



Получена: 06.01.2024 г.

Приета: 09.02.2024 г.

## ПРИЛОЖЕНИЕ НА ГИС ЗА ИДЕНТИФИЦИРАНЕ И ОЦЕНКА НА РИСКА ЗА ПЪТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА ОТ ВЪЗНИКВАНЕ НА СВЛАЧИЩНИ ПРОЦЕСИ – ПРОУЧВАНЕ ЗА ТЕРИТОРИЯТА НА ОБЛАСТ СЛИВЕН, БЪЛГАРИЯ

Т. Илиева<sup>1</sup>, Й. Иванова<sup>2</sup>, К. Славчева<sup>3</sup>

*Ключови думи:* ГИС, идентифициране и оценка на риска, пътна инфраструктура, свлачищни процеси

### РЕЗЮМЕ

Тази статия е фокусирана върху използване на възможностите на ГИС, за да се установи доколко е целесъобразно приложението им при идентифициране и оценка на риска за пътната инфраструктура от възникване на свлачищни процеси. На базата на налични данни за свлачищата и други свободно достъпни данни са изпълнени множество пространствени анализи върху различни слоеве и са изведени параметри, чрез които да се установят най-уязвимите участъци от пътната инфраструктура на територията на област Сливен. Резултатите са класифицирани и описани по отношение на пътната мрежа за територията, направена е и съпоставка с данните от картата на риска, публикувана към Регистъра на свлачищата. При валидирането на резултатите е установено, че в някои зони има по-високо ниво на съответствие с картата на риска, но в други има разлики, които са анализирани допълнително и е установено, че това са предимно участъците, в които има вече регистрирани свлачищни процеси, както и други подобни, отговарящи на същите критерии.

---

<sup>1</sup> Тамара Илиева, гл. ас. д-р инж., кат. „Геодезия и геоинформатика“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: [ilieva\\_fgs@uacg.bg](mailto:ilieva_fgs@uacg.bg)

<sup>2</sup> Йоана Иванова, студентка от спец. Геоинформационни системи, кат. „Геодезия и геоинформатика“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: [gfac.5030@uacg.bg](mailto:gfac.5030@uacg.bg)

<sup>3</sup> Катрин Славчева, студентка от спец. Геоинформационни системи, кат. „Геодезия и геоинформатика“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: [gfac.5040@uacg.bg](mailto:gfac.5040@uacg.bg)

## 1. Въведение

Във връзка с работата по проект към ЦНИП при УАСГ на тема „Въздействие на климатичните промени върху транспортната инфраструктура в България – идеен подход за оценка на потенциалното влияние за постигане на устойчивост и безопасност на елементи от транспортния сектор“ [1], е направен тестов анализ на възможностите на ГИС за идентифициране на рискови участъци от пътната инфраструктура по отношение на следствията от изменението на климата. Предвид това, че в Националната стратегия за адаптация към изменението на климата и Плана за действие [2] за Сектор „Транспорт“ в средносрочен и дългосрочен план като основни рискове за българската транспортна система са посочени наводнения, свлачища, веелици и снеговалежи, екстремни горещини, а също и с оглед на наличните в интернет пространството систематизирани данни за конкретни събития, анализът е избрано да бъде за оценка на риска от възникване на свлачищни процеси. Като обхват за изследванията е определена територията област Сливен.

Свлачищата причиняват сериозни щети и могат да станат причина за дългосрочно прекъсване на експлоатацията на инфраструктурата и/или ограничен достъп до определени места и ресурси [2]. Основната идея на това изследване е в ГИС среда да се създаде пространствен модел за разпределението на факторите, които повлияват на появата на свлачищни процеси, и въз основа на да се определи кои участъци от пътната инфраструктура има риск да бъдат засегнати.

Съгласно методиката за оценка на геоложкия риск [3] топографските и геоложките условия за потенциални свлачищни проявления, от които може да бъде засегната и пътната мрежа на страната, са следните: стръмни склонове (с наклони от 20° до 35° и по-големи), вкл. такива, които са подсечени от пътища или железопътни линии, с влошени свойства поради дърводобив, горски пожари и други; изветрели гранитни, вулканични и седиментни скали (например мергели, пясъчници, алевролити и др.), силно чувствителни слаби почви и слабосвързани водонаситени почви, които са податливи на втечняване; склонове в сеизмични региони и неактивни свлачища, подложени активно на покачване на подземните води; подсичане на склонове от реки и речни брегове, подложени на наводнения и/или активна ерозия. Валежите също са основен фактор за възникването на свлачища, като за бъдещи периоди се очаква общото средногодишно количество на валежите да намалее, но по-често те ще бъдат екстремни [2]. Влияние върху валежи, температури и други климатични елементи оказват надморските височини, близостта до водни басейни и други фактори [4].

Свлачищата са опасни екзодинамични геоложки процеси с внезапно действие или с периодични активизации и водещи до внезапни рискови явления. Те са широко разпространени у нас наред с ерозията, абразията, срутищата, кално-каменните порои, пропадането на лъос, втечняването на слаби и набъбването на строителни почви [5].

Геодезическите методи и приложението на географски информационни системи имат широка употреба при регистрирането, определяне на границите и елементите, оценка на риска и проследяване на динамиката на свлачищни процеси. Геодезическите методи са доказано ефективни [6 – 8] и като такива са заложени както в методиката за оценка на геоложкия риск и действащите нормативни документи [3, 9], така и в множество практически изследвания [10 – 13]. Много са и примерите за използване на ГИС, включително в чл. 4, ал. 2 на [14] е прието, че въз основа на информацията от анализа и оценката на рисковете от бедствия се създават специализирани бази данни, като визуализацията им се извършва в среда на Географска информационна система (ГИС), а в чл. 6, ал. 11 е посочено, че масивите от пространствени данни за сеизмичния и геоложкия риск, метаданните и изготвените карти следва да се публикуват в ГИС на

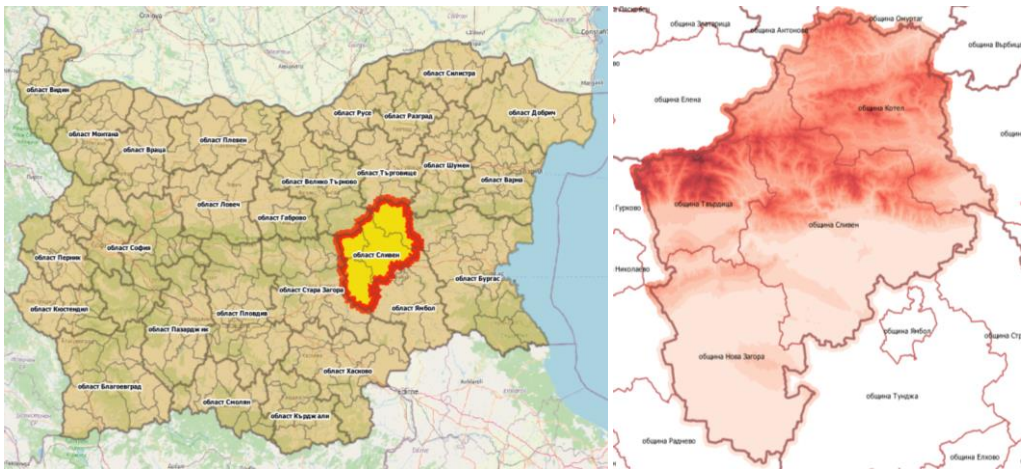
МРРБ [15]. ГИС при научните изследвания на свлачищни процеси най-често се използват за картографиране и създаване на пространствени бази данни [16 – 18], а също и за анализ и моделиране на различни фактори с цел оценка на риска [19 – 28], както е и в настоящото изследване.

За оценка на риска от възникване на свлачищни процеси в конкретния случай са използвани различни набори от данни, като в ГИС среда те са съвместени и е извършен комплексен многофакторен анализ. Определени са места, на които потенциално може да възникнат свлачищни процеси, които да засегнат пътната инфраструктура на територията на област Сливен, като резултатите са валидирани чрез официално публикуваните в ГИС на МРРБ данни.

## 2. Описание на изследваната територия и използваните данни

### 2.1. Местоположение. Обща физикогеографска, транспортна и климатична характеристика на област Сливен

Област Сливен е разположена в Югоизточна България и обхваща площ от приблизително 3544,07 km<sup>2</sup>. Разделена е административно на 4 общини – Сливен, Нова Загора, Котел и Твърдица (фиг. 1). Територията на областта се характеризира с разнообразен релеф, като на север е полупланински и планински, а на юг – равнинен [29].



Фиг. 1. Местоположение, административно деление и релеф на област Сливен

Към 31.12.2022 г. по данни от НСИ в област Сливен живеят 170 583 души [30]. На територията са развити два вида транспорт – автомобилен и железопътен, като в същия източник са посочени и данни за държавната пътна мрежа (общо 581 km), които за периода 2019 – 2022 година са без промяна – табл. 1.

По данните, използвани за проекта от OSM, дължината на пътната мрежа, определена в ГИС, вкл. улици в населени места, общински и обслужващи пътища и други е 6016 km.

