



ИНСТИТУТ ЗА
ГЕОПРОСТРАНСТВЕНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ
И ТЕХНОЛОГИИ

СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ
„СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“

Внезапното наводнение във водосбора на р. Шашка

От анализ на събитието към система за превенция

Геопространствен анализ, теренни изследвания
и хидродинамично моделиране



РЕЛЕФ



РАСТИТЕЛНОСТ
И ПОЖАРИ



ХИДРОЛОГИЯ
И ХИДРОДИНАМИКА



РИСК ЗА
НАСЕЛЕНИ МЕСТА

Авторски колектив:

проф. д-р Стелян Димитров, гл. ас. д-р инж. Стефан Петров, гл.ас. д-р Мирослав Иванов,
докт. Кристиан Георгиев, Владислав Тренкин

2026 г.



Цел на доклада

От описание на събитието към разбиране на механизма



Основна цел

Да се изясни как пространствената организация на водосбора на р. Шашка е повлияла върху **формирането, концентрацията, трансфера и разпространението** на внезапното наводнение.

1



Да се установят основните природни предпоставки

Релеф • наклони • хидрографска мрежа • руслова и долинна геометрия

2



Да се оцени ролята на следпожарните промени

Растителна покривка • инфилтрация • повърхностен отток • хидроложка свързаност

3



Да се проследи пространствената логика на процеса

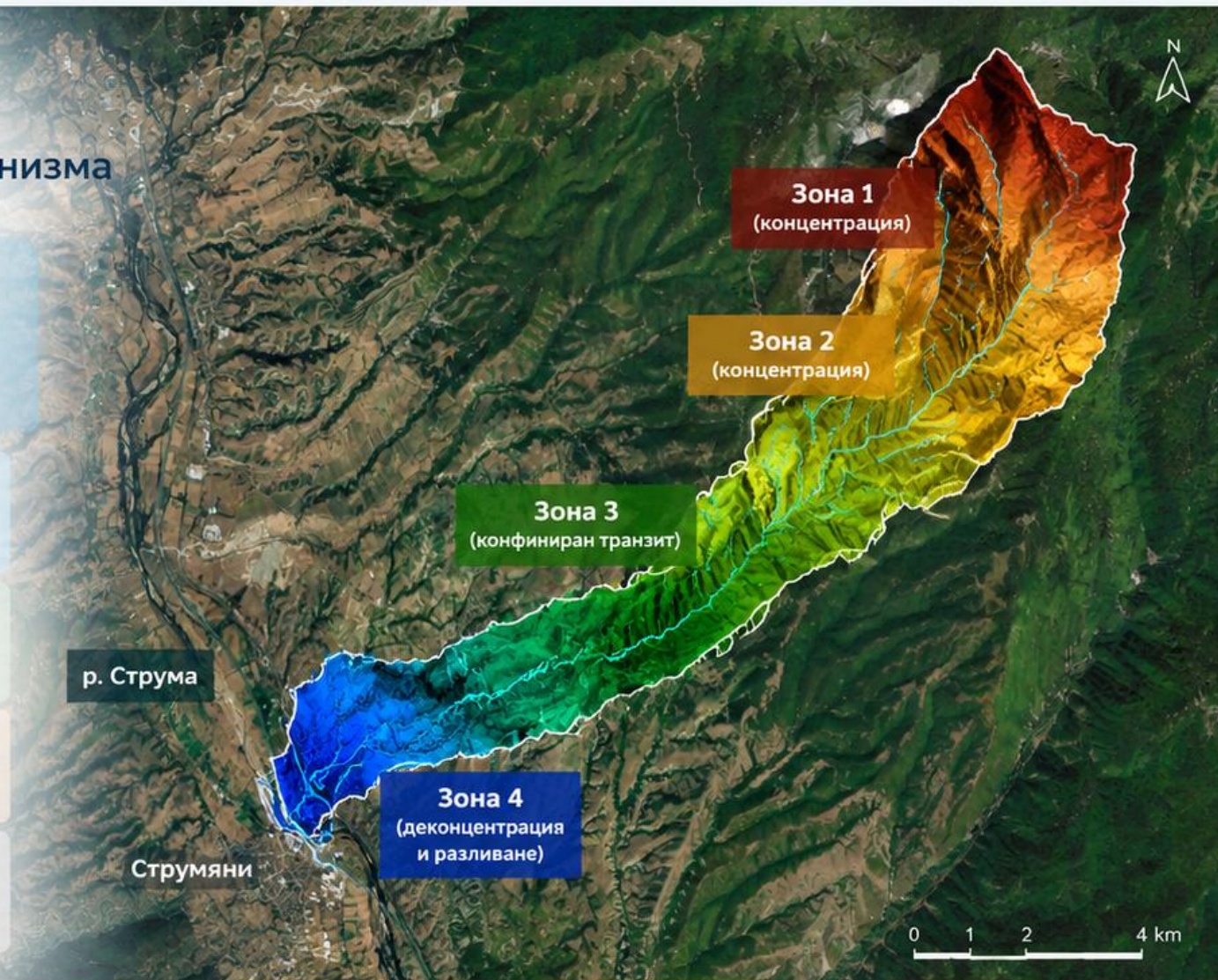
Генериране → концентрация → трансфер → разливане

4



Да се идентифицират критичните участъци

Местата, в които природният процес взаимодейства с инфраструктурата и урбанизираната територия.



Не търсим една причина.

Търсим пространствената последователност от фактори, която превръща екстремния валеж в опасен наводнителен процес.

ПОДХОД И МЕТОДОЛОГИЯ



- Механизмът на формиране и проявление на внезапните наводнения има ключово значение за научното разбиране на функционирането на водосборите като географски обособени системи (геосистеми)



- Полезно е и за разработването на адекватни мерки за ограничаване на негативните последици и разрушителния потенциал на тези явления.



- Именно екстремните събития разкриват в най-голяма степен механизмите на трансформация на валежа в отток и ролята на основните контролиращи фактори, сред които релефът и неговите геометрични и морфометрични характеристики, почвените условия, геоложката основа и предходящото състояние на повърхността по отношение на овлажняването.



ПОДХОД И МЕТОДОЛОГИЯ

1



Същевременно именно **малките водосбори** представляват сериозно предизвикателство не само за адекватен количествен и пространствен анализ, но и за предприемане на превантивни инженерни действия по ограничаване на заплахата и риска от внезапни наводнения.

2



В повечето случаи те са водосбори **без инструментален мониторинг на оттока** (т.е. ungauged), което означава, че **липсват систематични измервания на валежите и оттока**, което е съществен ограничител на тяхното моделиране и оценка.

3



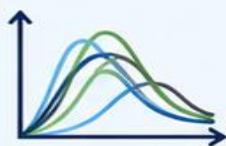
Това ограничава приложимостта на класическите хидроложки и хидродинамични модели, чиято надеждност е силно зависима от качеството на входните данни.

4



При такива условия моделите са податливи на **неопределеност** и **еквифиналност**, при която различни комбинации от параметри могат да доведат до сходни резултати, без гаранция за реалистично представяне на процесите.

5



Еквифиналността представлява свойство на моделите, при което множество различни комбинации от входни параметри и процесни описания могат да доведат до сходни или практически неразличими резултати.



Какъв е инструментариумът на изследването?

Интегрирани геопространствени технологии за високоточни данни и пространствен анализ



Въздушно-лазерно сканиране (ALS / LiDAR)

- Високоточен цифров модел на терена
- Детайлна 3D геометрия на релефа и растителността
- Голям обхват и труднодостъпни терени



Цифрова фотограмметрия

- Високорезолуционни ортофото и 3D модели
- Детайлно картографиране на терена, русловата мрежа и инфраструктурата
- Проследяване на промени във времето



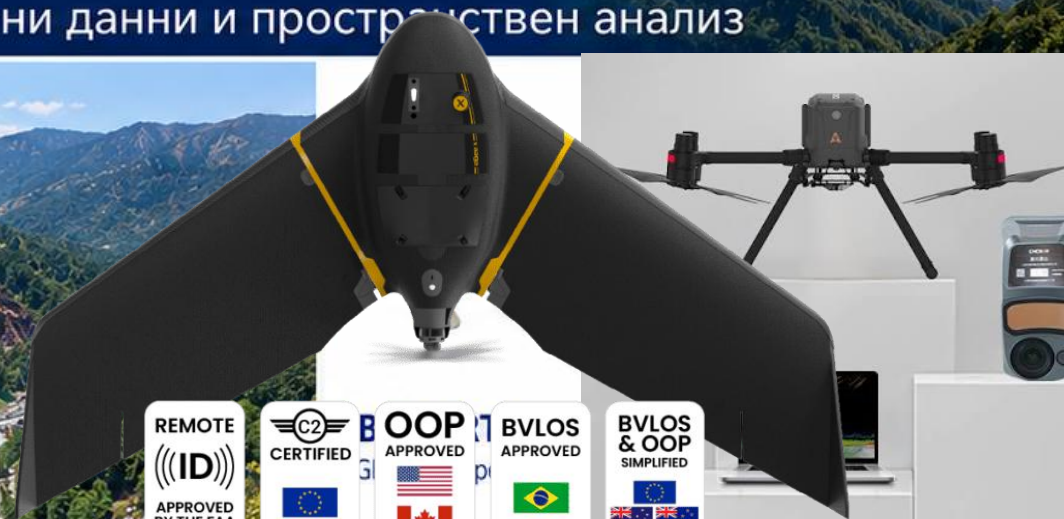
ГИС базирано пространствено моделиране

- Анализ на релеф, отток, хидрографска мрежа, наносен транспорт и заливни зони
- Сценарно 2D хидродинамично моделиране
- Интеграция на всички данни в геоинформационна среда

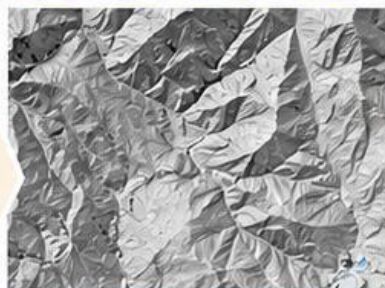


Теренни обследвания и верификации (In-situ)

- Проверка и допълване на данните
- Описание на руслови участъци, наносни отложения и дървесна биомаса
- Геодезически измервания и GNSS контрол



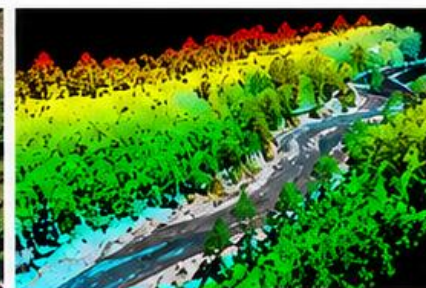
CHCNAV X500 + AlfaAir 10
Въздушно лазерно сканиране (ALS / LiDAR)



Цифров модел на терена (DTM)



Ортофото (1 см резолюция)



Облак от точки (LiDAR)



