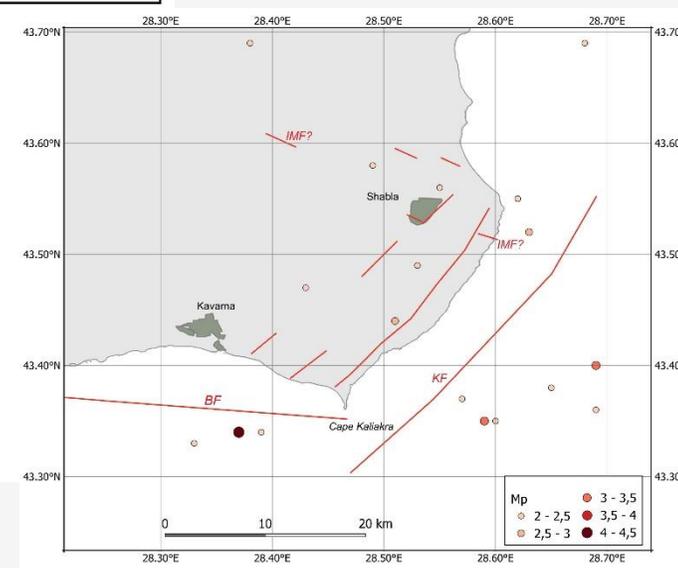
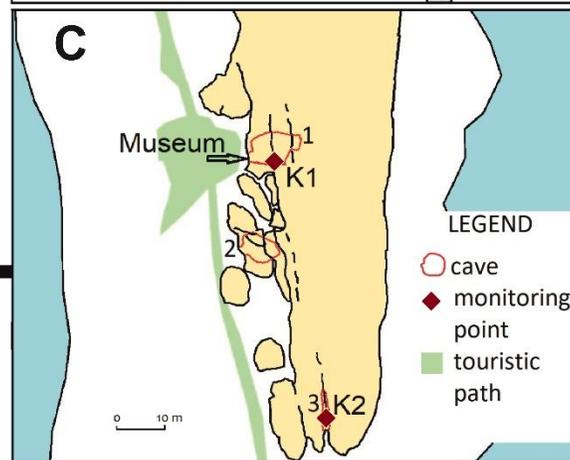
Вляво – мониторингова точка Y5 (Яйлата), горе – B3 (Болата), вдясно – K1 (Калиакра)