Област Сливен обхваща територии с умереноконтинентален и преходно-континентален климат, дължащ се на средиземноморското влияние, а в северните части

има и планинско влияние. Характерен за територията е т.нар. вятър „Бора“, ориентиран в посока от север към юг, постоянен през цялата година.

**Таблица 1. Данни за държавната пътна мрежа на обл. Сливен за периода 2019 – 2022 г.**

Дължина в km на:	2019	2020	2021	2022
Автомагистралите	44	44	44	44
Първокласните пътища	85	85	85	85
Второкласните пътища	202	202	202	202
Третокласните пътища	250	250	250	250

Климатът в Сливенска област е сравнително мек със средна годишна температура около 12 – 14 °С, средна зимна температура от -2 до +2 °С, средна лятна от 16 до 23 °С [29, 31 – 35]. През студените месеци многократно се преминава точката на замръзване и размръзване, което има съответните последици по отношение протичането на различни процеси на земната повърхност [4].

Есента е сравнително топла и по-продължителна от пролетта. Количествата на валежите намаляват в посока от север към юг (средно около 600 mm/m<sup>2</sup>), като максимални са количествата през пролетта, а най-сух е м. август.

## **2.2. Обща геоложка и хидрогеоложка характеристика, почви и растителна покривка**

Голямата територия на област Сливен предполага разнообразие от гледна точка на нейните геоструктурни и литоложки особености [36]. Областта попада в две геоложки зони – Източна Балканска зона и Източна Средногорска. Четирите общини на областта са разположени както следва: община Котел в Балканската тектонска зона и община Нова Загора в Средногорската тектонска зона, докато териториите на общини Сливен и Твърдица попадат и в двете зони [37].

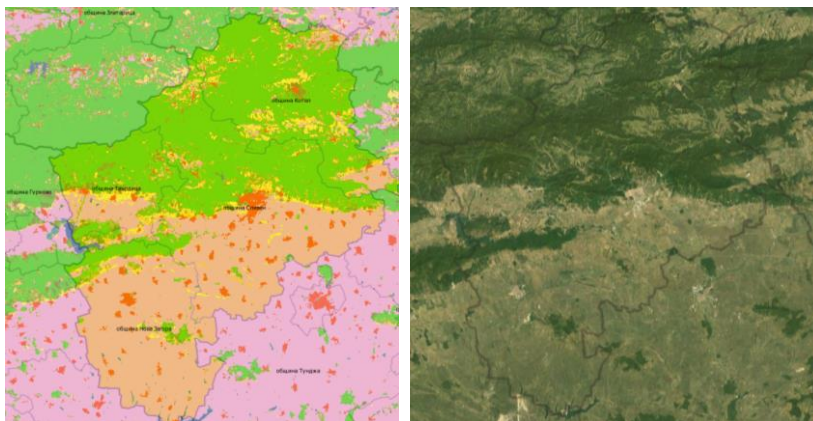
В област Сливен преобладават седиментните скали (варовици, доломити, пясъчници и други [36]), но има наличие също на магмени и метаморфни.

Геоложката обстановка предопределя формирането в района на всички основни типове подземни води – пукнатинни, карстови (карстово-пукнатинни) и порови. Основните акумулатори на пукнатинните води са напуканите скални формации в планинските участъци в Стара планина и Средна гора [37].

Хидроложките запаси в областта не са големи. Основен воден ресурс е р. Тунджа, с водосборен басейн около 7 800 km<sup>2</sup>. Водите ѝ се използват за питейни нужди и напояване [35].

В северната част на областта, по билните части и склоновете на Стара планина и Средна гора, където теренът е планински и полупланински, почвите са кафяви горски, светлосиви горски, канелени с рензини и излужени канелени горски [35, 38]. В Сливенското поле и на юг почвите са предимно излужени канелени горски, алувиално-делувиално-ливадни, а в най-южната част на областта са карбонатни черноземни смолници, черноземни смолници и излужени черноземни смолници [35, 38].

В северната част на областта преобладават широколистни гори, а на юг – тревиста растителност, вкл. селскостопански култури (фиг. 2). Около 40 % от територията е заета от горски фонд, 52 % – от земеделски земи, а 3,5 % – от населени места [35, 39, 40].

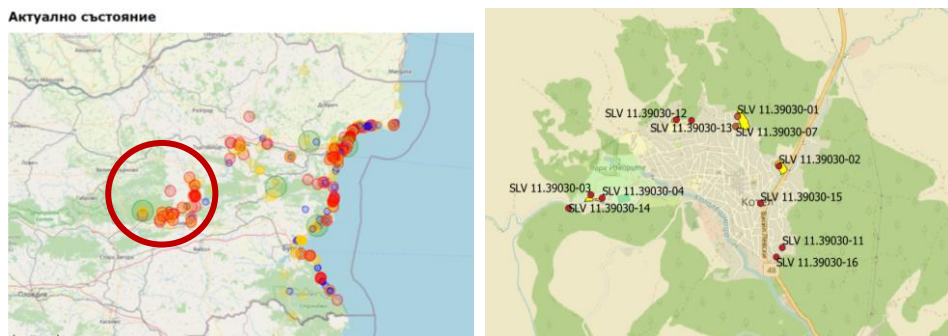


Фиг. 2. Земно покритие на област Сливен с резолюция 100 m и данни от Google Satellite

### 2.3. Регистрирани свлачищни процеси на територията на областта

Към 31.12.2020 г. на територията на обл. Сливен са били регистрирани 32 свлачища. Същите се водят в регистъра на свлачищата и върху тях се извършва наблюдение и превантивни дейности за недопускане на активирането им [41]. Този брой значително се различава от данните в другите два източника, които са посочени по-долу, но авторите предполагат, че може би тук се има предвид броят на активните свлачища, тъй като понастоящем в регистъра те са 36 бр.

Към 13.11.2023 г. за територията на област Сливен от Регистъра на свлачищата в България [42] са изведени данни за 64 точкови обекта. От тях като активни са отбелязани 36, 27 са потенциални и 1 е стабилизирано. По данни от ГИС на МРРБ данните са за 55 площни обекта, от които 21 активни, 30 потенциални, 3 неклассифицирани и един стабилизиран. На фиг. 3 са представени данни за цялата обл. Сливен от Регистъра на свлачищата, а също и данни от двата източника за свлачищата около гр. Котел.



Фиг. 3. Данни за свлачищата в обл. Сливен от Регистъра на свлачищата и от ГИС на МРРБ, източници [42, 15]

След сравнение по идентификатори на обектите е установено, че разликата в броя на свлачищата се дължи на тези, които са регистрирани в периода след 2015 г. – при гр. Котел – 2 бр. нови свлачища; при с. Сотирия и с. Бяла Паланка – 2 бр. нови свлачища (по 1 при всяко от селата); на път III-662 Твърдица – Елена – 5 бр. нови свлачища.

## 2.4. Използвани данни

За целите на настоящото изследване са използвани само данни със свободен достъп. По-долу са описани използваните данни, видът им и съответните източници:

- Данни за административно деление – области и общини – векторни данни от тип полигон с атрибути от Национален портал за пространствени данни [43].
- Данни за населени места – векторни данни от тип точка с атрибути, вкл. наименование на населеното място от OpenStreetMap [44] (в [43] данните за населени места в \*.shp формат са само за обекти, чиито наименования започват с букви А и Б).
- Данни за пътна и железопътна мрежа – векторни данни от тип линия с атрибути от [44]. При самите анализи тези данни не са използвани, тъй като най-близкото до трасето на жп линията свлачище е на около 1,5 km по поречието на р. Беленска река.
- Данни за хидрографски обекти – реки и площни обекти (язовири и други) – векторни данни от тип линия/полигон с атрибути от [44].
- Данни за регистрирани свлачища – векторни данни от тип точка/полигон с атрибути [15, 42].
- Цифров модел на релефа EU-DEM v1.1 – растрерни данни в 32-битов Geotiff формат с 25 m пространствена резолюция и точност по височина +/- 7 m, публикуван на 20.04.2019 г. [45].
- Данни за валежи – общо дневно количество дъжд, сняг и градушка, измерено като височина на воден стълб в mm на 1 m<sup>2</sup> – GRID данни в NetCDF-4 формат v1.4, в проекционни географска ширина и дължина с покритие за Европа, с хоризонтална разделителна способност 0,1° × 0,1° Данните са получени близо до земната повърхност, а времевата им резолюция е 1 ден. Използваните данни са за периода 2011 – 2022 г. [46].
- Данни за земно покритие с резолюция 100 m и сателитни снимки за територията на обл. Сливен, съответно от [39, 40] – тези данни са използвани за визуална оценка на територията, но не са включени директно при анализите.
- Данни за разломни нарушения и видове скали от [37] – картата е геореферирана и данните са векторизирани.
- Данни за дълбочинната хидрогеоложка подялба на България на подземни водни тела от [47 – 49].
- Данни от почвена карта на НР България, М 1 : 400 000, ГУГК – София, 1968 г. [38] и описания от Националната почвена служба [50].
- Данни от карта на геоложкия риск в България в М 1: 1 300 000, Приложение № 5 от [15] – използвани са за валидиране на получените зони, за които е определено високо ниво на риск за транспортната инфраструктура.

Изпълнените анализи с данните са описани в следващата точка.