2D хидродинамично моделиране

Основен софтуерен инструментариум



Pix4Dmapper



ArcGIS Pro



Характеристика на водосбора на р. Шашка

Морфометрични параметри и функционална структура



Площ на водосбора

50,645 km²



Периметър

54,800 km



Максимална височина

около **2 240 m н.в.**



Изход към р. Струма

около **124 m н.в.**



Дължина на основния

надлъжен профил

18,57 km



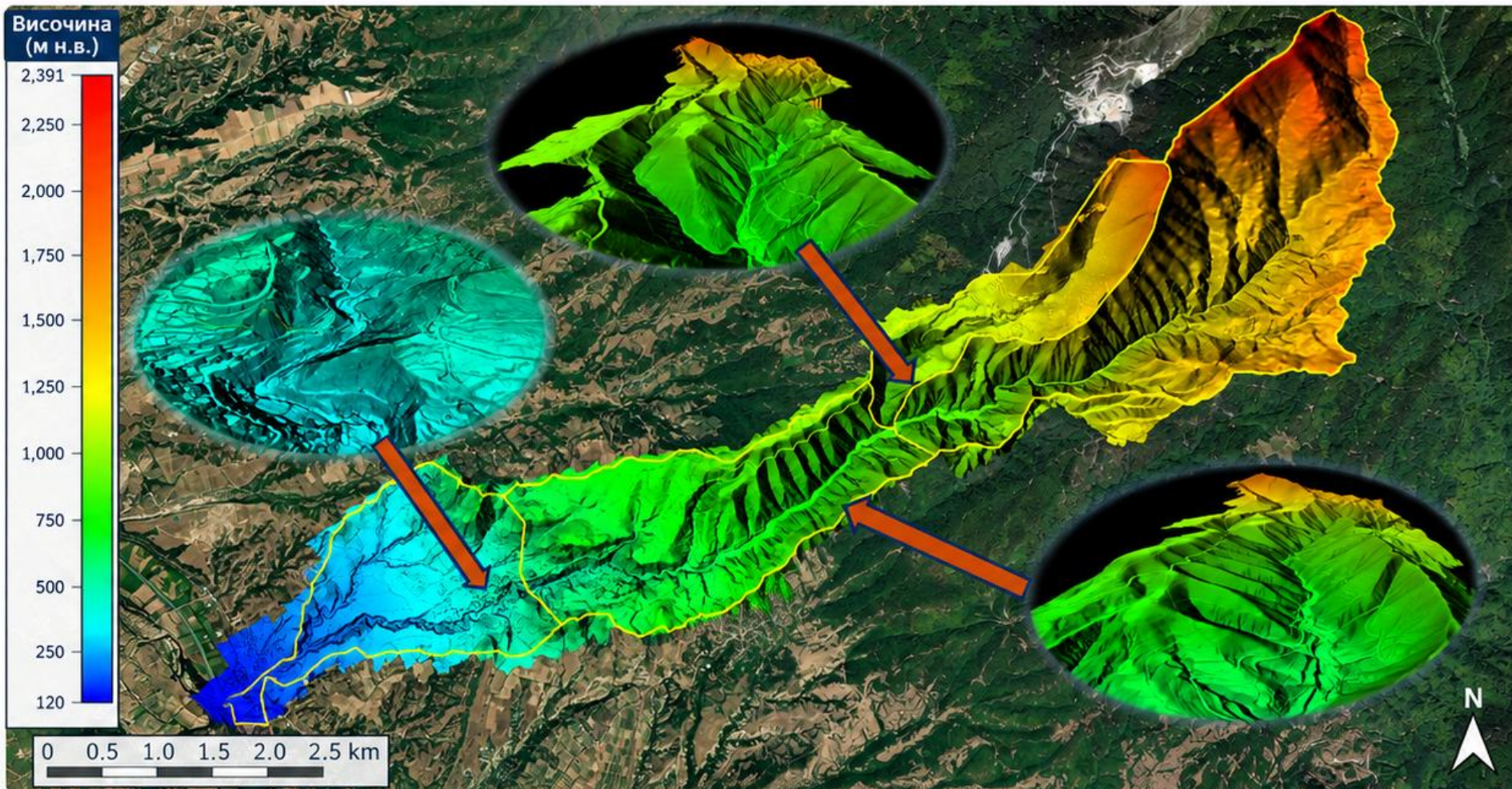
Общ височинен диапазон

~2 116 m

Височина
(м н.в.)



0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 km



1+2

Зони 1 + 2

29,116 km² / 57,49%

основна област на концентрация

3

Зона 3

12,447 km² / 24,58%

конфиниран транзитен сектор

4

Зона 4

9,082 km² / 17,93%

долен сектор на деконцентрация и разливане

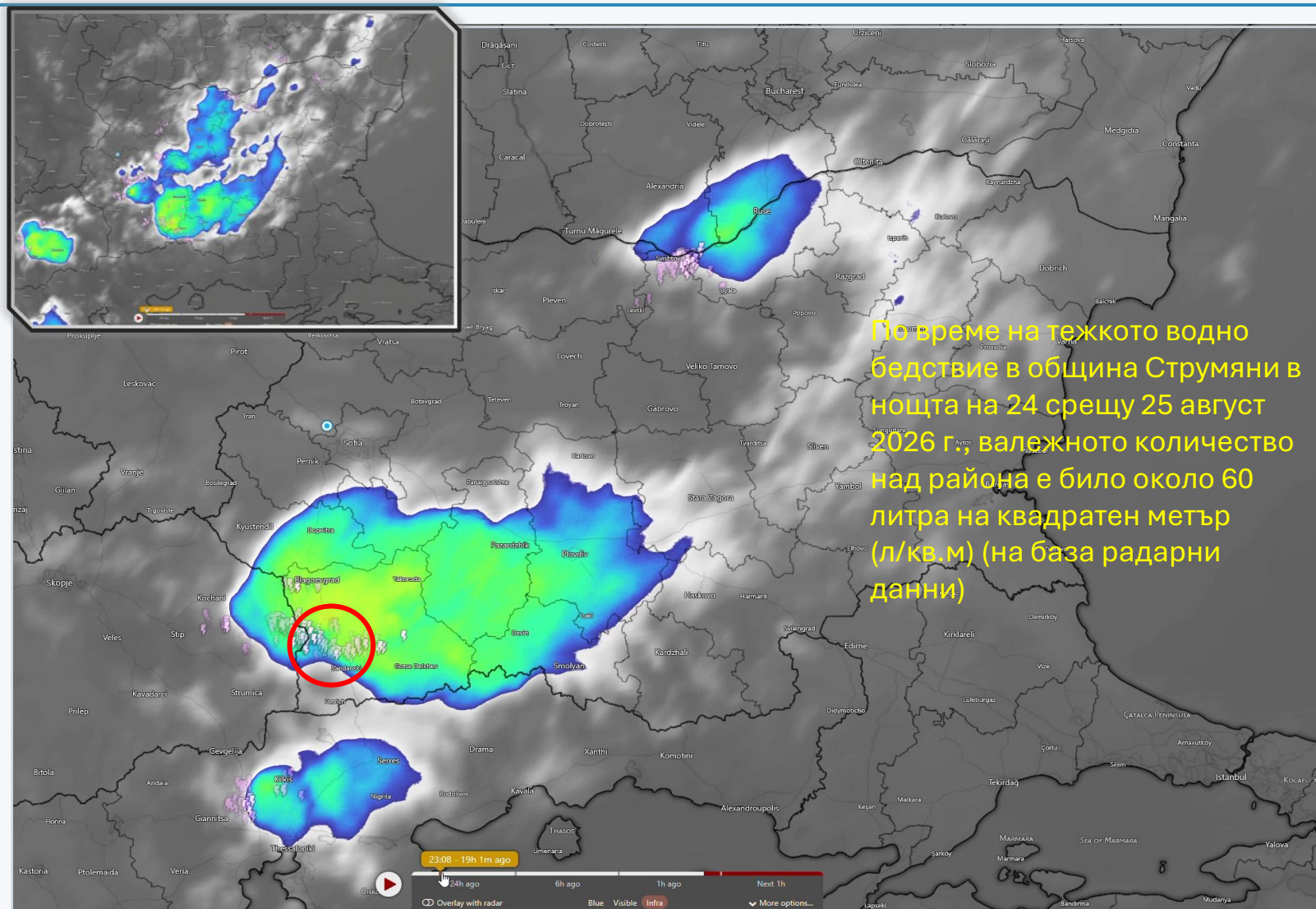


Малък, стръмен и силно разчленен планински водосбор с много бърза хидроложка реакция.

Метеорологичен контекст на събитието



ИНСТИТУТ ЗА
ГЕОПРОСТРАНСТВЕНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ
И ТЕХНОЛОГИИ
СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ
„СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“



Какво показва кадърът

- **Интензивна конвективна активност**

над Югозападна България

- **Пространствено концентрирани валежни клетки** в района на Пирин и долината на Струма

- **Предпоставка за бърза хидроложка реакция**

на малките и стръмни планински водосбори

Важно

Радарната картина не замества липсващите директни валежмерни измервания в самия водосбор.

Морфометрична структура на водосбора

Функционално зонироване и градиент на релефната енергия



ИНСТИТУТ ЗА
ГЕОПРОСТРАНСТВЕНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ
И ТЕХНОЛОГИИ
СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ
„СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“



25,86° → 10,38°

последователно намаляване
на средния наклон



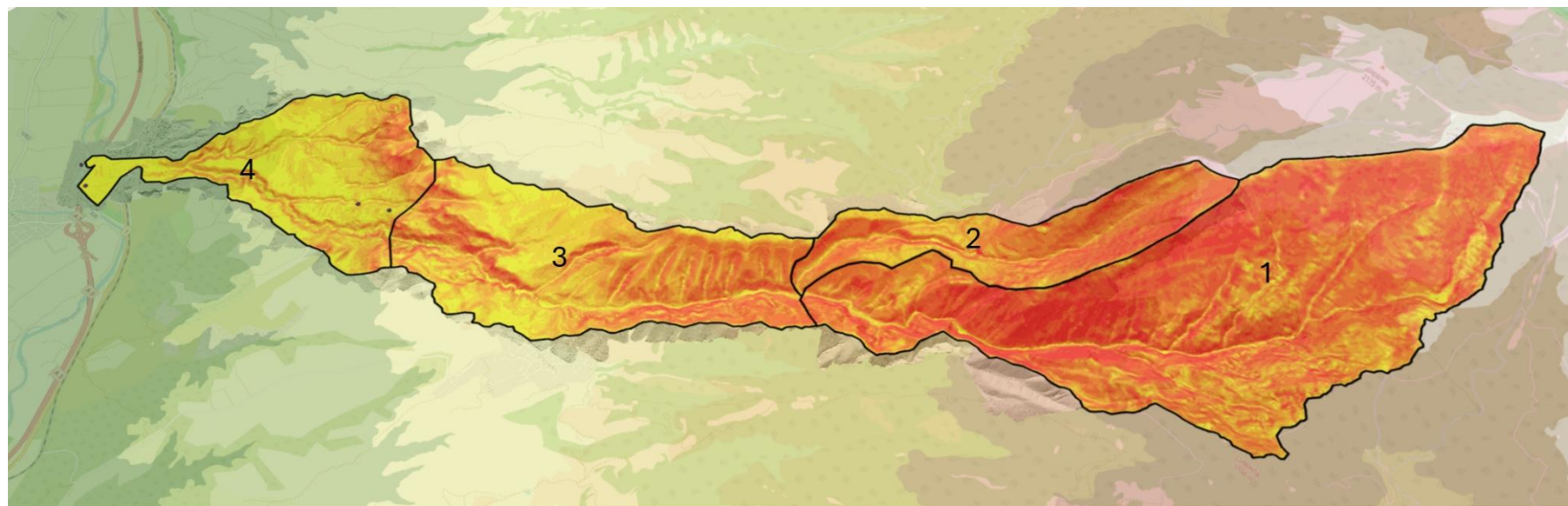
57,49%

от площта е в зони 1 + 2



24,58%

Зона 3 – конфиниран
транзитен сектор



Основни изводи

Зонирането показва ясно изразен градиент на релефната енергия. Средният наклон намалява последователно от **25,86°** в зона 1 до **10,38°** в зона 4. Зони 1 и 2 обхващат **57,49%** от водосборната площ, което показва, че повече от половината басейн участва в горната система на концентриране на оттока преди навлизането му в средния тесен коридор.