Мониторингова мрежа при н. Калиакра



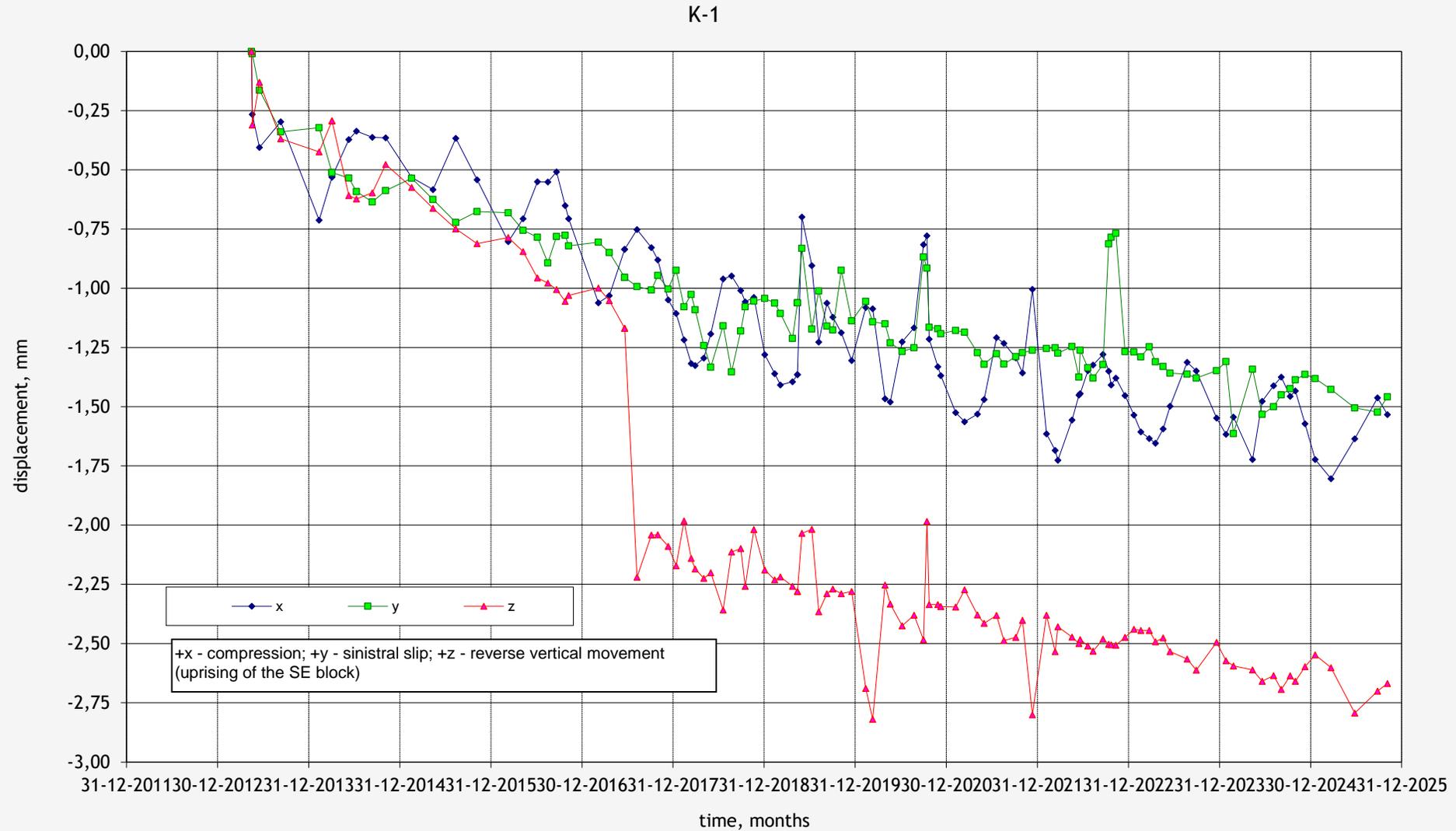
Разположение на мониторингова точка К-1



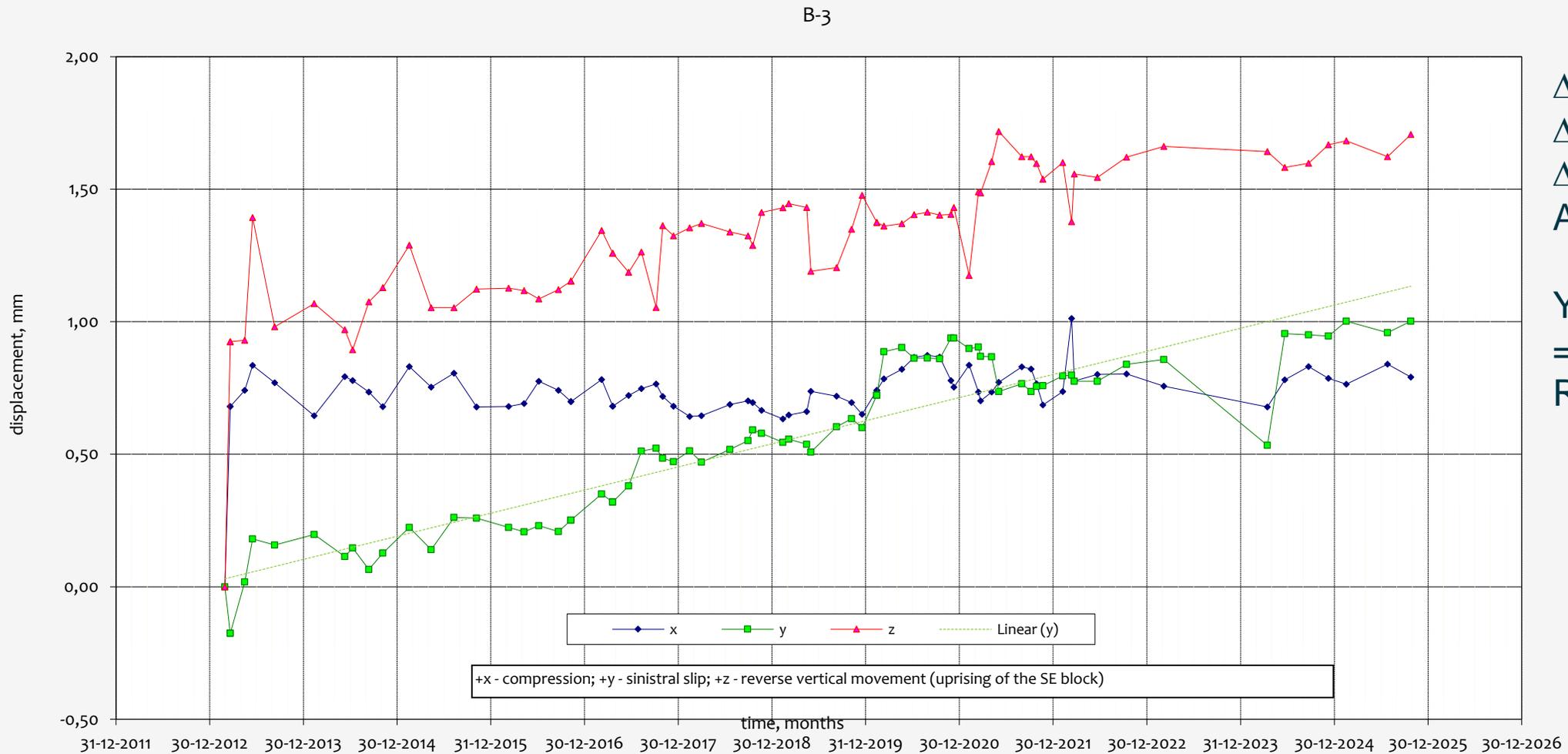
Сеизмичност в района на Калиакра

Разположение на мониторинговите точки при н. Калиакра

K-1 (нос Калиакра)



B-3 (Болата)