### 3. Методология на изследването

Методологията на изследването включва четири основни стъпки, които са описани в следващите подточни.

#### 3.1. Предварителен анализ и подготовка на данните

##### 3.1.1. Предварителен анализ на данни от Регистъра на свлачищата

Първоначално са анализирани данните за свлачищата на територията на област Сливен по местоположение и описание спрямо въведените за тях атрибути. Синтезираната информация е обобщена в следващите параграфи.

В табл. 2 е представена справка за регистрираните свлачища по данни от [42] относно статуса им, геоложкия и тектонския характер и механизма на процесите [9].

**Таблица 2. Класификация на данни за свлачищата на територията на обл. Сливен по статус, геоложки и тектонски характеристики и механизъм на процесите**

Класификация на свлачищата според:	Вид	Брой	% от общия брой
статус	активни	36	56,25
	потенциални	27	42,19
	стабилизирани	1	1,56
геоложки и тектонски характеристики	асеквентни <sup>1</sup>	37	57,81
	консеквентни <sup>2</sup>	26	40,63
	некласифицирани	1	1,56
механизъм на процесите	делапсивни <sup>3</sup>	28	43,75
	детрузивни <sup>4</sup>	35	54,69
	некласифицирани	1	1,56

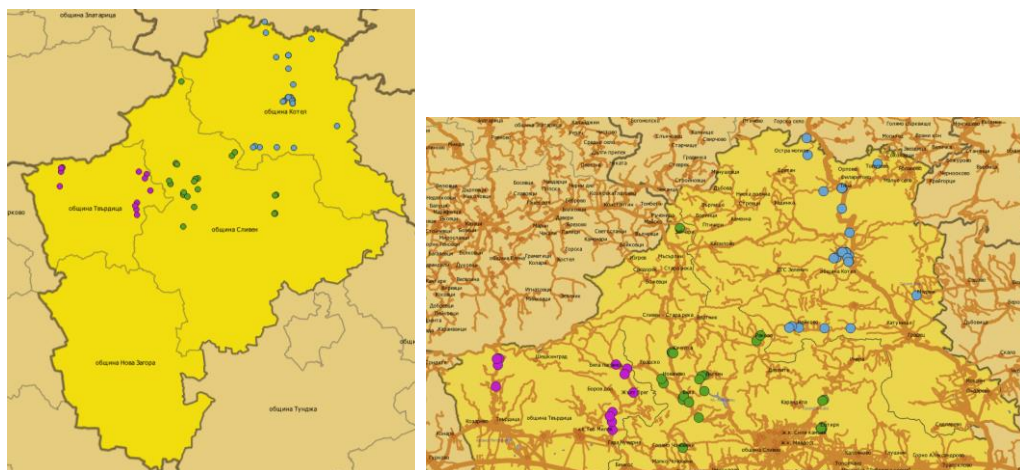
По отношение на местоположението – наблюдава се групиране на свлачищата в северната част на областта (фиг. 4). Представена е класификация на точковите обекти по общини – 13 в общ. Твърдица (групирани около път III-662 гр. Твърдица – гр. Елена и път IV-53034 с. Бяла – гара Чумерна), 24 в общ. Сливен (групирани около път II-53 Елена – Сливен, и пътищата от с. Бяла към селата Вълген, Новачево, Гавраилово, при детско селище Качулка, при път III-488 с. Градец – гр. Сливен, с. Сотиря, с. Раково и с. Зайчари) и 27 в общ. Котел (около път IV-48034 с. Катуниче – с. Нейково, път II-48 гр. Омуртаг – гр. Котел, път IV-48026 с. Тича – с. Братан, път с. Зелена Морава – с. Остра Могила, селата Топузеве и Медвен, и по периферията на гр. Котел).

<sup>1</sup> Асеквентни – свлачища, образувани в еднородни почви.

<sup>2</sup> Консеквентни – свлачища, при които свличането е по разделителните повърхнини между разнородни пластове.

<sup>3</sup> Делапсивни – свлачища, които се зараждат в долната част на склоновете, след което свлачищният процес постепенно се придвижва нагоре.

<sup>4</sup> Детрузивни – свлачища, които започват в горната част на откоса.



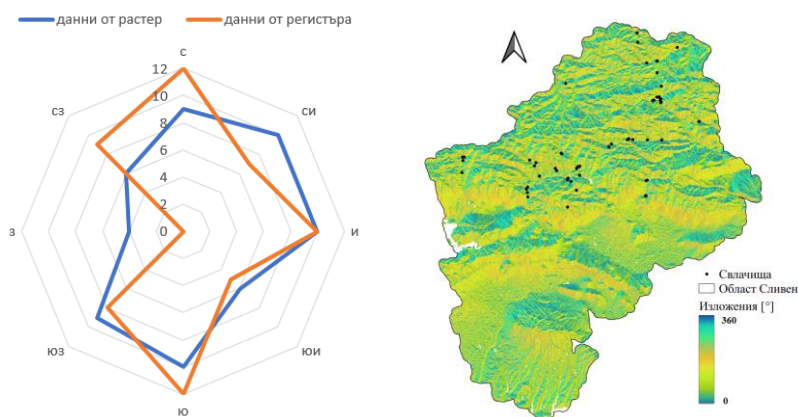
**Фиг. 4. Класификация на данни за свлачищата в обл. Сливен по общини**

Класификация на данните за свлачищата според типа на терена и наклона е представена в табл. 3.

**Таблица 3. Класификация на данните според типа на терена и наклона**

Класификация на свлачищата според:	Вид	Брой свлачища		Като % от общия брой
		по карта или др.	от регистъра	
типа на терена	речен склон		24	37,50
	планински склон		34	53,13
	овраг		2	3,13
	насип		4	6,25
наклона		от регистъра	от данните	–
	0 – 5 %	0	6	–
	5 – 10 %	0	22	–
	10 – 15 %	13	13	–
	15 – 20 %	10	13	–
	над 20 %	17	10	–
	некласифицирани	24	–	–

Според изложението както от регистъра, така и от изследването, данните показват, че има свлачища с всякакво изложение, но най-малко са тези с югоизточно и западно (фиг. 5). Данните от анализа се отнасят за точков обект, попадащ в клетка с размери 25 m и данните не са много на брой, но въпреки това пак има сравнително изразена тенденция.



**Фиг. 5. Класификация на данните за свлачищата в обл. Сливен според изложението и генерирана карта на изложението за изследваната територия**

Направена е и класификация според приблизителната надморската височина, на която са възникнали свлачищните процеси, като котите са изведени за точките от растерните данни. Установено е, че всички свлачища са възникнали на височини от 240 до 820 m и процентното разпределение на данните е от 240 до 400 m 21,88 %, от 400 до 600 m – 56,25 % и от 600 до 820 m – 21,88 %. Такива данни липсват в регистъра за сравнение.

Според годините, в които са регистрирани – преди 2000 г. – 8, между 2000 г. и 2010 г. – 18, а след 2010 г. – 38. Според месеца на регистрация – максимален брой свлачища са регистрирани през месеците февруари и март, което може да се свърже със снеготопенето в този период. По-голям брой има също през м. януари, май, юни и октомври. Данните са представени в табл. 4.

**Таблица 4. Класификация на данни за свлачищата на територията на обл. Сливен според месеца на регистрация**

Месец	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Брой регистрирани свлачища	5	11	24	1	4	5	2	2	2	6	1	1

### 3.1.2. Подготовка на векторните и растерните данни

- Векторни данни

От всички изходни данни само тези за административното деление и за свлачищата от ГИС на МРРБ са в координатна система БГС2005 Кадастрална, която в среда на ГИС се задава с EPSG код 7801.

Данните от OpenStreetMap (населени места, пътна и железопътна мрежа и хидрографски обекти) и тези от регистъра на свлачищата са в географски координати – EPSG код 4326. Направена е трансформация на тези слоеве към БГС2005 Кадастрална.

- Растерни данни

Цифровият модел на релефа е в координатна система EPSG:3035 (ETRS89-extended / LAEA Europe), а данните за земното покритие и валежите са в географски координати – всички тези растерни слоеве са трансформирани към координатна система БГС2005 Кадастрална.

Останалите растерни данни – за разломни нарушения и видове скали, за дълбочинната хидрогеоложка подялба, за подземните водни тела, почвите и геоложкия риск са геореферирани и оценени. Точността за всеки от слоевете е дадена при описанието по-долу. Качеството на някои от използваните данни по отношение на точността не е много високо, но липсват други свободно достъпни източници.