Зона	Площ, km ²	Дял, %	Среден наклон, °	Функционална роля
1	23,129	45,67	25,86	концентрация на оттока
2	5,987	11,82	22,26	концентрация и довеждане към възела
3	12,447	24,58	16,44	конфиниран транзит
4	9,082	17,93	10,38	деконцентрация, разливане и акумулация
1 + 2	29,116	57,49	—	обща зона на концентрация



По-важен от локалните максимуми е пространственият мащаб на площите, хидроложки свързани с основната руслова система.

Зони 1 и 2: формиране и концентрация на оттока

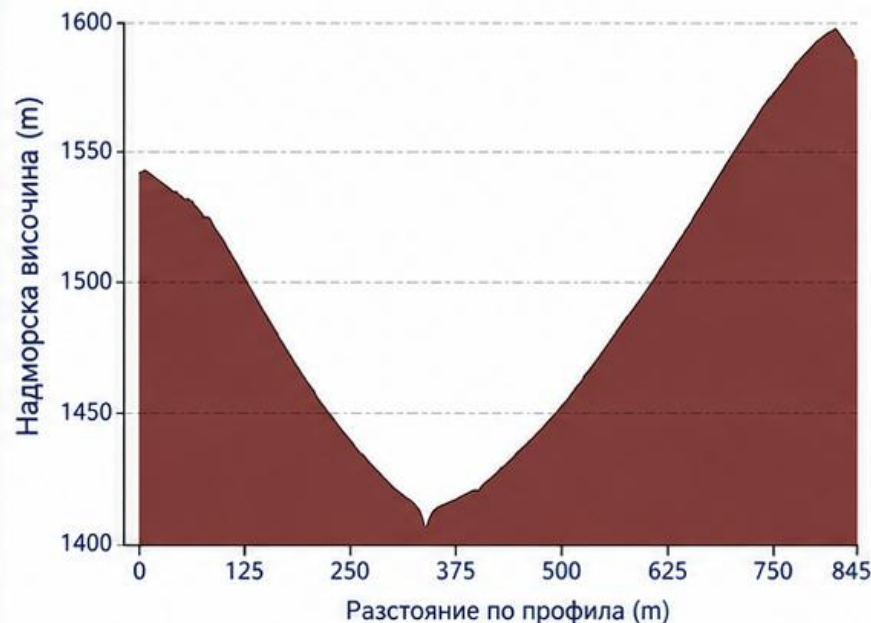
Най-стръмната и хидроложки най-активна част на водосбора



ИНСТИТУТ ЗА
ГЕОПРОСТРАНСТВЕНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ
И ТЕХНОЛОГИИ
СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ
„СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“



Напречен профил по линията на сечение



Профилът показва силно
врязана долинна форма и
изразен релефен контраст.

Ключови параметри

Зона 1 23,129 km² | среден наклон 25,86°

Зона 2 5,987 km² | среден наклон 22,26°

Морфометрични характеристики



дълбоко разчленен релеф



къси склонови пътища
към русловата мрежа



ограничени площи с нисък наклон

Хидроложка интерпретация



висока топографска свързаност



бързо насочване на оттока
към руслата



кратко време за реакция
при интензивен валеж



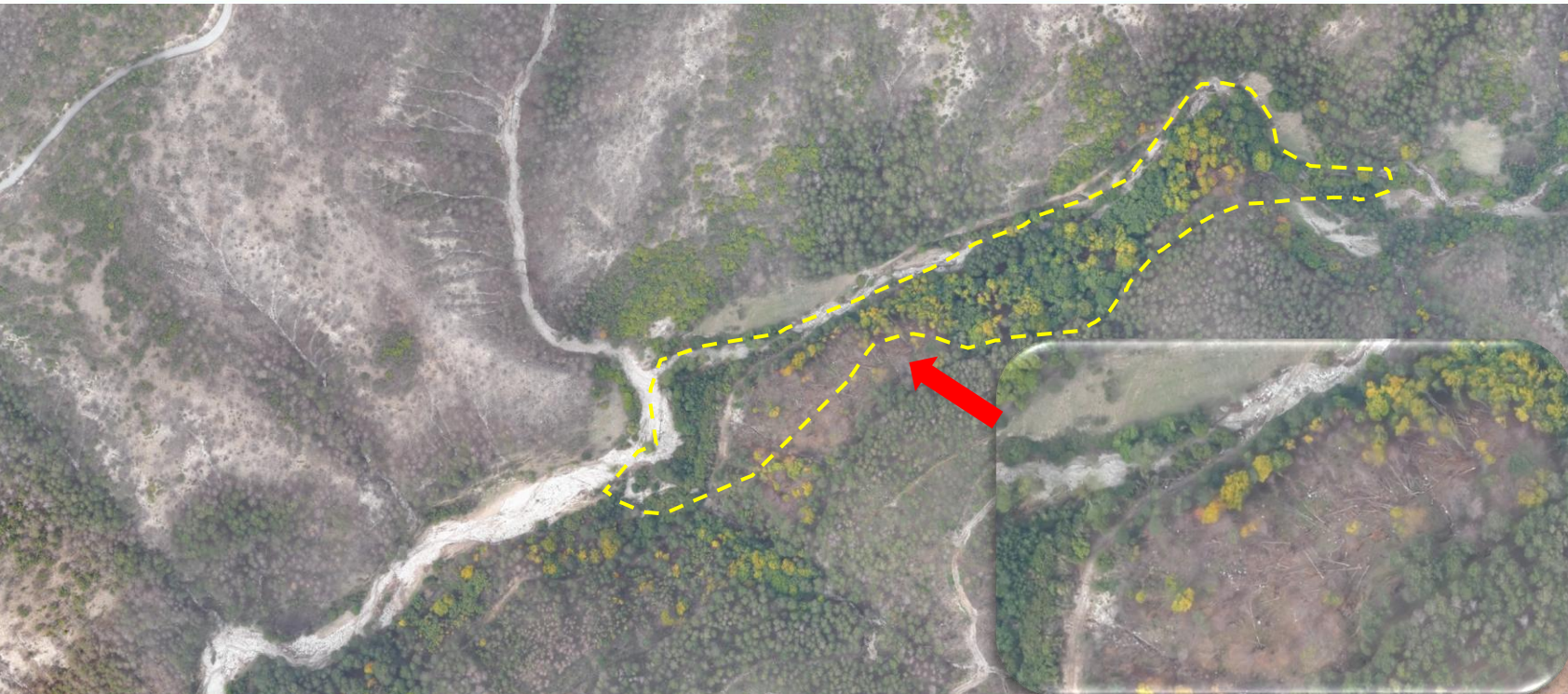
Зони 1 и 2: формират основната област на концентрация на оттока и осигуряват бързо прехвърляне на вода от склоновете към основната руслова система.

4.1. Следпожарна трансформация на горната част

Нарушена горска покривка и потенциално усилване на хидроложката свързаност



ИНСТИТУТ ЗА
ГЕОПРОСТРАНСТВЕНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ
И ТЕХНОЛОГИИ
СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ
„СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“



Основни наблюдения



Пожарът през 2025 г. е засегнал значителни горски площи именно в **зони 1 и 2**.



След пожара част от остатъчната растителност и дървесна маса **е била отстранена**.



Следпожарното нарушение съвпада пространствено с **основната област на концентрация на оттока**.



При водослива на **зони 1 и 2** съхранена ивица от дървесна растителност е спряла значителни количества дървесни отломки.

Потенциални хидроложки ефекти



намаляване на интерцепцията



промяна на почвената повърхност и постилката



по-ниска повърхностна грапавост



увеличение на хидроложката свързаност



по-лесно транспортиране на фини седименти

Научна уговорка



Пожарът се разглежда като **вероятен усилващ фактор**, а не като **доказана количествена причина** за конкретното наводнение.



Липсват: пространствени burn-severity анализ, калибрирана оценка на инфилтрационните промени и изчислена промяна на runoff coefficient преди и след пожара.



Следпожарно състояние – северен склон



Следпожарно състояние – южен склон



Следпожарно състояние – горна част



Следпожарната трансформация сама по себе си не обяснява събитието, но вероятно е повишила хидроложката свързаност и потенциала за пренос на дървесни отломки и седименти.

Сливането на зони 1 и 2: ключов възел на концентрация

Преход от система на формиране и концентрация към единен транзитен коридор



ИНСТИТУТ ЗА
ГЕОПРОСТРАНСТВЕНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ
И ТЕХНОЛОГИИ
СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ
„СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“



Ключови параметри



29,116 km² / 57,49%

обща площ на зони 1 + 2



**силно конфинирана
морфоложка среда**



Основни изводи



Двата потока се сливат по дълбоко
врязани долини.



Сливането се осъществява без
съществено морфоложко разтоварване.



Увеличаването на разхода не е
съпроводено от пропорционално
разширяване на долината.



Възелът маркира прехода към единен
транзитен коридор.



Допълнително наблюдение



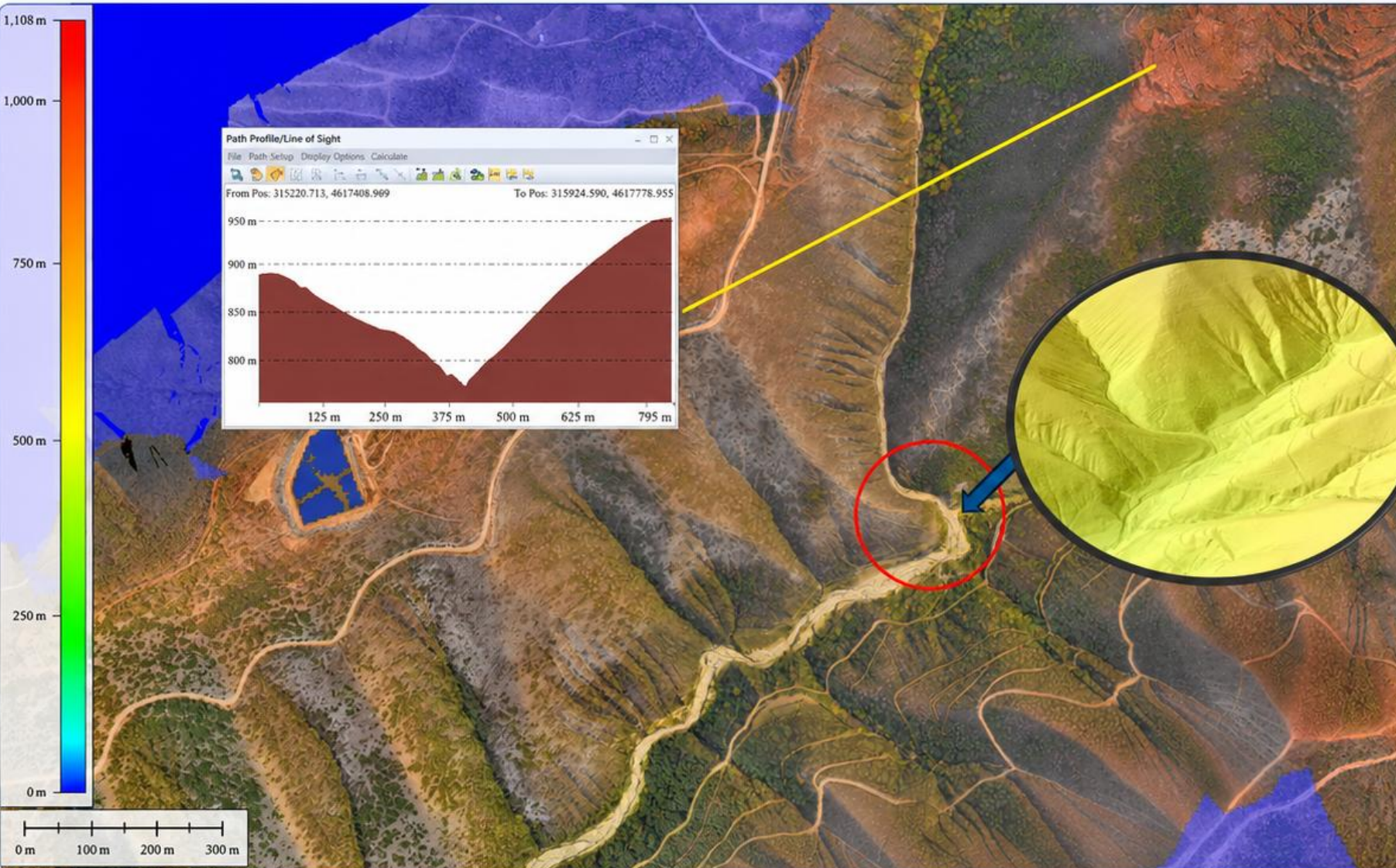
Нагоре по течението са разположени
следпожарно нарушени територии.