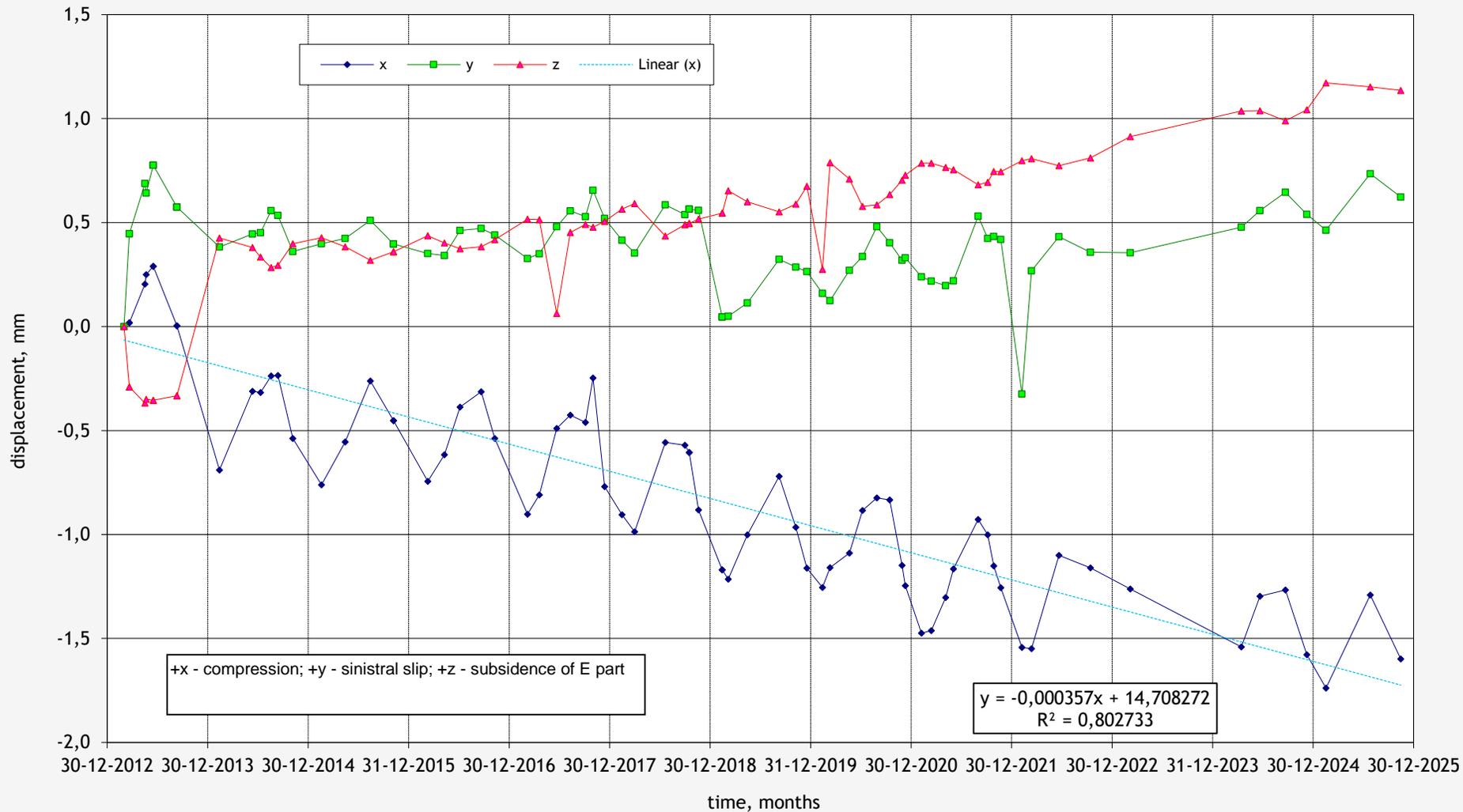


$\Delta X=0,8$ mm
 $\Delta Y=1,0$ mm
 $\Delta Z=1,7$ mm