- Услуги с пространствени данни

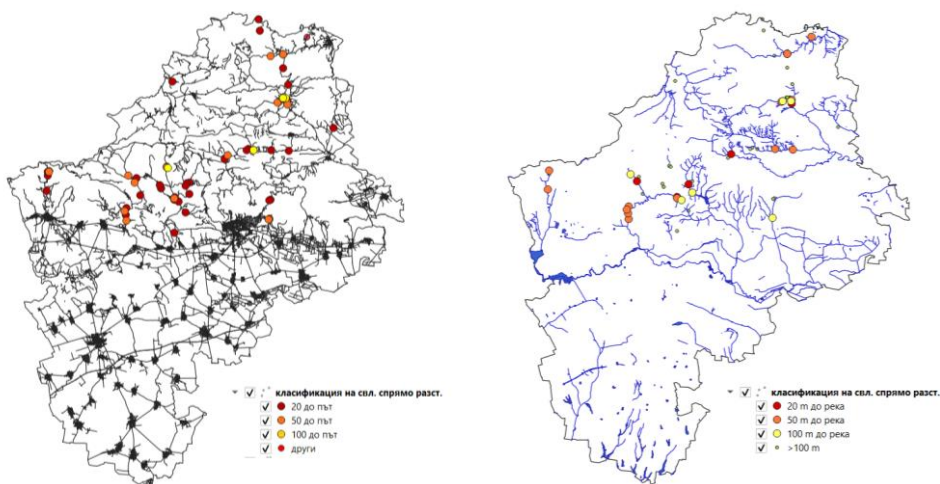
Използвани са и услуги с пространствени данни от OpenStreetMap и Google Satellite, които са заредени директно в QGIS в координатната система на проекта за визуална оценка на местата на свлачищата.

### 3.2. Пространствено моделиране и изпълнение на анализи върху данните

След съвместяването на всички описани в т. 2.4 данни върху тях са изпълнени следните анализи:

- За пътната мрежа – създадени са буфери с отстояния 20, 50 и 100 m около пътищата и е определен броят на свлачищата в тях.
  - При буфер от 20 m в обхвата попадат 42 бр. свлачища.
  - При буфер от 50 m – 58 бр.
  - При 100 m – 63 бр.
- За хидрографските обекти – също са създадени буфери с отстояния 20, 50 и 100 m около реките и е определен броят на свлачищата в тях.
  - При буфер от 20 m в обхвата попадат 6 бр. свлачища.
  - При буфер от 50 m – 22 бр.
  - При 100 m – 28 бр.

Последното свлачище, което не попада в обхвата на буферите за пътната мрежа, е на приблизително 115 m от път. Изгледи с класифицирани данни за свлачищата спрямо отстоянието им от реки и пътища е представено на фиг. 6.



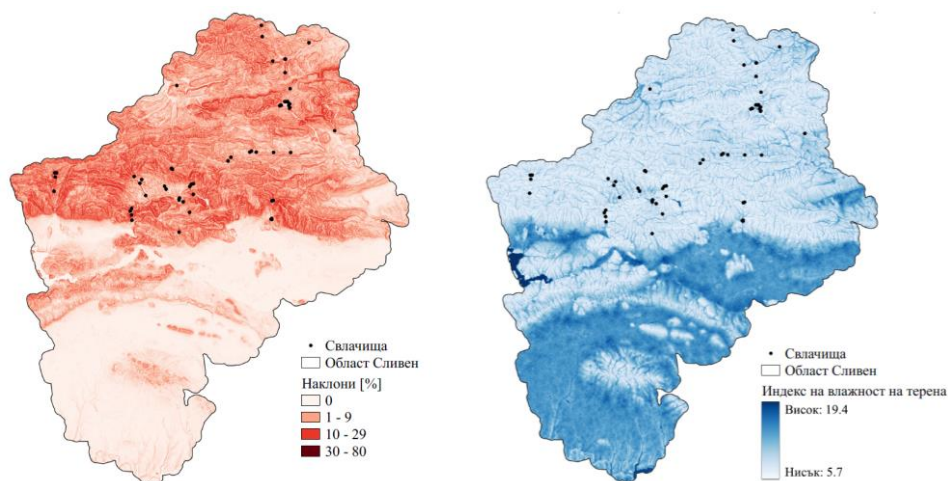
Фиг. 6. Класификация на свлачищата спрямо близостта им до пътища и реки

- За цифровия модел на релефа е направена класификация през 100 m и са изпълнени анализи за:
  - определяне на наклоните на склоновете и съпоставка с тези, въведени в регистъра – вж. т. 3.1.1. Карта на наклоните е представена на фиг. 7;
  - определяне на изложенията на склоновете и съпоставка с тези, въведени в регистъра – вж. т. 3.1.1;
  - определяне на Topographic Wetness Index (TWI), който характеризира водния отток на основата на данните за релефа.

Изчислява се по формулата:  $TWI = \frac{a}{\tan b}$ , където  $a$  е площта на

клетката на DEM файла, а  $b$  е ъгълът на наклона в радиани. Този индекс е широко прилаган при подобни анализи и е използван в [21 – 25, 28], вкл. и от български автори [52]. Изчисленията са направени със съответния SAGA-GIS модул в среда на QGIS.

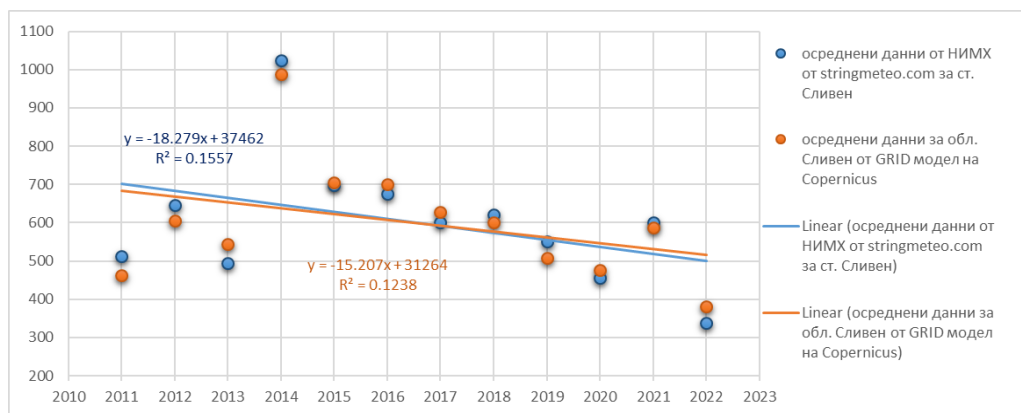
За данните, които са обект на изследване, е получено, че всички свлачища са в диапазон от стойности между 6 и 14, а общо получените стойности от DEM файла на цялата област Сливен са в интервала от 2 до 20. Карта на индекса за задържане на влага е представена на фиг. 7.



**Фиг. 7. Данни за наклоните на склоновете и индекса на терена за задържане на влага**

- За данните за валежи – \*.nc файлът е конвертиран в многоканален Geotiff, а дневните количества за периода 2011 – 2022 г. са обобщени по месеци и години, като е направено обединение на съответните канали на растера. За цялата област данните са осреднени и са сравнени с данните от ст. Сливен на НИМХ, взети от [53] – получените разлики са в рамките на +/-50 mm на годишна база. Направен е анализ на данните по месеци и години за установяване на тренда на количествата валежи. Установено е това, че на годишна база през периода за ст. Сливен и за територията на цялата област количествата на валежите намаляват (фиг. 8), но се наблюдават високи стойности на средните количества през месеците март, май, юни, октомври

и декември (табл. 4). В [54] е представен анализ, в който е установена умерена корелация между броя свлачища и количествата валежи на годишна база. Периода на настоящото изследване (2014 г.) е тази с максимални количества на валежите, но реално в регистъра тогава няма заведени никакви нови данни. За 2015 г. в обл. Сливен общо количествата на валежите са приблизително 700 mm и това е годината, в която има регистрирани 22 свлачища в северната част на областта, от които през месеците февруари, март, май и юни – 18. За останалите години от регистъра има въведени най-много 8 свлачища през 2005 г., така че трудно може да се изведе някаква зависимост.