В преходната област са концентрирани
значителни дървесни отломки.



Запазени линейни участъци от крайречна
дървесна растителност задържат част от
материала в близост до руслото.

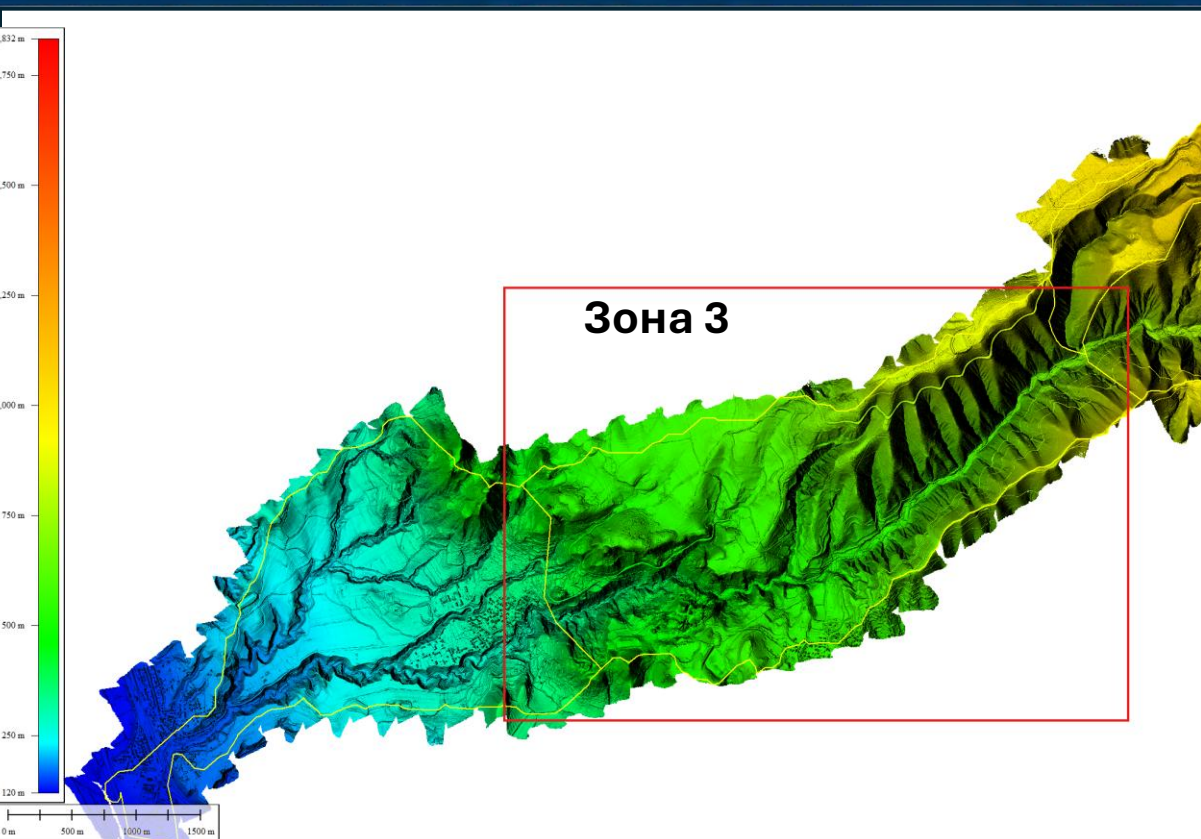


Сливането на зони 1 и 2 е критичен възел, в който повече от половината водосбор се организира в единна система на ускорен транзит надолу по течението.



6. Зона 3: конфиниран транзитен коридор – „Зандана“

Дълбоко врязана долина с ограничено пространство за странично разливане и ефективен морфоложки транзит



Основни характеристики на зона 3

Площ	Среден наклон	Минимална ширина	Максимална ширина	Дължина на участъка
12,447 km ² (24,58% от водосбора)	16,44°	~1,1 km (в тесните участъци)	~2,0 km (в най-широките части)	~6–7 km (ориентировъчно)



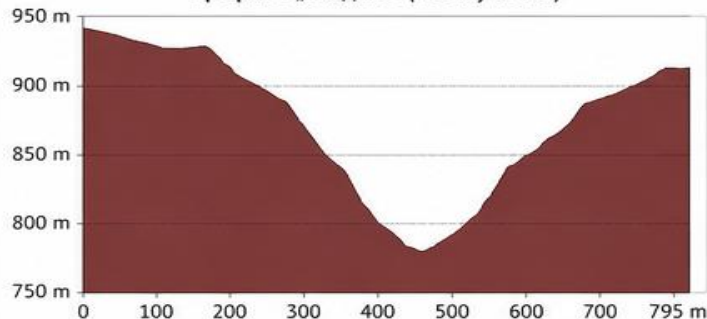
Ортофото на участък „Зандана“



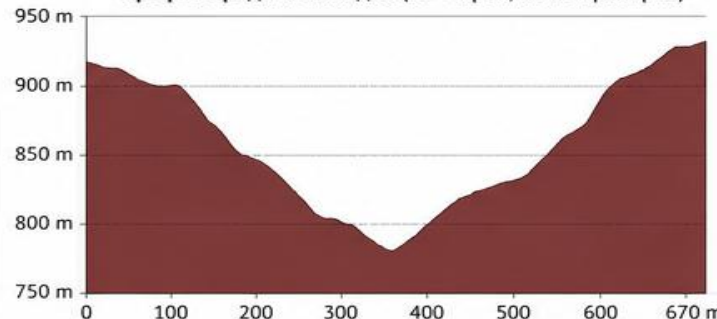
Едроблоково русло в „Зандана“

Характерни напречни профили

Профил в „Зандана“ (тесен участък)



Профил преди с. Илинден (по-широк, но конфиниран)



Проломовиден, на места ждреловиден сектор

Дълбоко врязана долина, чести тесни „гърла“ и липса на широко долинно дъно. Ограничена възможност за странично разливане.



Едроблоково русло и естествена хидравлична грапавост

Наличие на големи скални блокове с метрични размери (предшестващи събитието), които увеличават грапавостта, създават локални прагове и възможни места за задържане на дървесен материал.



Ефективен транзитен коридор

Зона 3 не е основна зона на генериране, а морфоложки канал за бърз транзит на вече концентрирания поток от зони 1 и 2 към долната част на водосбора.



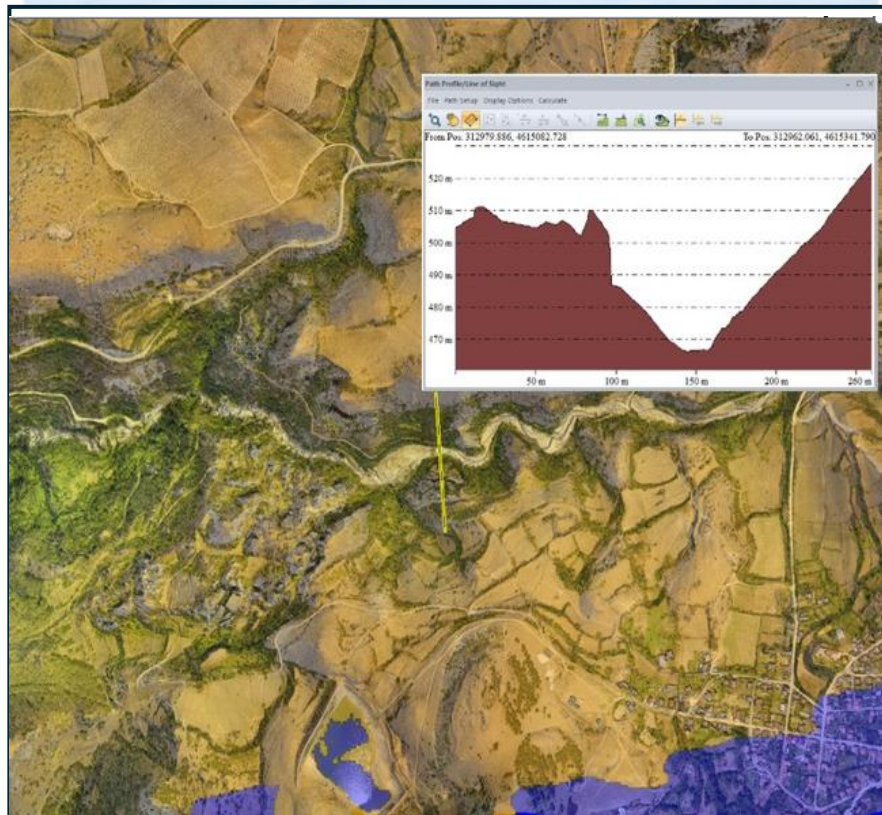
Участъкът преди с. Илинден

Коридорът остава силно врязан; редуват се тесни и по-широки, но все още конфинирани сектори. С. Илинден е разположено по-високо на десния бряг, извън най-ниската част на коридора.

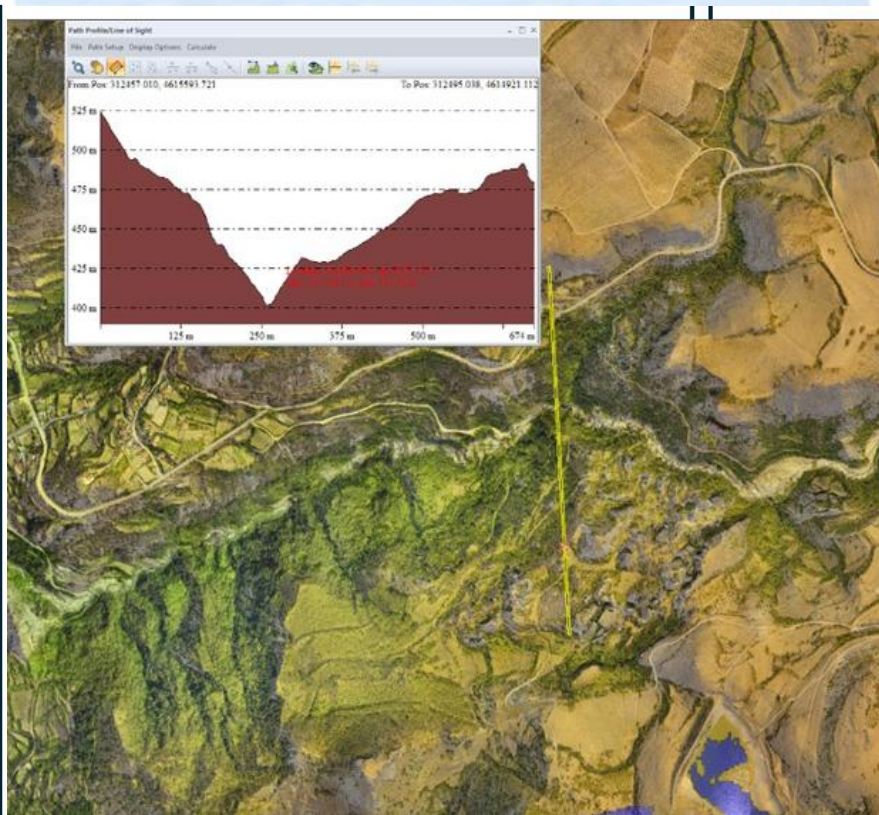
Едроблоково русло и естествена хидравлична грапавост

Участъкът преди с. Илинденци остава силно конфиниран и морфологично ограничава страничното разливане

Профил 1 преди с. Илинденци (~0,26 km)



Профил 2 преди с. Илинденци (~0,67 km)



! И при двата профила липсва широко равнинно дъно.