 $A=2,1$ mm

$Y=0,00024$ mm/d
 $=0,09$ mm/a
 $R^2=0,86$

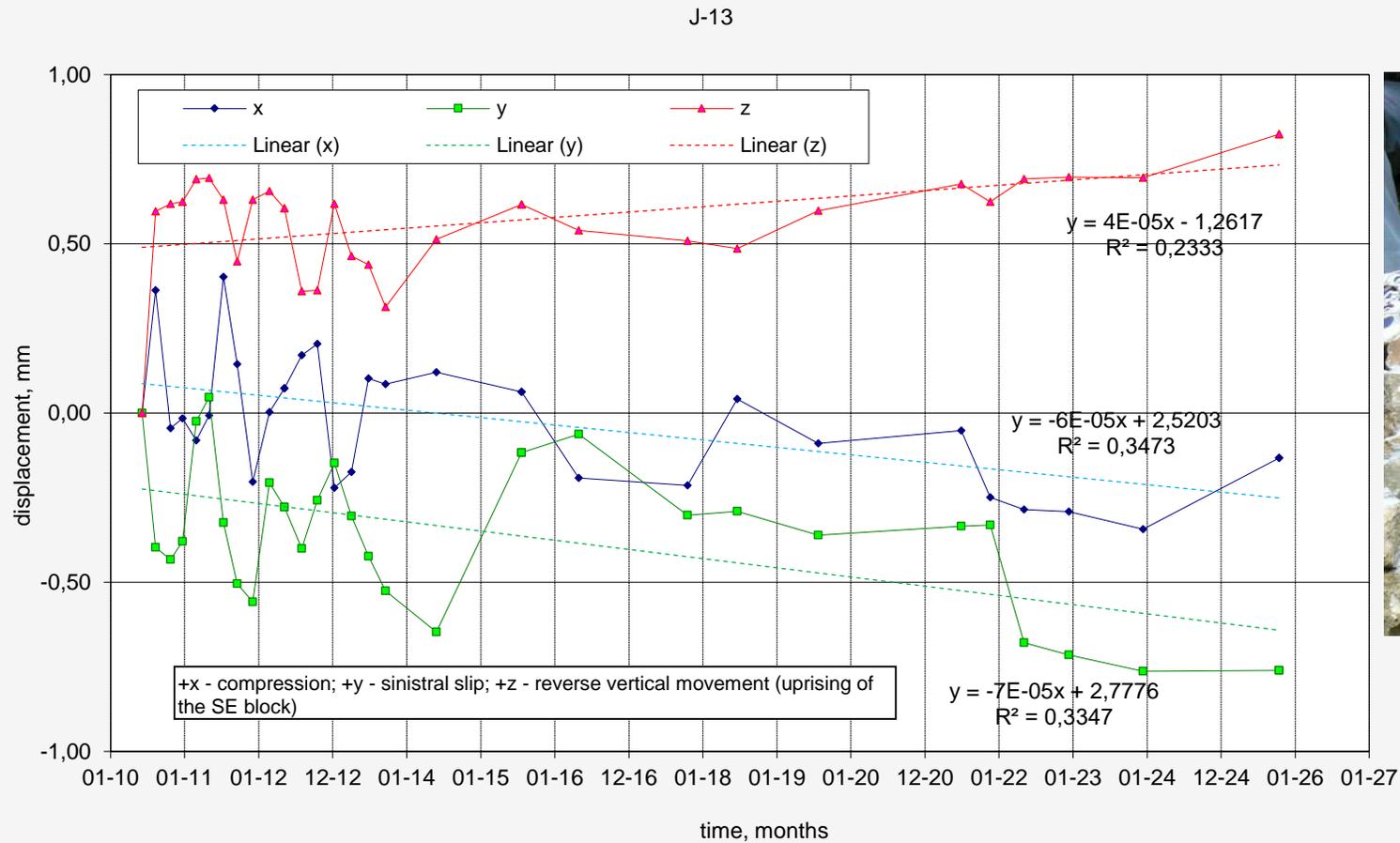
У-5 (Яйлата)