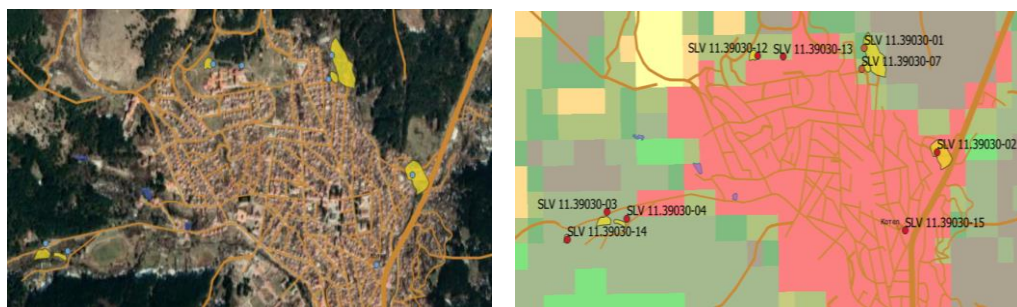


**Фиг. 8. Общи средни годишни количества на валежите в mm/m<sup>2</sup> за територията на обл. Сливен по години**

**Таблица 4. Данни за ср. месечни количества на валежите по години за ст. Сливен**

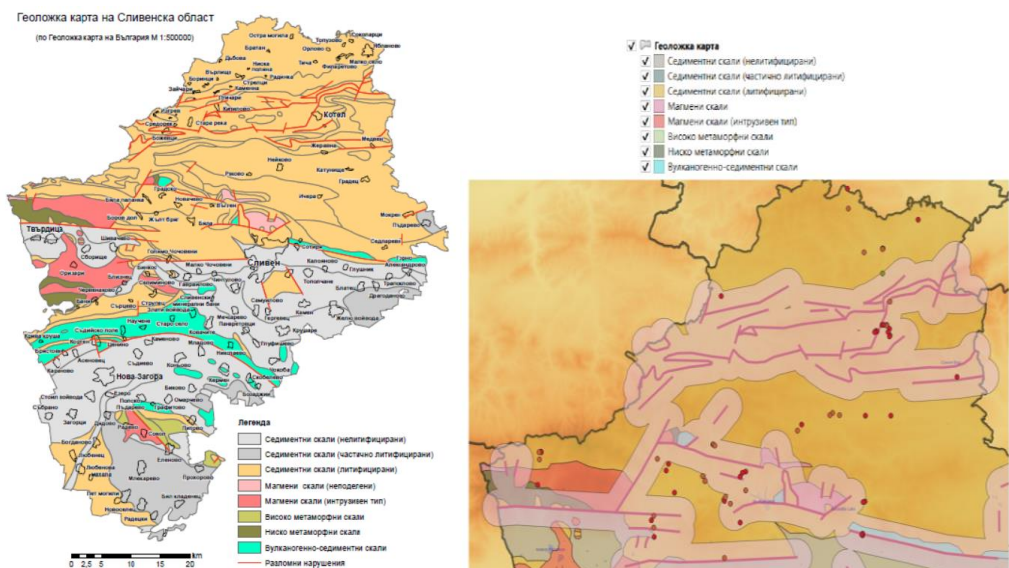
Месец Година	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Сума
2011	35	21	9	27	51	42	75	46	7	139	1	58	512
2012	93	58	9	21	201	31	1	12	33	43	25	120	645
2013	65	69	73	42	45	61	2	7	19	48	54	7	495
2014	51	4	87	36	122	182	35	65	166	90	45	141	1024
2015	31	90	73	35	71	119	4	86	59	43	87	0	697
2016	96	28	77	47	144	110	8	69	7	36	49	5	675
2017	39	29	37	40	74	37	32	14	46	127	33	95	601
2018	32	93	105	3	66	85	79	32	16	23	76	11	621
2019	57	22	7	46	64	134	88	23	34	23	46	8	551
2020	1	36	40	16	52	79	1	29	20	49	9	125	457
2021	108	47	22	89	19	68	14	26	3	102	24	80	601
2022	12	31	3	36	14	99	4	34	40	4	34	27	339
60 – 75 mm/мес.	1	1	2	0	4	3	1	2	0	0	1	1	–
над 75 mm/мес.	3	2	3	1	2	7	2	1	1	4	2	4	–

- Данните за земно покритие са с ниска резолюция и затова са използвани единствено съвместно с данни от Google Satellite за визуална оценка на територията. Установено е, че всички регистрирани свлачища са в близост до пътища или в периферията на населените места (фиг. 9).



**Фиг. 9.** Данни от сателитни снимки за земно покритие и регистрирани свлачища на територията около гр. Котел

- Данните за разломни нарушения и видовете скали са взети от [37] – картата е геореферирани и данните са векторизирани (фиг. 10). При геореферирането получената оценка на точността е 5,8 m.

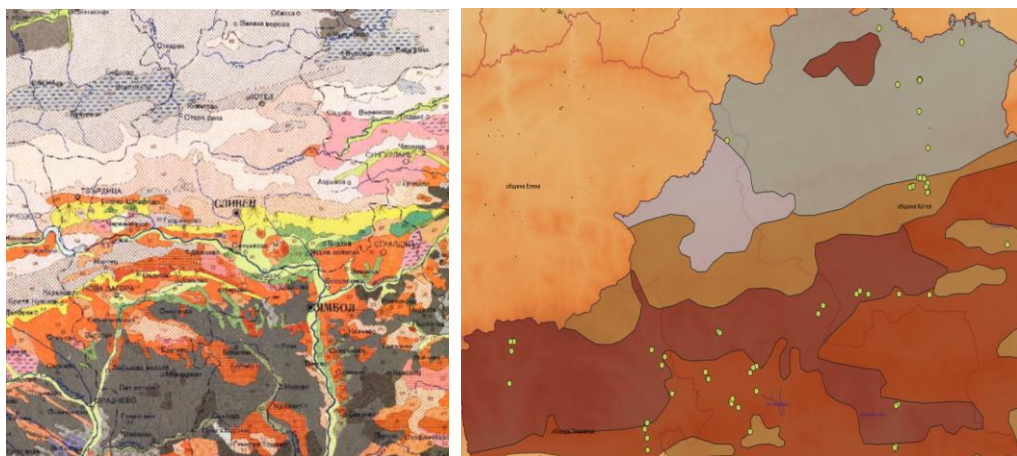


**Фиг. 10.** Геоложка карта на област Сливен [37] и векторизирани данни за анализ

По отношение на разломните нарушения са построени буферни зони с размери 1, 1,5 и 2 km. Дори в най-голямата зона попадат под 60 % от свлачищата – 37 бр.

Що се отнася до сечението с данните за видовете скали – 58 свлачища попадат върху седиментни литифицирани скали, а останалите 5 са върху седиментни нелитифицирани и ниско метаморфни скали.

- Картата на дълбочинната хидрогеоложка подялба на България [48] е геореферирана и са векторизирани данните за територията на обл. Сливен. Тук трудно може да се говори за висока точност, тъй като данните са на лист А4, но все пак са добавени към изследването. В [49] е представен системен подход за йерархичната стратификация на подземната хидросфера и на територията на България се отделят 7 подземни водоносни мегасистеми от пети хидрострат, които се определят от границите на макросистемите в тях. Това представяне е статична абстракция към определен момент на хидросферата, която по своята същност е динамична система. Област Сливен попада на територията на 5 от тези водоносни мегасистеми – 1. Долнодунавска артезианска област, 2. Бургаска адартезианска област, 4. Балканидна нагъната хидрогеоложка област, 5. Южнобългарска субартезианска област и 6. Сакар-Странджанска нагъната хидрогеоложка област. Свлячищните процеси са регистрирани в първите три от тях, съотв. 29 в област 1, 29 в област 2 и 6 в област 4. По данни от [50] на територията на областта има общо 16 подземни водни тела (ПВТ), като водите в тях са карстови, пукнатинни и порови. Свалени са данни от басейнови дирекции Дунавски и Черноморски регион за номерата и границите на ПВТ, но предвид това, че се застъпват и са на различни нива (по периоди), то трудно може да се определят адекватни коефициенти за анализа, затова на този етап не са използвани. Необходима е и консултация със съответен специалист.
- Почвената карта в М 1 : 400 000 [38] е геореферирана с точност от порядъка на 52,3 m, след което данните за отделните видове почви са векторизирани като полигони с атрибути (фиг. 11). Направена е класификация на свлячищата, съобразно вида на почвите, върху които попадат.



**Фиг. 11. Почвена покривка на територията на обл. Сливен [38] и данни за свлячищата**

В табл. 5 са представени резултатите от направената класификация и е дадено кратко описание за видовете почви според [55].

**Таблица 5. Класификация на свлачищата според видовете почви**

№ по ред	Видове почви	Кратко описание на вида	Брой свлачища	% от общия брой
1	<b>Канелени горски с рендзини</b>	Разпространени предимно в Ю. България, в региони с предимно хълмист релеф, осигуряващ добър дренаж. Рендзините са плитки почви, които включват скални късове от твърди карбонатни скали.	10	15,63
2	<b>Светлосиви горски псевдоподзолисти</b>	Спадат към планосолите, които са разпространени в сезонно повърхностно преовлажнявани терени. Текстурната диференциация на профила е много голяма.	12	20,31
3	<b>Кафяви горски</b>	Те се класифицират като камбисоли и са главният почвен тип и в планинските райони на нашата страна. Кисели почви със слабо натрупване на глина в преходните хоризонти.	18	28,13
4	<b>Силно излужени до слабо оподзолени канелени горски</b>	Класифицират се като лесивирани почви в условията на добър дренаж и интензивно селскостопанско използване със забележимо негативно антропогенно въздействие, проявено преди всичко в интензивната им ерозия	23	35,94

### 3.3. Избор на параметри и определяне на рискови участъци

Определянето на рисковите участъци от пътната инфраструктура (тяхното местоположение) по отношение на възникването на свлачищни процеси е направено чрез комбиниране на анализирани по-горе фактори, така че да се определи общото ниво на риска. Комбинирането на факторите е направено чрез използване на коефициенти, изведени на базата на честотата на миналите събития.

Всички векторни данни са конвертирани към растр и са рекласифицирани, като за съответните зони са зададени подобрите коефициенти, показани в табл. 6.