Характерни напречни профили в долиния коридор преди с. Илинденци



Основни интерпретации

- Руслото в „Зандана“ съдържа едри скални блокове, част от които са с метрични размери.
- Съпоставянето с по-стари изображения показва, че блоковете предшестват разглежданото наводнение.
- Следователно те не са доказателство, че конкретният поток е транспортирал блокове от този размер.

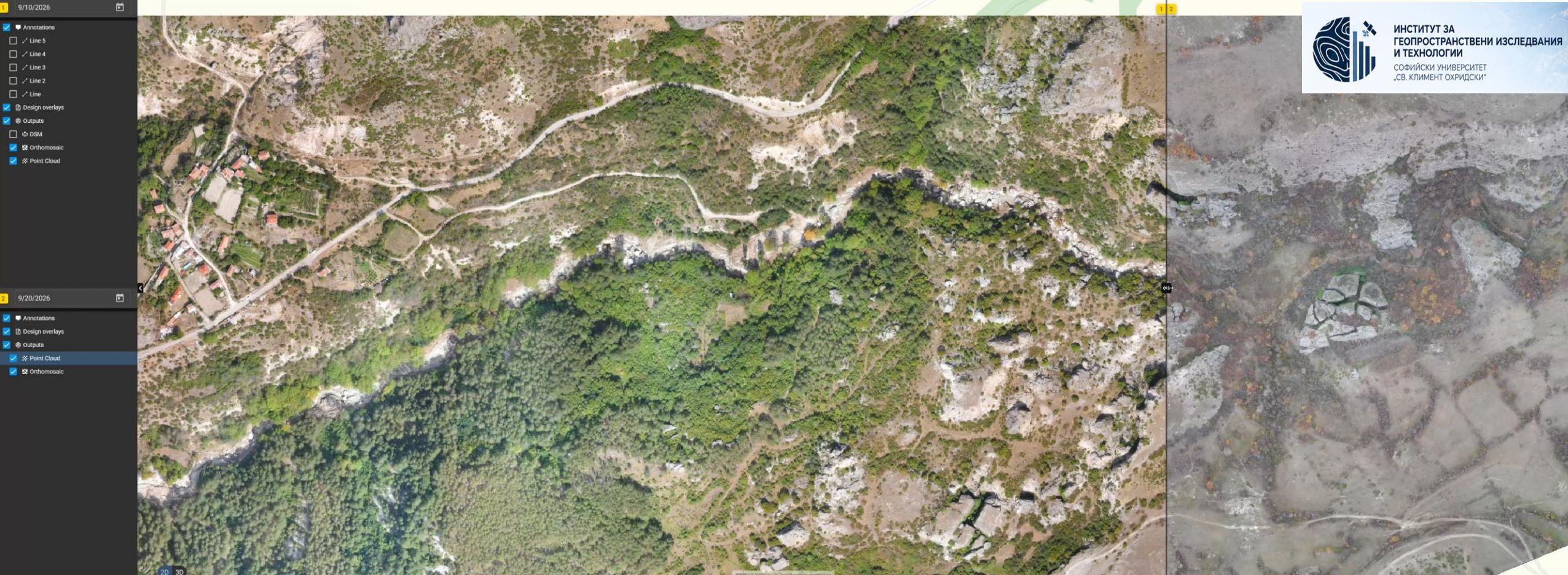


Хидравлично значение

- Едроблоковото дъно увеличава ефективната хидравлична грапавост.
- Създава локални прагове, завихряния и места за задържане на дървесен материал.
- Тази особеност има пряко значение за бъдещата параметризация на модела.
- Преди с. Илинденци коридорът остава проломовиден; липсва широко равнинно дъно.
- С. Илинденци е разпотожвяно по-високо на десния бряг, извън най-ниската част на коридора.
- Това е съвместимо с наблюдението, че при събитието не са регистрирани съществени поражения в селото.

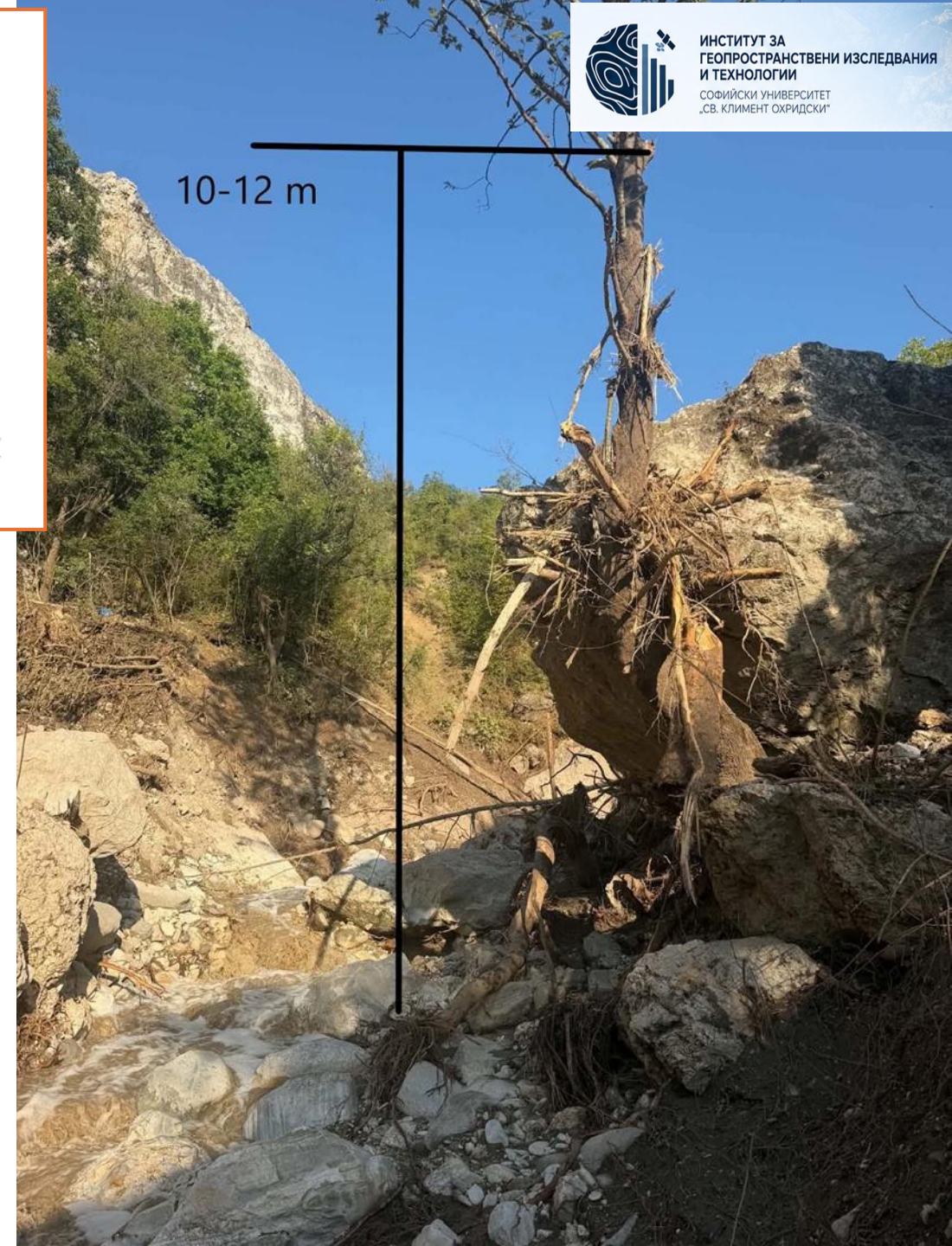


Едроблоковото русло усилва естествената грапавост, а участъкът преди Илинденци остава силно конфиниран и морфологично ограничава страничното разливане



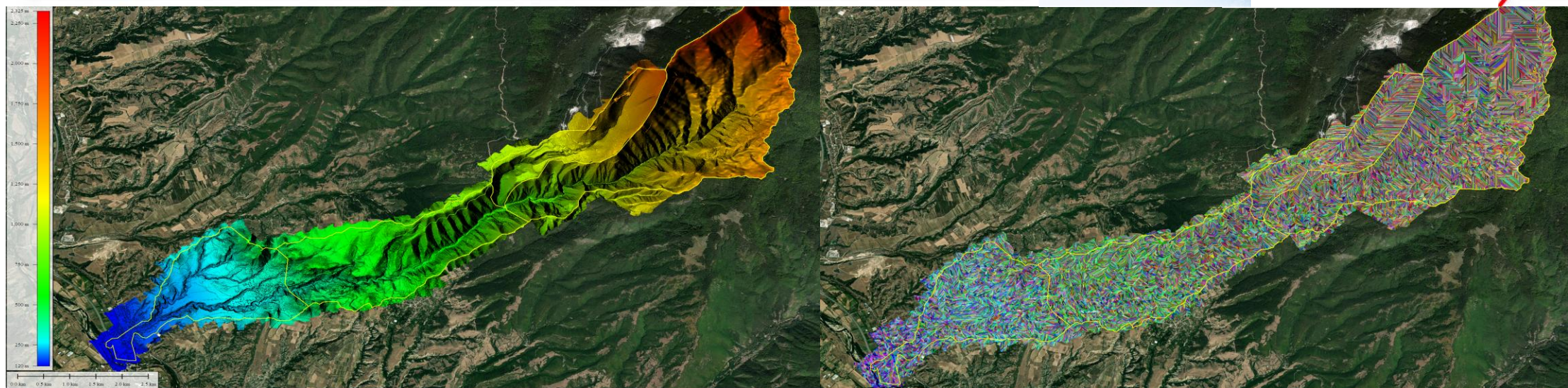
- Сравнение с ортофото изображение от 2023г. показва, че след наводнението активният руслов коридор е по-ясно изразен, с отнета крайречна растителност, оголен скален и алувиален субстрат и локално разширяване на активното русло.
- Пространственият модел на промените е линеен и следва конфинираното дъно на долината, вместо да формира широка дифузна зона на въздействие.
- Тази геометрия на щетите е съвместима с хипотезата за силно концентриран поток в зона 3. Тя не предоставя директно измерване на скорост или разход, но е независимо морфологично свидетелство за пространствено концентриране на въздействието.