У-5



Установени
тенденции:
X – 0,13 mm/a
разширение ($r^2=0,8$)
Z – 0,1 mm/a
потъване на долния
блок ($r^2=0,69$)

J-13 (Жълъдово, Източни Родопи)



Мониторингова точка J-13 (Жълъдово)

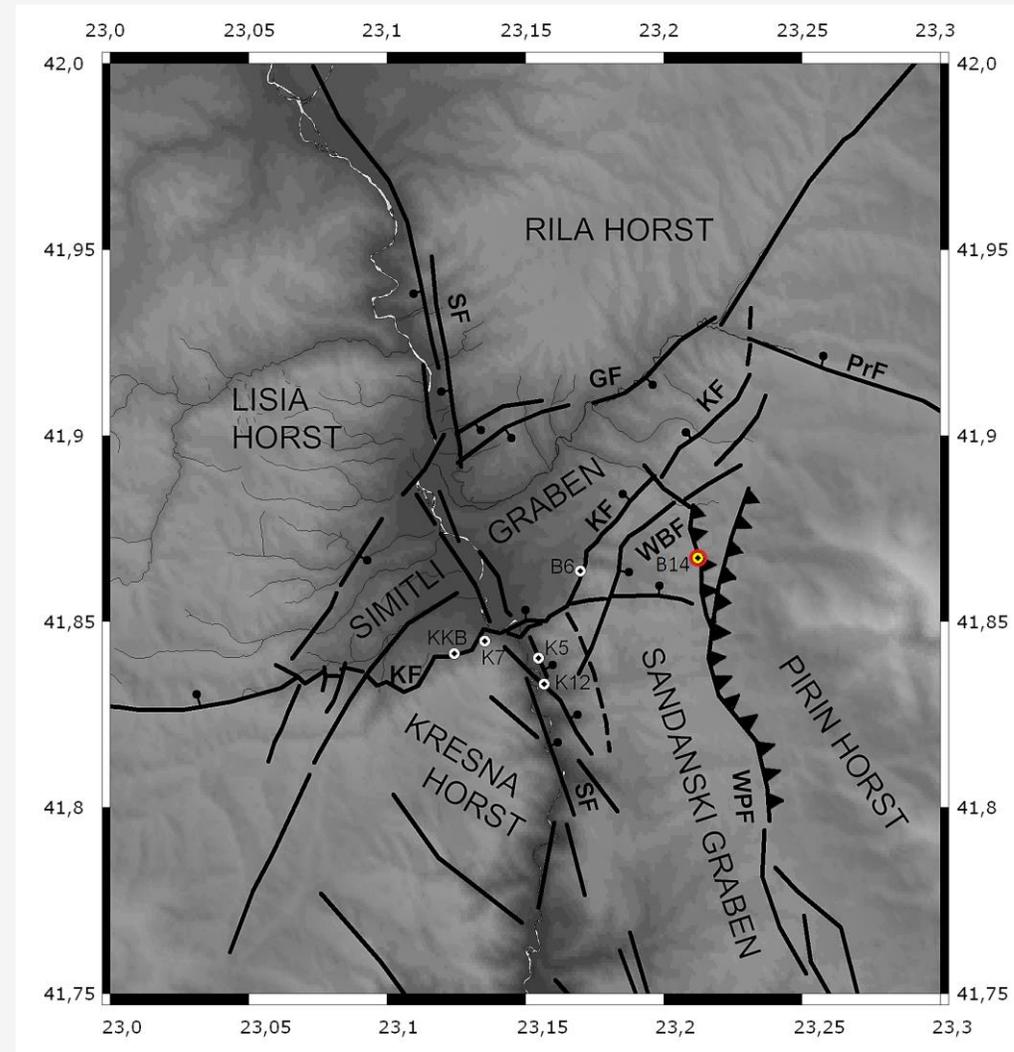
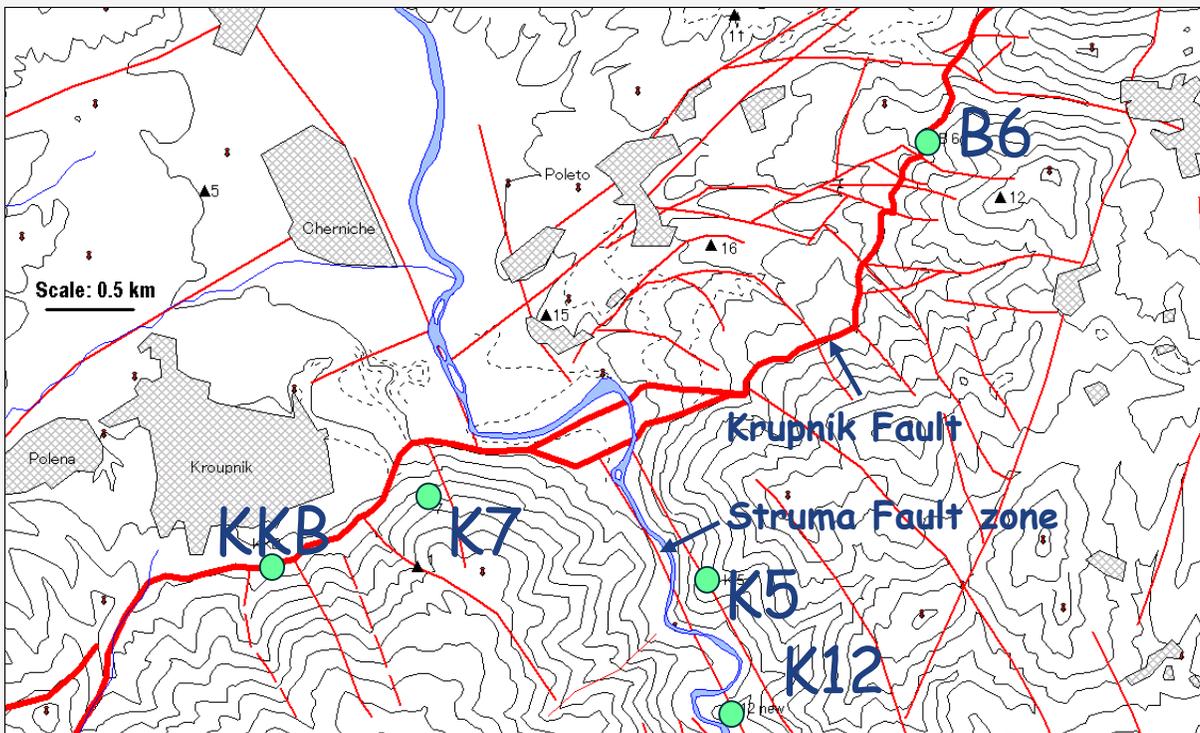
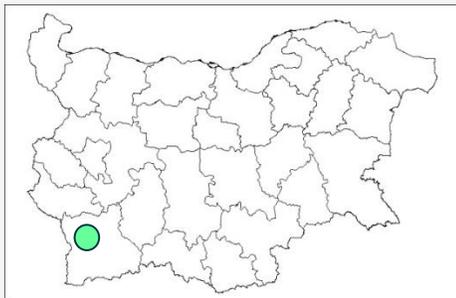
Установени тенденции:

X – 0,027 mm/a разширение

Y – 0,016 mm/a дясно движение

Z – 0,022 mm/a издигане на долния блок

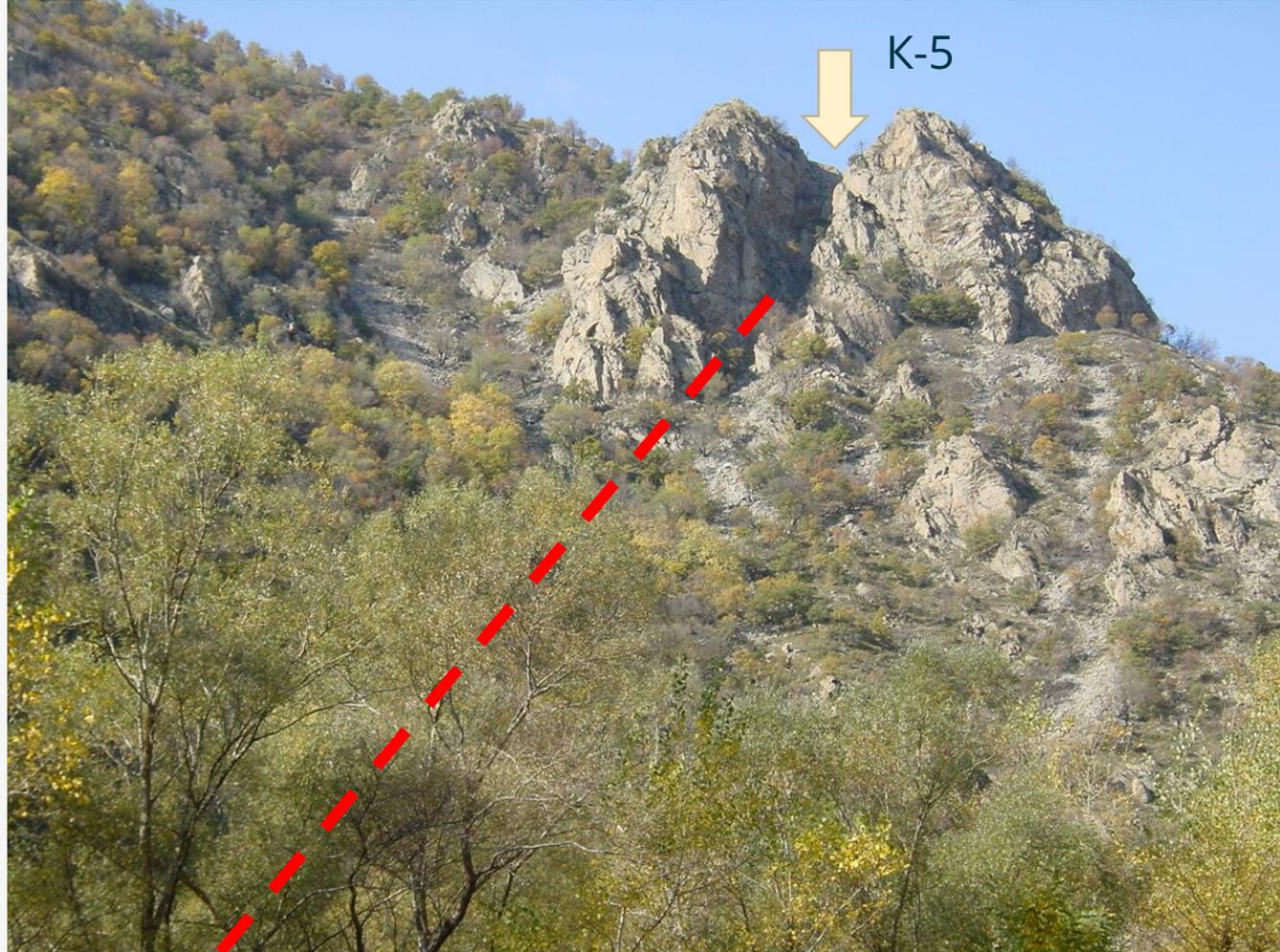
Мониторингова система в ЮЗ България



Мониторингова система в ЮЗ България



Мониторингова точка В-6: ляво движение