**Таблица 6. Избрани стойности на параметрите за анализ и определяне на рисковите участъци**

№ по ред	Параметър	Избрани стойности
1	<b>Близост до пътища</b>	Избран е буфер с размери 120 m и стойност на параметъра в обхвата 1, а извън него 0
2	<b>Близост до реки</b>	Избран е буфер с размери 150 m и стойност на параметъра в обхвата 0,5, а извън него 0
3	<b>Надморска височина</b>	От 200 до 400 m – 0,2, от 400 до 600 m – 0,6 и от 600 до 900 m – 0,2

№ по ред	Параметър	Избрани стойности
4	<b>Наклони</b>	От 0 до 5 % – 0,1, от 5 до 20 % – 0,7 и над 20 % – 0,2
5	<b>Изложения</b>	От 0° до 125°, от 145° до 260° и от 280° до 360° – 0,8 От 125° до 145° и от 260° до 280° – 0,2
6	<b>Индекс на влажност на терена</b>	От 6 до 14 – 1, а за всички останали стойности – 0
7	<b>Близост до разломи</b>	За разстояния от 2 km – 0,6, а за останалата територия 0
8	<b>Видове скали</b>	За седиментни литифицирани скали 0,9, а за всички останали 0,1
9	<b>Хидрогеол. мегасистема</b>	За област 1 и 2 по 0,45, а за област 4 – 0,1
10	<b>Почвена покривка</b>	Канелени горски почви с ренджини – 0,15 Светлосиви горски почви псевдоподзолисти – 0,2 Кафяви горски почви – 0,3 Силно излужени до слабо оподзолени канелени горски почви – 0,35

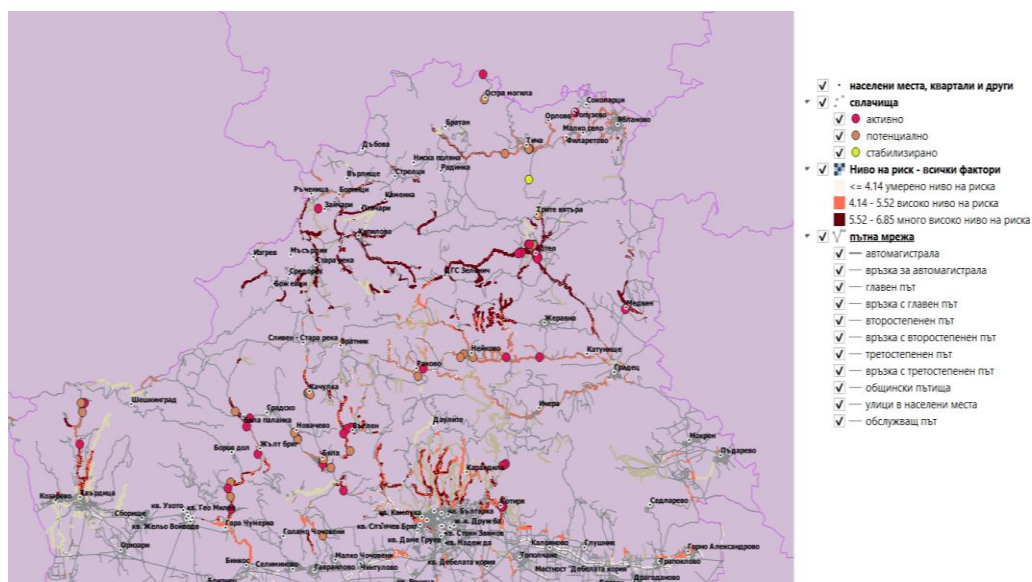
Стойностите от клетките на растерите са сумирани с използване на т.нар. растер калкулатор в ГИС среда, след което данните са стилизирани и онагледени. Максималната възможна сума  $S$  от избраните параметри е 6,9 и спрямо нея са изчислени нивата на риска. Класификацията им е предвидено да бъде направена в 5 категории – 0 – 20 % от  $S$  ниско ниво на риск, 20 – 40 % от  $S$  умерено ниво на риск, 40 – 60 % от  $S$  средно ниво на риск, 60 – 80 % от  $S$  високо ниво на риск, 80 – 100 % от  $S$  много високо ниво на риск.

Тъй като целта на анализа е определяне на риска за пътната инфраструктура, то като базов при сумирането на факторите е използван растеризираният слой на буферната зона с размер 120 m около пътната мрежа.

### 3.4. Обобщение и валидиране на получените резултати

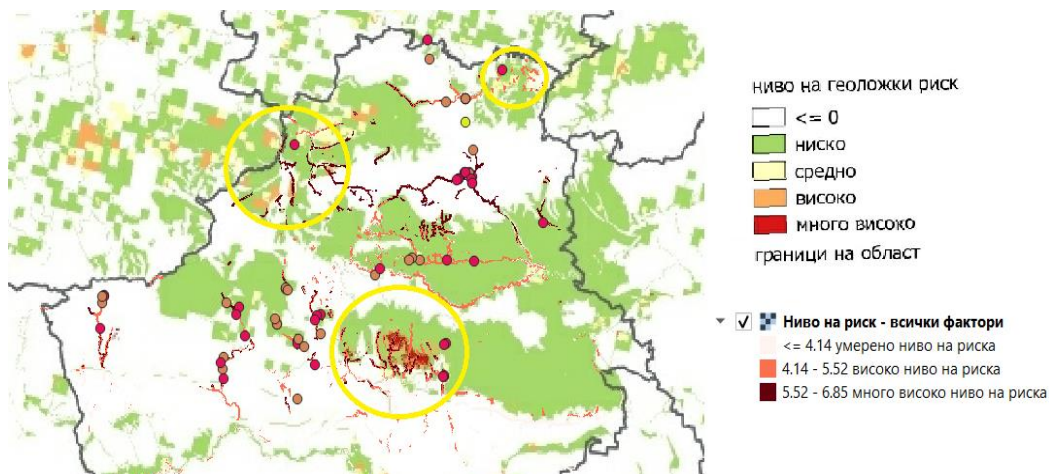
След сумиране на изброените по-горе фактори с използване на посочените в табл. 6 коефициенти е получен един резултатен растерен слой. Стойностите на този растер са в граници от 3,85 до 6,85, като са класифицирани в три категории спрямо приетите в предишната подточка граници (в първите две категории липсват стойности).

На фиг. 12 е представено обобщение на получените резултати. Високо и много високо ниво на риска от възникване на свлачищни процеси е получено за следните участъци от пътната мрежа: гр. Твърдица – гр. Елена (Твърдишки проход), гр. Сливен – гр. Елена (пр. Вратник – при вак. с-ще Качулка и при с. Стара река, вкл. отклонението към с. Ръченица), гр. Котел – гр. Омуртаг (Котленски проход), гр. Котел – с. Градец, с. Бяла – с. Въглен, с. Бинкос – г. Чумерна – с. Бяла Паланка, г. Чумерна – с. Шивачево, северно от Сливен към Карандила, с. Сотирия – с. Тополчане, с. Градец – с. Ичера – с. Раково, с. Катунисце – с. Нейково и разклоненията северно от този път, гр. Котел – ДГС Зеленич, с. Братан – с. Тича – с. Ябланово и отклоненията към с. Топузево и с. Орлово, пътища и улици в периферията на село Ябланово, пътищата около селата Боринци, Птичари, Каменна, път при с. Медвен.



**Фиг. 12. Визуализация на получените резултати – изведени пътни участъци с високо и много високо ниво на риска от възникване на свлачищни процеси**

На фиг. 13 е представена съпоставка на получените резултати с данните от картата на геоложкия риск. В 3 зони (маркирани с жълто на фигурата) е получено по-високо ниво на съответствие, но в останалите изведени места има и значителни разлики.



**Фиг. 13. Съпоставка на получените резултати с данните от картата на геоложкия риск**

За местата, различни от оградените с жълто, с малки изключения, са изведени пътни участъци в близост до сега наличните вече регистрирани свлачища, както и подобни на тях, което е логично, предвид това, че критериите са подбрани на база наличните данни, затова за валидиране на резултатите и оценка в бъдеще може да се използват данни за нови настъпили събития.

## 4. Заключение

Настоящото изследване показва начин, по който може да се изследва рискът от настъпване на свлачищни процеси, които да повлияят негативно на пътната инфраструктура. Възникването на свлачища е анализирано както по време, така и по местоположение, но данните са твърде малко, за да може да се анализират съвместно както във времето, така и в пространството.

- По отношение на времето на възникване на свлачищата – рискови са месеците февруари, март, май, юни и октомври, като най-голям е рискът през м. март.
- По отношение на местоположението са изследвани 10 фактора, приети като параметри на риска и за всеки от тях на базата на честотен анализ на данните за регистрираните вече свлачища са изведени коефициенти, чрез които да се отчете тяхното влияние. Анализът показва, че от голямо значение са геоложките, топографските и други характеристики на територията, като в повечето случаи има изразени тенденции, въпреки малкия обем на извадката с данни, но ключова се оказва дейността на човека, предвид това, че всички регистрирани свлачища в област Сливен са в близост до пътища или в периферията на населените места,

Основен проблем на изследването се оказва намирането на адекватни, актуални и точни свободно достъпни векторни и/или растерни данни за територията не само за област Сливен, но и за страната като цяло. Тук е мястото да се отбележи и това, че създадената база данни по проекта е с обем над 19 ГБ, въпреки че данните не са с висока резолюция – напр. данните за релефа и всички производни на него са с размер на клетката 25 × 25 m. От тази гледна точка резултатите от направения анализ може да се разглеждат като ориентир за местата, които са рискови и следва да се изследват допълнително в по-малък обхват и с по-високо ниво на детайлност.