- ❑ Долната част на зона 3 има ключово значение за увеличаване на скоростта и височината на приливната вълна поради факта, че в нея настъпва трансформация в грапавостта и морфометрията на долинното дъно.
- ❑ То придобива тесен, каньоновиден характер при навлизането на долината в неогенските варовити брекчоконгломерати.
- ❑ Това стесняване на долината играе ролята на сифон, който увеличава скоростта на движение и водния стоеж на приливната вълна, явявайки се причина за образуването на локални бентове и прегради

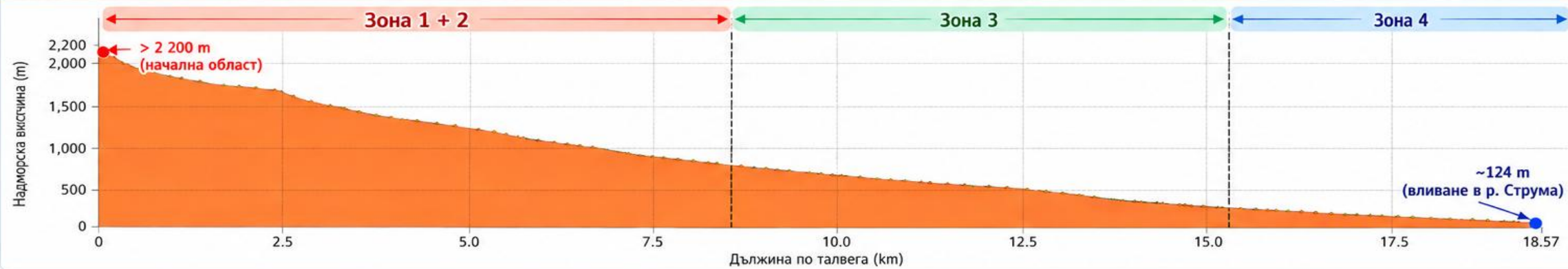


8. Надлъжен профил на основната руслова система

Начална област
(> 2 200 m)



Надлъжен профил по основното русло



Основни морфометрични показатели по зони (ориентировъчно)

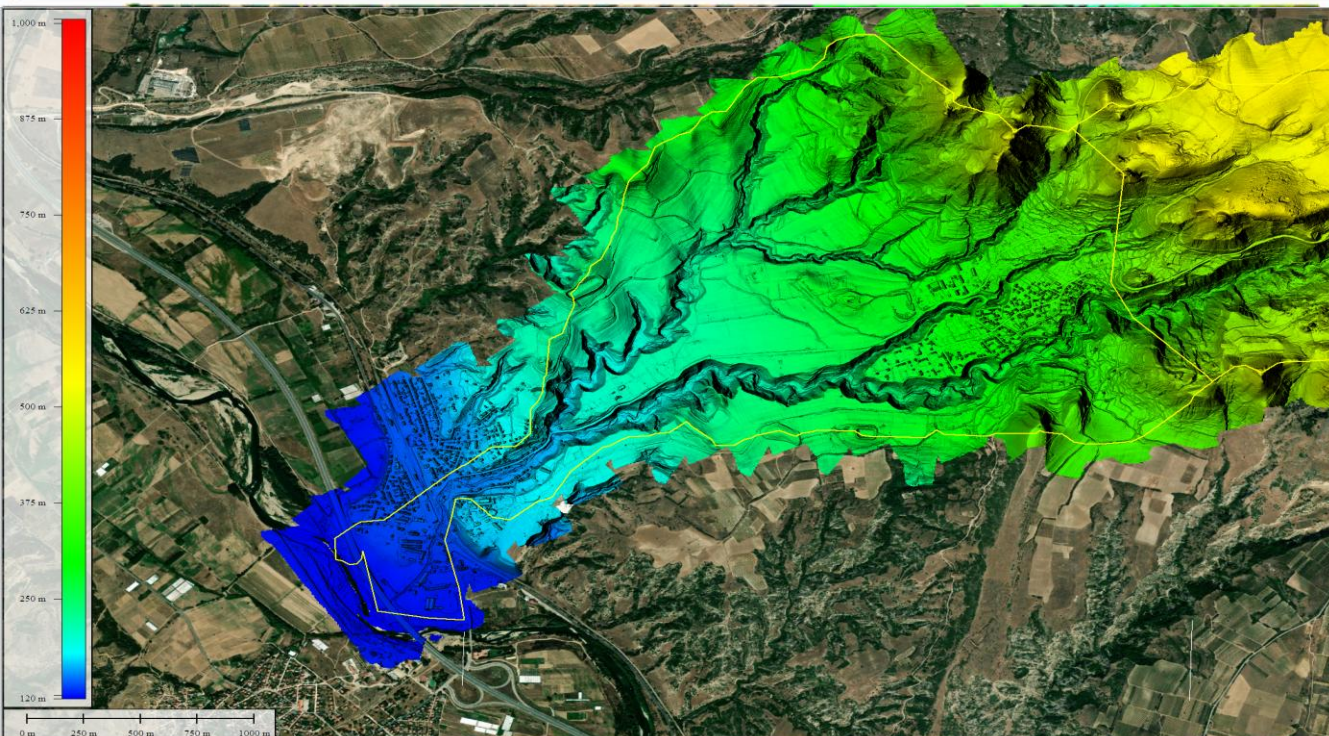
Зона	Площ, km²	Дял, %	Среден наклон, °	Начална кота (м н.в.)	Крайна кота (м н.в.)	Дължина по талвега (прибл.), km	Същност на сектора
1 + 2	29,116	57,49	—	> 2 200	~ 900	~ 7–9	формиране и концентрация на оттока
3	12,447	24,58	16,44	~ 900	~ 350	~ 7–8	конфиниран транзит („Зандана“)
4	9,082	17,93	10,38	~ 350	~ 124	~ 3–4	деконцентрация, разливане и акумулация

- Профилът започва във високата начална област над 2 200 m н.в. и достига приблизително 124 m н.в. при р. Струма (дължина: 18,57 km).
- Общият вертикален спад е над 2 000 m.
- Кривата е ясно вдлъбната, с най-голям спад в горната част и постепенно намаляване на градиента към долния сектор.
- Зона 3 запазва значим надлъжен градиент едновременно със силното напречно конфиниране и функционира като морфометрично активен транзитен коридор.
- Ориентировъчният среден градиент за цялата руслова система е от порядъка на 0,11 m/m (обща характеристика).

9. Зона 4: хидродинамично поведение в долния сектор (Струмяни)



ИНСТИТУТ ЗА
ГЕОПРОСТРАНСТВЕНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ
И ТЕХНОЛОГИИ
СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ
„СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“



Детайл на засегнатия участък (Струмяни)



Състояние на мостовото съоръжение (Струмяни)



Ключови изводи за зона 4 (Струмяни)

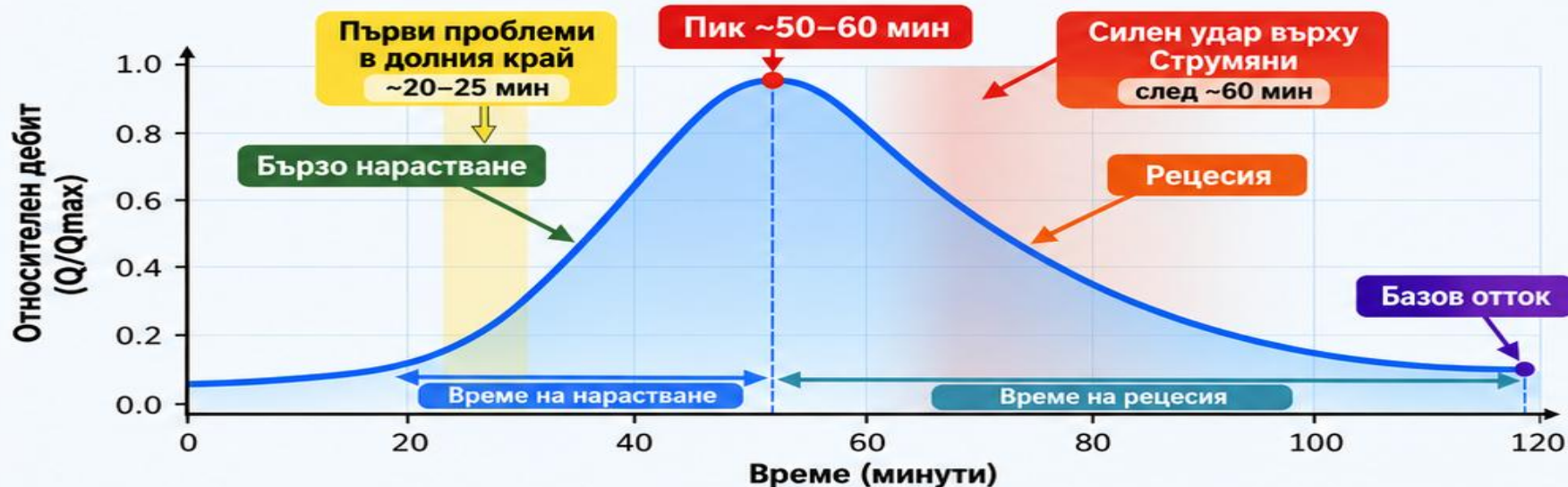
- 1 Зона 4 (9,082 km², 17,93% от водосбора) има най-нисък среден наклон – 10,38°. Долината се отваря и пространството за странично разливане нараства.
- 2 В последните ~56 m преди моста ефективният проводящ канал е редуциран от ~10 m до ~2,3–2,5 m (намаление ~75%), поради значителна наносна акумулация.
- 3 Натрупаният наносен материал в първоначалното коригирано сечение е от порядъка на 450–550 m³ (средно ~500 m³), като локалната разлика между дъното на активния канал и акумулацията достига ~1,5–1,7 m.
- 4 Комбинираното действие на намаленото напречно сечение, наносната акумулация, преноса на дървесна маса и ограничената пропускателна способност на моста води до локален хидравличен подпор и разливане на вълната извън корекцията.
- 5 След моста потокът окончателно излиза от руслото (и корекцията) и се стоварва върху железопътната линия и прилежащите територии, където са причинени сериозни щети.

10. Сценарна 2D симулация на плитките води

Пространствен анализ на водните дълбочини и времева интерпретация на развитието на водно-наносната вълна

Сценарий: валеж 60 mm/h | Площ на водосбора: ~50 km²

Схематично – без
измерен хидрограф



Интерпретация на резултатите

- 1 2D моделът се използва за пространствен анализ на водните дълбочини и зоните на заливане.
- 2 Схематичният хидрограф служи за вероятностна времева интерпретация на формирането и развитието на вълната.
- 3 Резултатите са сценарни, а не пълна реконструкция на реалното събитие.
- 4 Липсват директни хидрометрични и валежимерни наблюдения за водосбора.