Общ вид на мониторингова точка К-5

Мониторингова точка В-14, Брежани

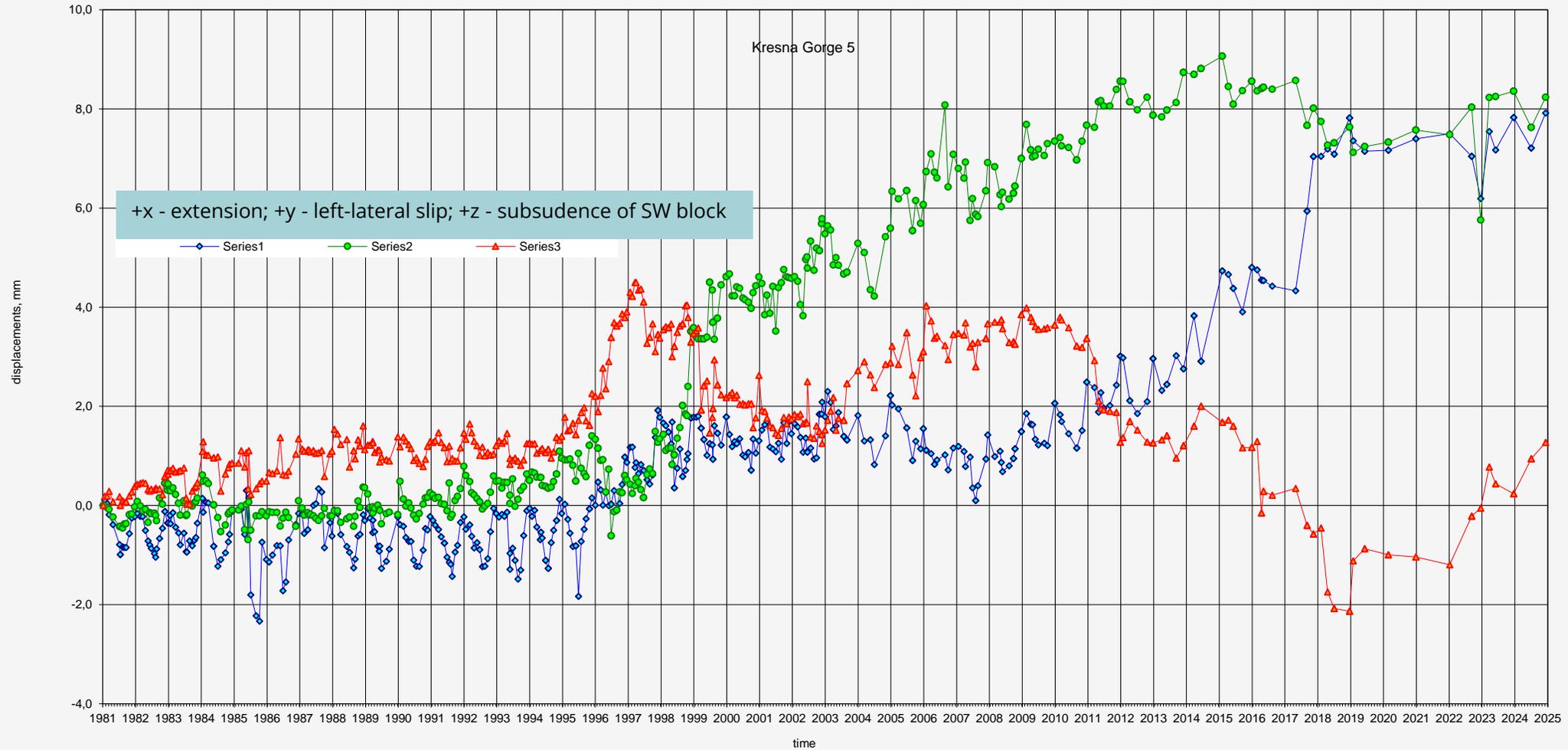


Разкритие на Западнопиринския разлом



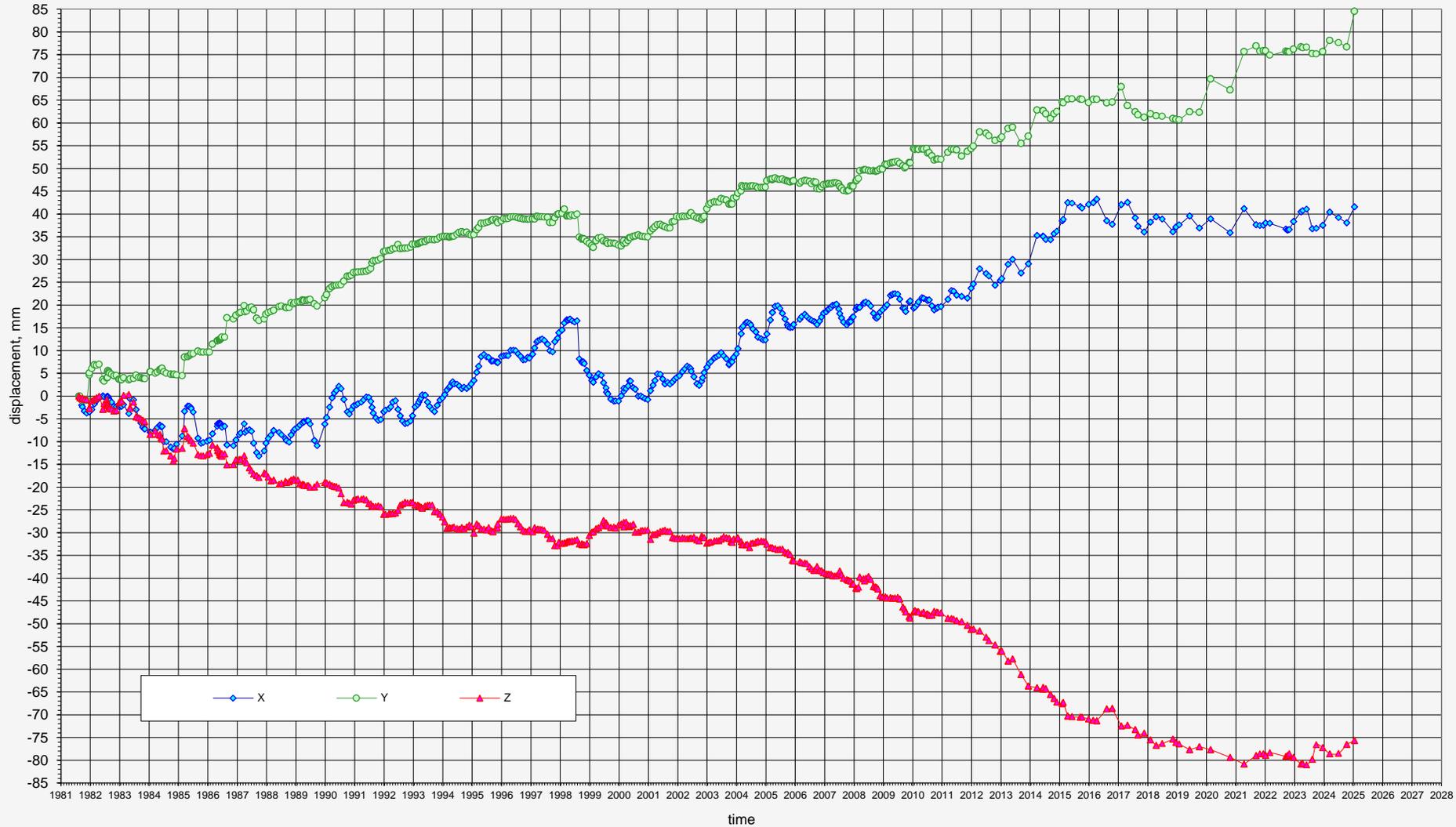
Общ вид на мониторингова точка В-14

К-5 (Кресненско дефиле)



B-6 (Брежани)