## Благодарности

Изследванията на авторите за настоящата статия са изпълнени в рамките на дисциплината Пространствени бази данни за спец. „Геоинформационни системи“ към ГФ на УАСГ и въз основа на работата по проект „Въздействие на климатичните промени върху транспортната инфраструктура в България – идеен подход за оценка на потенциалното влияние за постигане на устойчивост и безопасност на елементи от транспортния сектор“ към ЦНИП при УАСГ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Vazdeystvie na klimatichnite promeni varhu transportnata infrastruktura v Bulgaria – ideen podhod za otsenka na potentsialnoto vliyanie za postigane na ustoychivost i bezopasnost na elementi ot transportnia sektor. Proekt kam TsNIP, UASG.
2. Natsionalnata Strategia za adaptatsia kam izmenenieto na klimata i Plan za deystvie. <https://www.strategy.bg/StrategicDocuments/View.aspx?lang=bg-BG&Id=1294>.
3. MRRB. Metodika za otsenka na geolozhka risk. Dekemvri, 2014 g., <http://gis.mrrb.government.bg/KGR/00%20Metodika/Metodika%20za%20ocenka%20na%20geolozhki%20risk.pdf>.

4. MRRB. I Etap ot izrabotvane na analiz, otsenka i kartografirane na geolozhkia risk: Analiz i otsenka na geolozhkia risk 04.2016 g., <http://gis.mrrb.government.bg/KGR/01%20etapi/Etap%201/Анализ%20и%20оценка%20на%20геоложкия%20риск.pdf>.
5. *Bruchev, I.* Opasni geolozhki protsesi na teritoriyata na Republika Bulgaria – uslovia, faktori, geozashtita. Balgarska akademia na naukite, Inzhenerna geologia i hidrogeologia, br. 32, Sofia, 2018, [https://igh-bg.com/Vol/Vol\\_32\\_2018/7\\_Bruchev.pdf](https://igh-bg.com/Vol/Vol_32_2018/7_Bruchev.pdf).
6. *Tsenkov, Ts.* Otsenka na izpolzuvaneto na geodezicheski metodi pri izsledvane na svlachishta, abrazia i erozia. Spisanie na Balgarskoto geologicheskoto druzhestvo ISSN 0007-3938 (LIV, 1, 1993, s. 113 – 119), [https://bgd.bg/REVIEW\\_BGS/REVIEW\\_BGD\\_1993\\_1/Pdf/12\\_Tsenkov.pdf](https://bgd.bg/REVIEW_BGS/REVIEW_BGD_1993_1/Pdf/12_Tsenkov.pdf).
7. *Ivanov, R., Babunska-Ivanova, N.* Optimalna GPS mreza za nablyudenie na svlachishta. Sp. Mehanika Transport Komunikatsii ISSN 1312-3823 broy 3, 2008 g. statia № 0272, [https://www.researchgate.net/publication/324006268\\_Optimal\\_GPS\\_network\\_for\\_monitoring\\_of\\_landslides\\_in\\_Bulgarian](https://www.researchgate.net/publication/324006268_Optimal_GPS_network_for_monitoring_of_landslides_in_Bulgarian).
8. *Angelov, A.* Avtomatizirani sistemi za nablyudenie na deformatsionni protsesi, svlachishta i hvostohranilishta. Sp. Minno delo i geologia, br. 3 – 4 ot 2022 g, [https://mdg-magazine.bg/wp-content/uploads/2022/04/BR3\\_4\\_22web.pdf#page=57](https://mdg-magazine.bg/wp-content/uploads/2022/04/BR3_4_22web.pdf#page=57).
9. MRRB. Naredba № 12 ot 3 yuli 2001 g. za proektirane na geozashtitni stroezhi, sgradi i saorazhenia v svlachishtni rayoni. <https://lex.bg/bg/laws/ldoc/-549156351>.
10. *Gikov, A., Spiridonov, H., Zhelev, G.* Izsledvane na svlachishtnite protsesi mezhdu selata Ustren i General Geshevo, Iztochni Rodopi SES 2010 Sixth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY, 2 – 4 November 2010, Sofia, Bulgaria, [http://space.bas.bg/SES/archive/SES%202010\\_DOKLADI/4\\_Ecology%20and%20Risk%20Management/12\\_Gikov.pdf](http://space.bas.bg/SES/archive/SES%202010_DOKLADI/4_Ecology%20and%20Risk%20Management/12_Gikov.pdf).
11. *Nikolov, Iv.* Opredelyane strukturni elementi na svlachishte vaz osnova na GNSS izmervania, sp. Geomedia, publikovano na septemvri 27, 2016 g, <https://www.geomedia.bg/geodesia/opredelyane-strukturni-elementi-na-sv-2/>.
12. *Atanasova, M., Nikolov, Hr.* Investigation of “Thracian cliffs” landslide by radar interferometry XXX International symposium on modern technologies, education and professional practice in geodesy and related fields, Sofia, 04 – 06 November 2020, <https://symp2020.geodesy-union.org/wp-content/uploads/2020/11/VII.3.-Свлячище-Тракийски-скали-с-радарна-интерферометрия-М.Атанасова-Х.Николов.pdf>.
13. *Shtereva, Kr., Gospodinov, Sl., Stoynev, St.* Deformatsionen analiz na svlachishtni protsesi po danni ot geodezicheski izmervania, sp. Minno delo i geologia, br. 5 – 6 ot 2021 g, [https://mdg-magazine.bg/wp-content/uploads/2021/07/BR5\\_6\\_21web.pdf#page=44](https://mdg-magazine.bg/wp-content/uploads/2021/07/BR5_6_21web.pdf#page=44).
14. Naredba za usloviyata, reda i organite za izvarshvane na analiz, otsenka i kartografirane na riskovete ot bedstvia ot 02.11.2012 g. <https://lex.bg/laws/ldoc/2135819583>.
15. GIS na MRRB, Analiz, otsenka i kartografirane na geolozhkia risk <http://gis.mrrb.government.bg/KGR/>.
16. *Gikov, A.* Izpolzване na distantsionni danni za izuchavane na svlachishta (na primera na svlachishteto pri General Geshevo – Iztochni Rodopi). Sixth Scientific Conference with International Participation Space, Ecology, Safety, 2 – 4 November 2010, Sofia, Bulgaria, [http://www.spacesolar.bas.bg/SES/archive/SES%202010\\_DOKLADI/3\\_Remote%20Sensing/9\\_Gikov.pdf](http://www.spacesolar.bas.bg/SES/archive/SES%202010_DOKLADI/3_Remote%20Sensing/9_Gikov.pdf).
17. *Naydenova, V.* Vizualna interpretatsia i kartografirane na svlachishta po satelitni danni sas svrahvisoka prostranstvena razdelitelna sposobnost Seventh Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY, 29 November – 1 December 2011, Sofia, Bulgaria, [https://www.researchgate.net/publication/331773188\\_Vizualna\\_interpretacia\\_i\\_kartografirane\\_na\\_svlacisa\\_po\\_satelitni\\_danni\\_ss\\_svrhvisoka\\_prostranstvena\\_razdelitelna\\_sposobnost](https://www.researchgate.net/publication/331773188_Vizualna_interpretacia_i_kartografirane_na_svlacisa_po_satelitni_danni_ss_svrhvisoka_prostranstvena_razdelitelna_sposobnost).