Преди валежа



Нисък отток

Интензивен валеж



Бърза концентрация
и първи проблеми в долния край

Пик на вълната



Високи води и наноси
(силен удар върху Струмъни)

След вълната

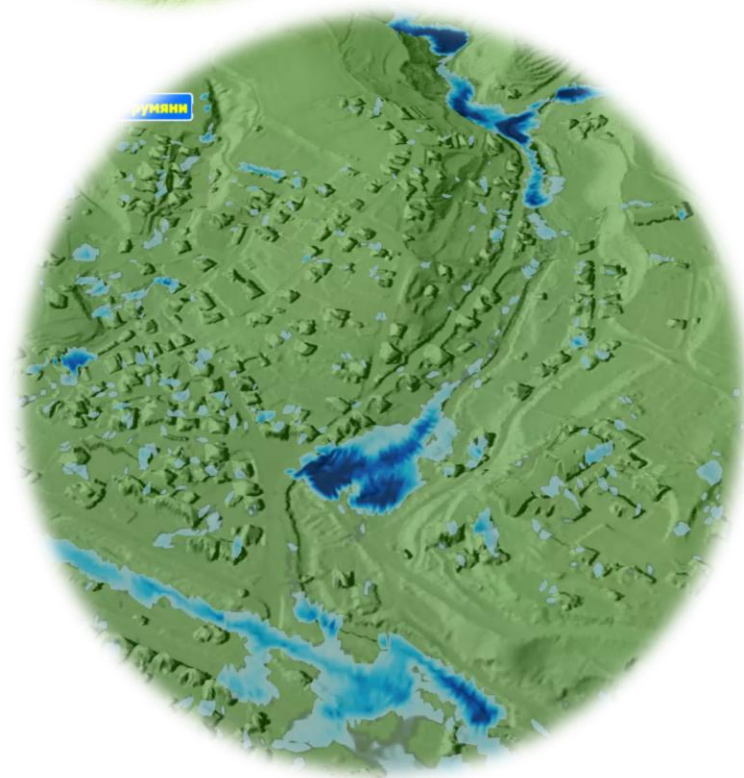
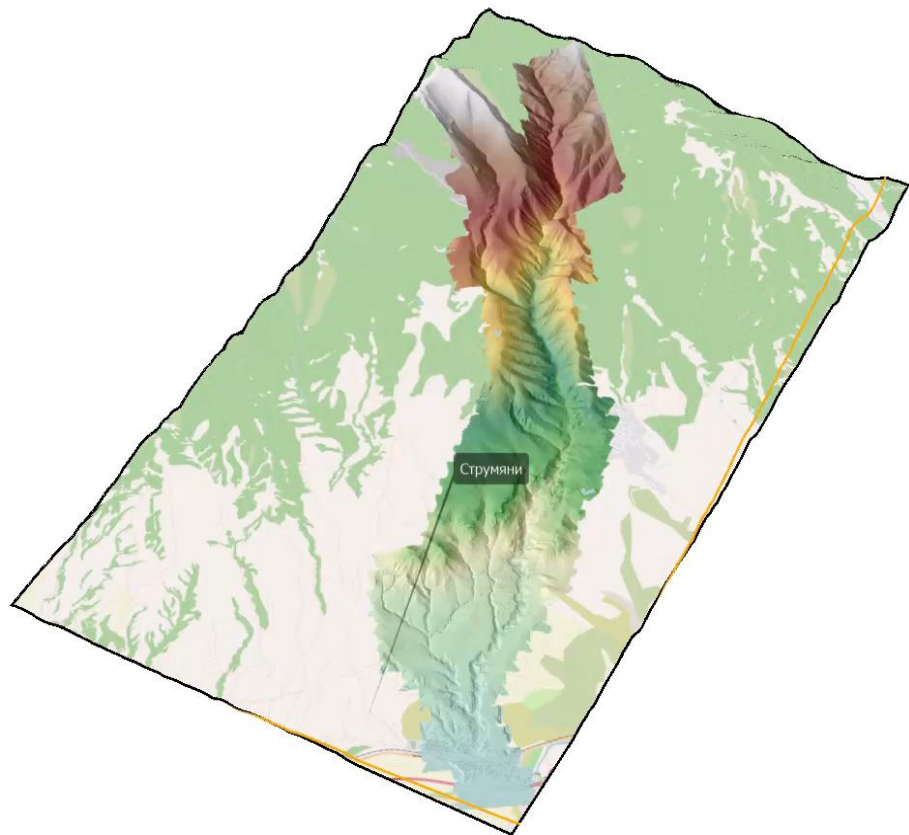


Наноси и щети



Научна уговорка

Комбинираният подход има интерпретативен характер: 2D симулацията представя пространственото разпределение на заливането, а схематичният хидрограф – вероятната времева последователност на процесите.



10. Интегриран концептуален модел на събитието

ЗОНА 4 ДЕКОНЦЕНТРАЦИЯ

намаляване на наклона;
отваряне на долината;
странично заливане
към Струмяни

ЗОНА 3 КОНФИНИРАН ТРАНЗИТ

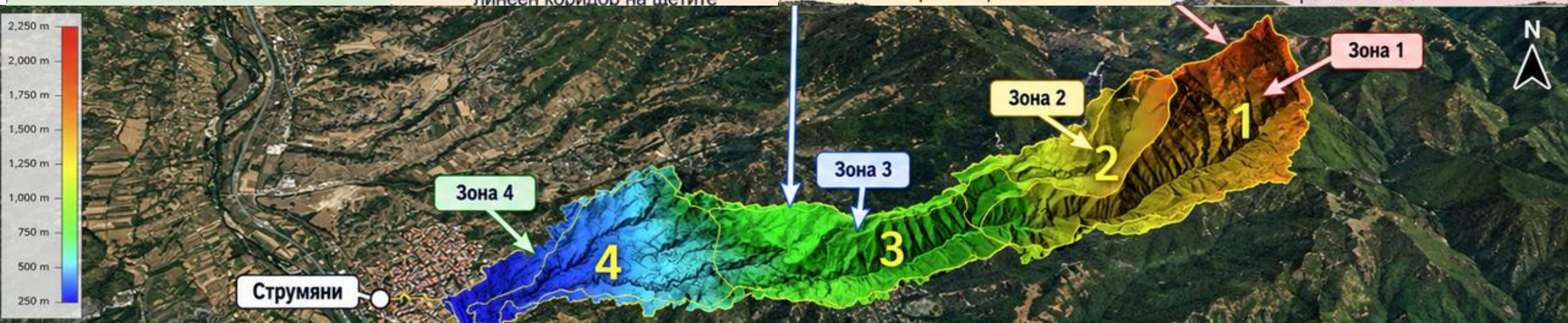
тесни V-образни профили;
„Зандана“;
едроблоково русло;
линеен коридор на шетите

ВЪЗЕЛ 1 + 2 СЛИВАНЕ

обединяване на два вече
концентрирани потока без
широко морфоложко
разтоварване

ЗОНИ 1 + 2 КОНЦЕНТРАЦИЯ

57,49% от площта;
висок среден наклон;
следпожарно нарушена
растителност



Етап 1 – формиране и концентрация



Стръмните горни сектори генерират и насочват оттока към русловата мрежа. Следпожарното нарушение може да е повишило ефективната хидроложка свързаност, но степента на този ефект предстои да бъде измерена.

Етап 2 – сливане



Потокът от зони 1 и 2 се обединява в морфоложки стеснен възел. Концентрацията по площ се превръща в единен главен поток, без значима междинна зона за широко разливане.

Етап 3 – конфиниран транзит



В зона 3 потокът навлиза в тесен, дълбоко врязан коридор. „Зандана“ представлява най-изразения пример. Следите от отнета растителност в постсъбитийното ортофото потвърждават, че въздействието е било пространствено концентрирано по руслото.

Етап 4 – деконцентрация и разливане



В зона 4 наклоните намаляват и долината се отваря. Сценарият 2D модел показва, че водата остава най-дълбока в коригираното русло, но едновременно навлиза в прилежащи територии. Именно този преход е критичен за риска за Струмяни.

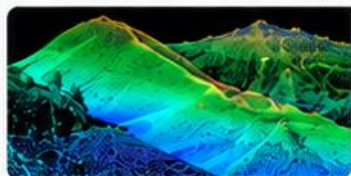
11. Ограничения, неопределености и степен на достоверност

Основни ограничения и неопределености



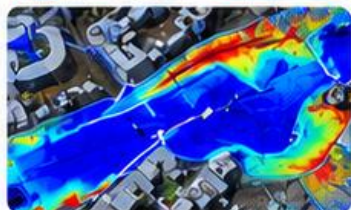
Метеорологично форсиране

- Водосборът на р. Шашка няма валежмерна станция.
- Липсват инструментални данни за валежната сума, максималните интензитети, времевото разпределение и продължителността на най-интензивната фаза.
- Не може да се установи пространствената нееднородност на валежното поле.
- Не може да се определи точната времева синхронизация между валежните максимуми в отделните приточни подводоосбори.



Пространствено покритие и данни

- Въздушно лазерно сканиране: покритие ~85%.
- Оставачи ~15% – използван е DTM от Махав (1 m) поради ограничен достъп.
- Възможни локални неточности в микрорелефа в непокрытите участъци.



Хидродинамично моделиране

- Използван е 2D модел на плитките води (сценарен).
- Не е проведена пълна калибрация и валидация поради липса на хидрометрични данни.
- Резултатите дават оценка на дълбочини и обхват на заливане; скоростите са с по-висока неопределеност.
- Сценарият 60 mm/h е експертна оценка, а не измерена стойност.



Следпожарно състояние

- Ефектът от пожара върху хидрологията е отчетен концептуално, но не е количествено измерен.
- Липсват директни данни за промени в инфилтрацията, грапавостта и ерозионния принос.



Времева динамика

- Липсва пряк инструментален запис на времето на възникване и развитие на високата вълна.
- Има несигурност относно времевата последователност и взаимодействието между отделните приточни потоци (разлики от десетки минути могат да са съществени).

Степен на достоверност на основните резултати



Геометрия и морфометрични характеристики

Площ, надморски височини, наклони, надлъжни и напречни профили. Базиран на ALS и фотограметрични данни.

Висока



Наблюдавани пространствени промени

Следи от заливане, отнета растителност, щети по инфраструктура. Базиран на теренни наблюдения и многовременни ортофотоснимки.

Висока



Резултати от 2D симулацията

Разпределение на водните дълбочини и обхват на заливане (сценарен резултат). Скорости – с по-висока неопределеност.

Умерена



Интерпретация на процесите

Последователност, роля на отделните зони и механизми на въздействие. Базирана на комбинация от доказателствени линии, но с присъща неопределеност.

Умерена



Количествени параметри на събитието

Валежна сума, кратковременни интензитети, времево разпределение и пикова вълна. Липсват директни измервания.

Ниска



Резултатите от настоящото изследване следва да се разглеждат като сценарни, а не като пълна реконструкция на действителното събитие.

Наличните данни позволяват надеждна оценка на геометрията, морфометричните характеристики и пространствените закономерности, както и ориентационни количествени резултати от хидродинамичното моделиране. Поради липсата на валежмерни и хидрометрични наблюдения, количествените параметри на събитието и част от причинно-следствените интерпретации са свързани със значителна неопределеност.

12. Възможни мерки

Намаляването на риска от бъдещи наводнения във водосбора на р. Шашка изисква **система от пространствено разпределени и функционално свързани мерки**, насочени към задържане, забавяне и пространствено разпределение на оттока още преди достигането му до Струмяни.

ЗОНА 1 + 2 – ГОРЕН СЕКТОР

Управление на дървесната биомаса и възстановяване на растителността

- Селективно отстраняване на мобилизируема мъртва дървесина
- Почистване на активни дренажни линии
- Възстановяване на тревна и храстова покривка
- Постепенно възстановяване на горската растителност



ВЪЗЕЛ 1 + 2 – СЛИВАНЕ

Задържане на наносите и контрол на транспорта

- Задържащи и селективни бариери за нанос и дървесина
- Стабилизиране на ерозионни участъци
- Ограничаване на директното включване на наноси в главното русло



ЗОНА 3 – КОНФИНИРАН ТРАНЗИТ

Стабилизиране на руслото и намаляване на риска от запущване

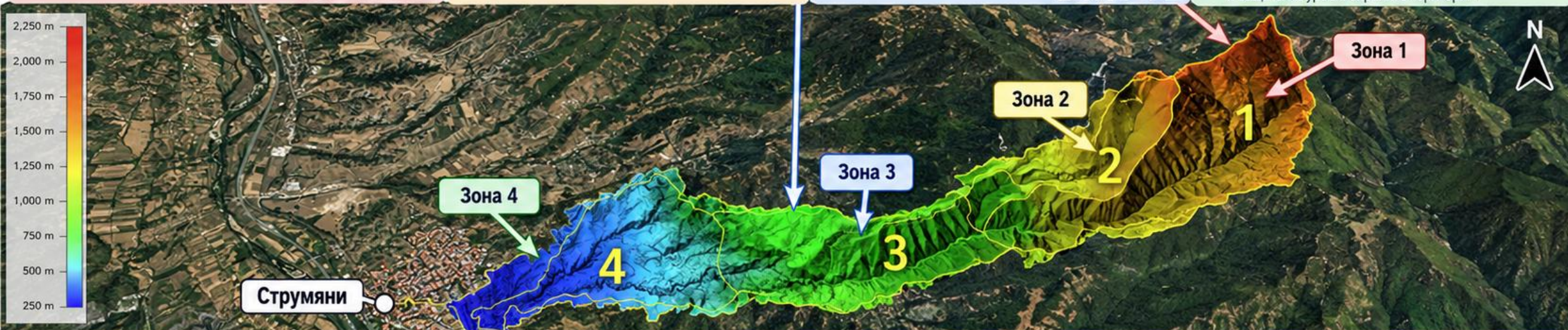
- Почистване на рискови участъци с висок риск от запущване
- Стабилизиране на склонове и странични ерозионни линии
- Контрол на времето и наносния транспорт



ЗОНА 4 – ДОЛЕН СЕКТОР

Временно ретенция и контролирано разливане

- Създаване на пространства за контролирано разливане
- Възможности за ретенционни структури
- Поддържане на проходимост при мостове и критични участъци
- Интеграция с териториално планиране и защита на урбанизираните територии



Ключови принципи



Задържане и забавяне на оттока

Водата да не бъде единствено отвеждана надолу по системата.