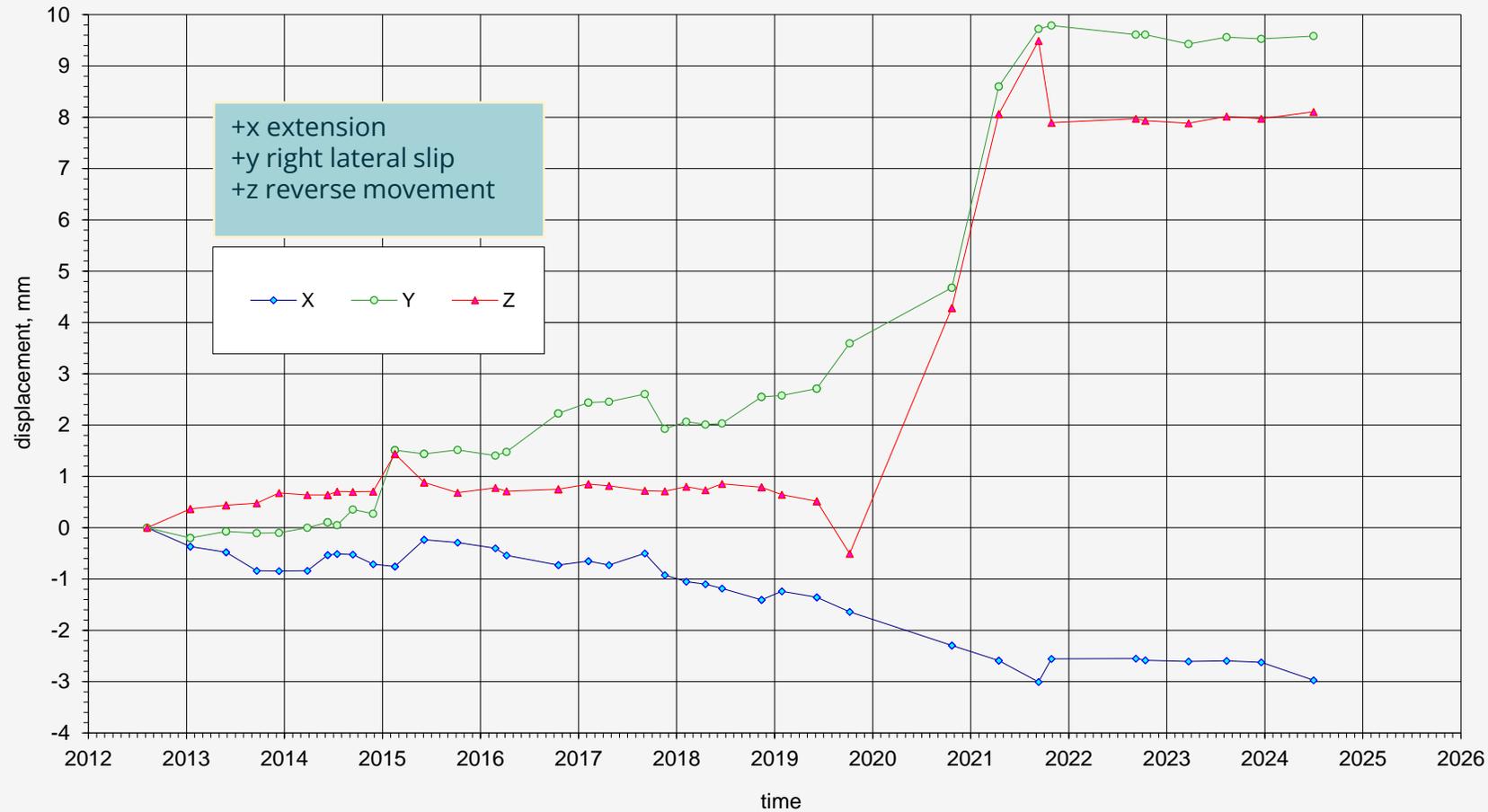
B6 - Brezhani



$\Delta X=41,6$ mm
 $\Delta Y=84,5$ mm
 $\Delta Z=-75,7$ mm
 $A=120,8$ mm

B-14 (Брежани)

B14 - Brezhani



$\Delta X = -3,0$ mm
 $\Delta Y = 9,6$ mm
 $\Delta Z = 8,1$ mm
 $A = 12,9$ mm

creep:
 $\Delta Y = 7$ mm
 $\Delta Z = 10$ mm

$Y = 0,95$ mm/a
 $R^2 = 0,86$
 $Z = 0,77$ mm/a
 $R^2 = 0,66$

Добрев Н, Иванов П, Кръстанов М, Францова А. 2021. Първоначални данни от мониторинг на свлачищен процес, засягащ нос Емине, България. *Сп. БГД*, 82, 3. ISSN:0007-3938, DOI: <https://doi.org/10.52215/rev.bgs.2021.82.3.216>, 216-218. **JCR-IF (Web of Science): 0.21**

Dobrev N, Ivanov P, Kostov K, Oynakov E, Nikolova N, Berov B, Dimitrov O, Koleva-Rekalova E, Krastanov M, Nankin R. 2025. A long-term monitoring of micro-tectonic movements in caves at Cape Kaliakra, Northeast Bulgaria: Correlation with seismic events and precipitation. *Journal of the Bulgarian Geographical Society*, 52, 2025, DOI: [10.3897/jbgs.e149029](https://doi.org/10.3897/jbgs.e149029), 137-156. **SJR (Scopus): 0.515 Q2 (Scopus)**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- ✓ Използването на 3D in-situ мониторинг с екстензометър ТМ-71 е успешен подход за идентифициране на динамиката на геоложките опасности. Другите методи за мониторинг установяват скорости на тектонични и свлачищни движения, които често са спорни поради точността на измерванията. Предимството на тази техника е, че е чисто механична, по-малко повлияна от атмосферното въздействие и поддръжката ѝ е по-лесна. Интересни резултати са получени от директни измервания с този уред в България. Установени са различни периоди на движения, пълзене и резки скокове от косеизмичен характер.
- ✓ Най-представителни са резултатите от мониторинга на активни разломи в Югозападна България. Нов статистически подход открива аномалии в движенията 2-3 месеца преди земетресения в Северна и Централна Гърция (Шанов, 1993; Шанов и Добрев, 1997). Този метод би могъл да се приложи и към други точки за мониторинг в България, като например Северното Черноморие или Мадарското плато. За да се получат по-представителни резултати, е желателно да се разшири и поддържа стабилна и редовно функционираща мрежа за мониторинг в България.