18. *Petkova, V., Sarova, Sv. i dr.* Prostranstveni GIS sloeve na zoni s povishen risk ot svlachishta za projekt „Upravljenie na riska ot prirodni i antropogeni svlachishta v gratsko-balgarski transgranichen region ”RISKLIDES“, Tenth Anniversary Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY, 12 – 14 November 2014, Sofia, Bulgaria, [http://space.bas.bg/SES/archive/SES%202014\\_DOKLADI/4\\_Ecology/6\\_Petkova.pdf](http://space.bas.bg/SES/archive/SES%202014_DOKLADI/4_Ecology/6_Petkova.pdf).
19. *Ivanov, Pl., Dobrev, N. et. al.* Assessment of landslide hazard in Bulgaria using GIS. Proceedings Vol. 1, 8-th International Conference on Cartography and GIS, 2020, Nessebar, Bulgaria, [https://iccgis2020.cartography-gis.com/8ICCGIS-Vol1/8ICCGIS\\_Proceedings\\_Vol1\\_\(32\).pdf](https://iccgis2020.cartography-gis.com/8ICCGIS-Vol1/8ICCGIS_Proceedings_Vol1_(32).pdf).
20. *Regmi, A. D., Agrawal, N.* A simple method for landslide risk assessment in the Rivière Aux Vases basin, Quebec, Canada, Progress in Disaster Science, Volume 16, December 2022, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4043297>.
21. *Sonker, I., Nath, J., Swarnim, T.* Remote sensing and GIS-based landslide susceptibility mapping using frequency ratio method in Sikkim Himalaya, Quaternary Science Advances, Volume 8, 2022, ISSN 2666-0334, <https://doi.org/10.1016/j.qsa.2022.100067>.
22. *Ali, S. A., Parvin, F., Vojteková, J. et. al.* GIS-based landslide susceptibility modeling: A comparison between fuzzy multi-criteria and machine learning algorithms, Geoscience Frontiers, Volume 12, Issue 2, 2021, Pages 857 – 876, ISSN 1674-9871, <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.09.004>.
23. *Xia Liheng, Jianglong Shen.* GIS-based landslide susceptibility modeling using data mining techniques Front. Earth Sci., 23 June 2023, Sec. Geohazards and Georisks, Volume 11 – 2023, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2023.1187384/full>.
24. *Hoa, Pham V., Nguyen Quang Tuan, et. al.* GIS-based modeling of landslide susceptibility zonation by integrating the frequency ratio and objective–subjective weighting approach: a case study in a tropical monsoon climate region, Front. Environ. Sci., May 2023, Sec. Environmental Informatics and Remote Sensing, Volume 11, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2023.1175567/full>.
25. *Addis, A.* GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping Using Frequency Ratio and Shannon Entropy Models in Dejen District, Northwestern Ethiopia, Journal of Engineering, 2023, Hindawi, <https://doi.org/10.1155/2023/1062388>.
26. *Shahabi, H., Hashim, M.* Landslide susceptibility mapping using GIS-based statistical models and Remote sensing data in tropical environment. Sci Rep 5, 9899 (2015), <https://doi.org/10.1038/srep09899>.
27. *Zhao, P., Masoum, Z., Kalantari, M. et. al.* A GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping and Variable Importance Analysis Using Artificial Intelligent Training-Based Methods, Remote Sensing, 2022, Vol. 14, Issue 1, <https://doi.org/10.3390/rs14010211>.
28. *Gui, J., L. Rafael Alejano, Yao, M. et. al.* GIS-Based Landslide Susceptibility Modeling: A Comparison between Best-First Decision Tree and Its Two Ensembles (BagBFT and RFBFT) Remote Sens. 2023, 15(4), 1007, <https://doi.org/10.3390/rs15041007>.
29. Oblastna administratsia Sliven – Nachalo Geografia, <https://regionsliven.com/geografia>.
30. Statisticheski danni/Regionalna statistika i pokazateli za monitoring/Regionalna statistika/Oblast Sliven, <https://www.nsi.bg/bg/content/11424/област-сливен>.
31. Danni za klimat na obsht. Tvarditsa, <https://www.tvarditsa.org/section-151-content.html>.
32. Danni za klimat na obsht. Sliven, <https://mun.sliven.bg/klimat>.
33. Danni za klimat na obsht. Kotel, <https://kotel.bg/geografaska-harakteristika/>.
34. Danni za klimat na obsht. Nova Zagora, <https://www.nova-zagora.org/nature>.
35. Danni ot web stranitsata na regionalna biblioteka „Sava Dobroplodni“ – Sliven/Oblast Sliven, [http://reglibsliven.iradeum.com/sliven/region\\_sliven\\_1\\_bg.htm](http://reglibsliven.iradeum.com/sliven/region_sliven_1_bg.htm).

36. MRRB. II Etap ot izrabotvane na analiz, otsenka i kartografirane na geolozhka risk: Analiz i otsenka na geolozhka risk 01.2017 g., [http://gis.mrrb.government.bg/KGR/01%20etapi/Etap%202/Titul-kartirane-geol\\_risk-23\\_01\\_2017.pdf](http://gis.mrrb.government.bg/KGR/01%20etapi/Etap%202/Titul-kartirane-geol_risk-23_01_2017.pdf).
37. Organizirane i provezhdane na natsionalni prouchvania na nivata na radon v zhilishtni sgradi, Oblast Sliven, [https://radon.bg/wp-content/uploads/2020/11/Report\\_Sliven\\_2020\\_LAST.pdf](https://radon.bg/wp-content/uploads/2020/11/Report_Sliven_2020_LAST.pdf).
38. Pochvena karta na NR Bulgaria, M 1 : 400 000, GUGK – Sofia, 1965 g.
39. Danni za zemno pokritie ot Copernicus, <https://land.copernicus.eu/global/products/lc>.
40. Satelitni izobrazhenia Google Satellite, <https://earth.google.com/>.
41. Programa za namalyavane riska ot bedstvia Sliven, <https://regionsliven.com/uploads/6F76B5A5CD086F3369493F55C8262493>.
42. Registar na svlachishtata, <http://gz-varna.mrrb.government.bg/map/>.
43. Natsionalen portal za prostranstveni danni, <https://inspire.egov.bg/>.
44. OpenStreetMap data download/Europe/Bulgaria, <https://download.geofabrik.de/europe.html>.
45. European Digital Elevation Model (EU-DEM), version 1.1, <https://hub.sieusoil.eu/cat/record/basic/5e138630-dd30-476b-b045-174a0a000073>.
46. E-OBS daily gridded meteorological data for Europe from 1950 to present derived from in-situ observations, <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/insitu-gridded-observations-europe?tab=overview>.
47. *Stanev, I.* Deep hydrogeological division of Bulgaria, Review of the Bulgarian geological society, vol. 75, part 1 – 3, 2014, p. 5 – 24, [https://www.bgd.bg/REVIEW\\_BGS/REVIEW\\_BGD\\_2014/PDF/01\\_Stanev\\_BGS\\_Review\\_2014.pdf](https://www.bgd.bg/REVIEW_BGS/REVIEW_BGD_2014/PDF/01_Stanev_BGS_Review_2014.pdf).
48. *Stanev, I.* Yerarhichna stratifikatsia (klasifikatsia) na podzemnata hidrosfera, god. LII, kn. 1, 1991, [https://www.bgd.bg/REVIEW\\_BGS/REVIEW\\_BGD\\_1991\\_1/PDF/10\\_Stanev.pdf](https://www.bgd.bg/REVIEW_BGS/REVIEW_BGD_1991_1/PDF/10_Stanev.pdf).
49. Programa za opazvane na okolnata sreda 2016 – 2020 g. na „Vodosnabdyavane i kanalizatsia – Sliven“ OOD, gr. Sliven, <https://regionsliven.com/uploads/11C3E7B29D074B149EB67D31FF4B9A61>.
50. Natsionalnata pochvena sluzhba. <https://nationalsoils.com>.
51. *Ivanova, E., Milevski, I.* Kartografirane na svlachishtnata chuvstvitelnost na teritoriyata na obshtinite Pehchevo i Simitli chrez modelirane v GIS. Ninth Scientific Conference with International Participation, Space, Ecology, Safety 20 – 22 November 2013, Sofia, Bulgaria, [http://www.space.bas.bg/SES/archive/SES%202013\\_DOKLADI/4\\_Ecology/6\\_Ivanova.pdf](http://www.space.bas.bg/SES/archive/SES%202013_DOKLADI/4_Ecology/6_Ivanova.pdf).
52. Godishni obobshtenia na vlezhite. <https://www.stringmeteo.com/>.
53. *Ivanov, I., Ivanova, E.* Influence of precipitation on landslide activity in Southwestern Bulgaria in the context of climate change, ENGINEERING GEOLOGY AND HYDROGEOLOGY, 37, 2023, Sofia, [https://igh-bg.com/Vol/Vol\\_37\\_2023/9\\_Ivanov-IGH-2023.pdf](https://igh-bg.com/Vol/Vol_37_2023/9_Ivanov-IGH-2023.pdf).
54. *Ninov, N.* Taksonomichen spisak na pochvite v Bulgaria spored svetovnata sistema na FAO. <http://www.prokarstterra.bas.bg/geo21/2005/5-05/pp4-20.html>.

# APPLICATION OF GIS FOR RISK IDENTIFICATION AND ASSESSMENT OF THE ROAD INFRASTRUCTURE FROM THE OCCURRENCE OF LANDSLIDE PROCESSES – STUDY FOR THE TERRITORY OF SLIVEN REGION, BULGARIA

T. Ilieva<sup>1</sup>, Y. Ivanova<sup>2</sup>, K. Slavcheva<sup>3</sup>

*Keywords:* GIS, risk identification and assessment, road infrastructure, landslide processes

## ABSTRACT

The paper is focused on using the capabilities of GIS in order to determine how appropriate their application is for identification and assessment of the risk to the road infrastructure from the occurrence of landslide processes. Based on the available data for landslides and other free and open-source resources, numerous spatial analyses have been performed on different layers and parameters have been derived to determine the most vulnerable sections of the road infrastructure on the territory of Sliven region. The results are classified and described in relation to the road network for the territory, and a comparison is made with the data from the risk map published with the Landslide Register. In the validation of the results, it is found that in some areas there is a higher level of compliance with the risk map, but in others there are differences, which have been further analyzed, and it is found that these are mainly the areas where landslide processes have already been registered, as well as other places that meet the same criteria.

---

<sup>1</sup> Tamara Ilieva, Chief Assist. Dr. Eng., Dept. “Geodesy and Geoinformatics”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: [ilieva\\_fgs@uacg.bg](mailto:ilieva_fgs@uacg.bg)

<sup>2</sup> Yoana Ivanova, student of Geoinformation Systems, Dept. “Geodesy and Geoinformatics”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: [gfac.5030@uacg.bg](mailto:gfac.5030@uacg.bg)

<sup>3</sup> Katrin Slavcheva, student of Geoinformation Systems, Dept. “Geodesy and Geoinformatics”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: [gfac.5040@uacg.bg](mailto:gfac.5040@uacg.bg)