Управление на дървесната биомаса

Селективно отстраняване и контрол на мобилизуемия материал.



Възстановяване на почвената и растителната функция

Устойчиви екосистеми, по-висока инфилтрация и грававост на склоновете.



Пространствено разпределени мерки

Съобразени с функционалната организация на водосбора (горен, среден и долен сектор).



Безопасно пространство за развитие

Намаляване на риска за Струмяни и защита на урбанизираните територии.

13. Каскадна система за намаляване на риска

Предложеният подход обединява пространствено свързани мерки от горната част на водосбора до Струмяни. Целта е едновременно да се **намалят водният, наносният и дървесният компонент** на опасността.



Воден компонент

намаляване на обема, пика и скоростта на оттока



Наносен компонент

ограничаване на ерозията, транспорта и акумулацията на наноси



Дървесен компонент

намаляване на мобилизирането и запушванията от дървесна биомаса

Сценарии за сравнително моделиране

1	Съществуващо състояние	Базова оценка на риска при настоящите условия.
2	Приоритетно управление на мъртвата биомаса и мерки в горната част	Ефект от мерки в горните зони на водосбора.
3	Ретенционна зона преди Струмяни	Ефект от контролирана ретенция в долната част.
4	Комбиниран сценарий	Съвместен ефект от всички предложени мерки.

Следващ етап



подробно картиране на мъртвата дървесна биомаса



определяне на зоните с най-висока вероятност за мобилизиране



обследване на потенциалните ретенционни площадки



анализ на наносния транспорт

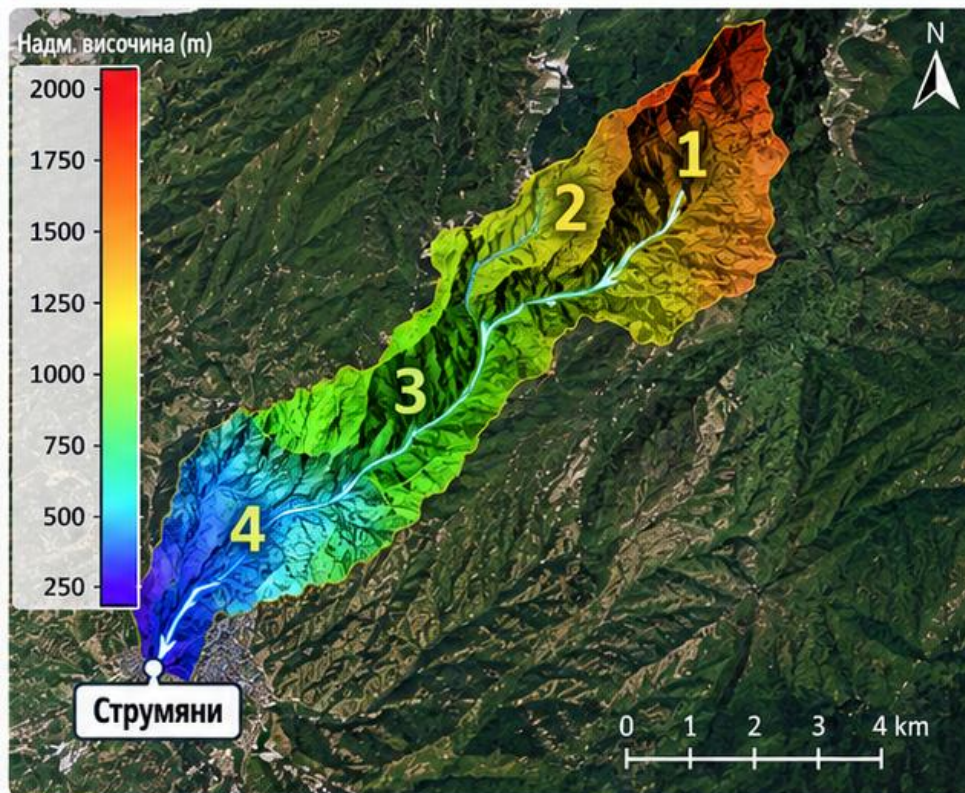


сравнително 2D моделиране на различни комбинации от мерки

Предложените интервенции са пространствено обоснована система от потенциални мерки, а не готов технически проект.

Интегриран геосистемен подход за намаляване на риска от внезапни наводнения

Комплексно управление на водния, наносния и дървесния компонент в целия водосбор



Защо тези водосбори са особено опасни?



Малък и стръмен водосбор

- Бързо формиране на повърхностен отток
- Кратко време на концентрация
- Високи пикови разходи



Следпожарни промени

- Загуба на растителна покривка
- Голяма мъртва дървесна биомаса
- Повишена ерозия и наносен принос



Комбиниран процес

- Водна вълна с елементи на дебресен поток
- Транспорт на едър нанос и дървесен материал
- Възможни запушвания и внезапно освобождаване



Конфиниран транзит

- Тесни V-образни долини
- Локално усилване на вълната
- Високи скорости и разрушителна енергия



Уязвима урбанизирана територия

- Ограничена руслова пропускателна способност
- Риск от заливане и щети
- Необходимост от пространство за контролирано разливане

Необходим е геосистемен подход



Водосборът е функционална геосистема, в която релеф, растителност, почви, мрежа, наносен и дървесен транспорт са взаимно свързани.



Ефективното намаляване на риска изисква **пространствено координирани мерки** в целия водосбор, а не само локални интервенции в долната част.

Каскадна система от мерки за намаляване на риска



1. Управление на мъртвата дървесна биомаса

Селективно отстраняване на опасната биомаса



Зона 1



2. Възстановяване на растителната покривка

Тревна, храстова и дървесна растителност



Зона 1 – 2



3. Ограничаване на ерозията и хидрографската свързаност

Стабилизиране на склонове и дренажни линии



Зона 1 – 2



4. Каскадно забавяне на оттока

Малки прегради и ретенционни структури



Зона 2 – 3



5. Контрол на наносния и дървесния транспорт

Задържане на едър нанос и дървесен материал



Зона 3



6. Възстановяване на крайречните буферни зони

Естествени зони за разливане



Зона 3 – 4



7. Контролирана ретенция

Определяне на ретенционни площадки преди Струмяни



Зона 4



8. Безопасно отвеждане

Насочване на остатъчната вълна през и около урбанизираната територия



Струмяни

Бърза географска/геопространствена оценка на опасността и риска от наводнения (RGFHRA)

за подобряване на управлението на устойчивостта в малки водосборни басейни с висок риск



В основата си се базира на интегриран подход

- Първият подход включва прилагането на **прокси-базиран подход** за оценка на опасности в малки водосбори, при който ключови хидроложки и геоморфоложки процеси не се моделират директно, а се интерпретират чрез система от **пространствени индикатори**, извлечени от геопространствени данни.
- Този избор е обусловен от спецификата на **малките, бързо реагиращи водосбори**, където липсата на систематичен мониторинг, ограничените хидрометрични данни и силно изразената **пространствена хетерогенност** затрудняват прилагането на класически количествени модели.

Какво включва анализът?



Релеф
(DEM, наклони, експозиция)



Хидрография
(речна мрежа, водосбори)



Геология и почви
(податливост, инфилтрация)



Земно покритие
(растителност, гори, изгорели площи)

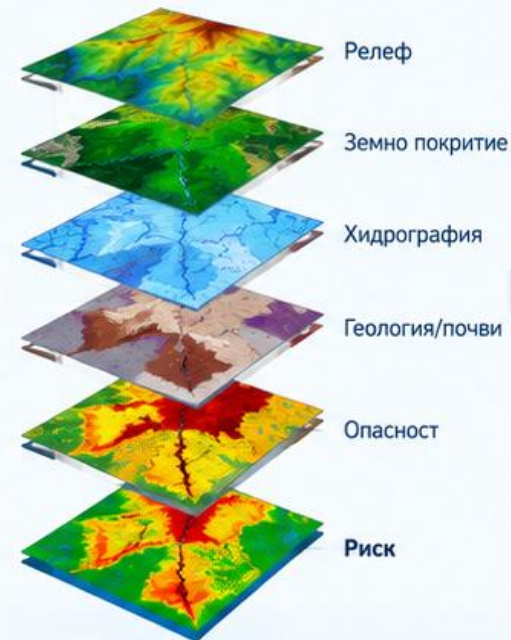


Исторически данни
(наводнения, свлачища, други рискове)



ГИС анализ и пространствени модели
(индикатори, класификации, оценки)

Геопространствени данни → Индикатори → Оценка на риска



Защо е важен този подход?

Той позволява да се обхванат всички ключови компоненти – водни, наносни и дървесни – в **цялостната система на водосбора** и да се идентифицират критичните зони и процеси, които увеличават риска от наводнения, особено след пожари и при малки, бързо реагиращи водосбори.



Вода

(отток, висока вълна)



Наноси

(руслова промяна, запушвания)



Дървесна биомаса

(дебрис, запушвания)

ЦЯЛОСТЕН РИСК



Вторият подход

Функционален, геосистемен анализ на водосбора за разбиране на динамиката и интензитета на внезапните наводнения

1



Нелинейно и прагово поведение

Внезапните наводнения се характеризират с ясно изразено нелинейно и прагово поведение на водосборната система.

2



Формиране на критичен интензитет

До достигане на определен валежен интензитет водосборната система функционира относително стабилно, при който инфилтрацията и временният повърхностен запас доминират над повърхностния отток (Horton, 1933; Chow et al., 1988; Beven, 2012).

3



Превключване към бърз и свързан отток

При по-нататъшно увеличаване на валежа хидроложката свързаност се активира (Borga et al., 2010). След преминаване на критичните прагове се наблюдава рязка промяна в поведението на системата, при която се активира бърз и пространствено свързан повърхностен отток.

4



Интегриран геосистемен подход

В този контекст водосборът се разглежда като интегрирана геосистема, в която релефът, геоложката основа, почвите, земното покритие, растителността, дренажната структура и антропогенните фактори действат съвместно и определят критичните прагове на реакция.



Интегрирана водосборна геосистема

Ключови компоненти и процеси, определящи праговете на реакция

Технологично приложение на RGFHRA

Две последователни фази за бърза оценка и детайлен анализ

- 1 В технологично отношение, RGFHRA се прилага в две последователни фази.
- 2 Първата фаза представлява бърза географска оценка, насочена към идентифициране на критични зони, предварителна оценка на заплахата и риска и определяне на участъци, в които е вероятно системата да достигне един или и двата критични прага.
- 3 Втората фаза се активира за водосбори или участъци с установена висока чувствителност и включва събиране на високорезолуционни пространствени данни чрез въздушно и мобилно лазерно сканиране, последвано от повторно проиграване на сценариите върху по-реалистична пространствена основа.



Благодаря за вниманието!