



**ЗРГИМ**  
Здружение на  
рударски и  
геолошки инженери  
на Р. Македонија

## XIV<sup>TO</sup> СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

Технологија на подземна и површинска експлоатација на  
минерални сировини

# ПОДЕКС – ПОВЕКС '23

Охрид  
06 – 08. 10. 2023 год.

## НЕКОИ СЕИЗМИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ОХРИДСКО-ПРЕСПАНСКИОТ РЕГИОН

**Катерина Дрогрешка<sup>1</sup>, Љубчо Јованов<sup>1</sup>, Јасмина Најдовска<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Сеизмолошка Опсерваторија, Природно-Математички Факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија

**Апстракт:** Еден од сеизмички најактивните региони на територијата на Република Северна Македонија, се протега во нејзините југозападни делови. Во склоп на овој регион, со меридијален правец на протегање, постојат одделни сеизмички зони со сопствени особености на сеизмичноста. Зоната што ја опфаќа истражуваниот полигон - пошироката околина на Струга – Охрид, западните делови на Преспанско Езеро и Подградец, ја именуваме како Охридско-Преспански регион. Оваа зона не само што се карактеризира со изразена локална сеизмичка активност, туку е изложена и на сеизмички дејства од поблиски или од подалечни сеизмички жаришта од сите страни. Предмет на ова истражување е да се даде преглед на просторно временската карактеристика на сеизмичноста на Охридско-Преспанскиот регион, како и дефинирање на изворите на автохтоните земјотреси - активни раседни дислокации во именуваниот регион, за временскиот период од 1901–2022 г., чија анализа ќе биде добра подлога од сеизмолошки податоци за картите на сеизмичкото зонирање на територијата на нашата држава.

**Клучни зборови:** Охридско-Преспански регион, земјотрес, расед, сеизмичка активност.

## SOME SEISMIC FEATURES OF THE OHRID-PRESPA REGION

**Katerina Drogreška<sup>1</sup>, Ljubco Jovanov<sup>1</sup>, Jasmina Najdovska<sup>1</sup>**

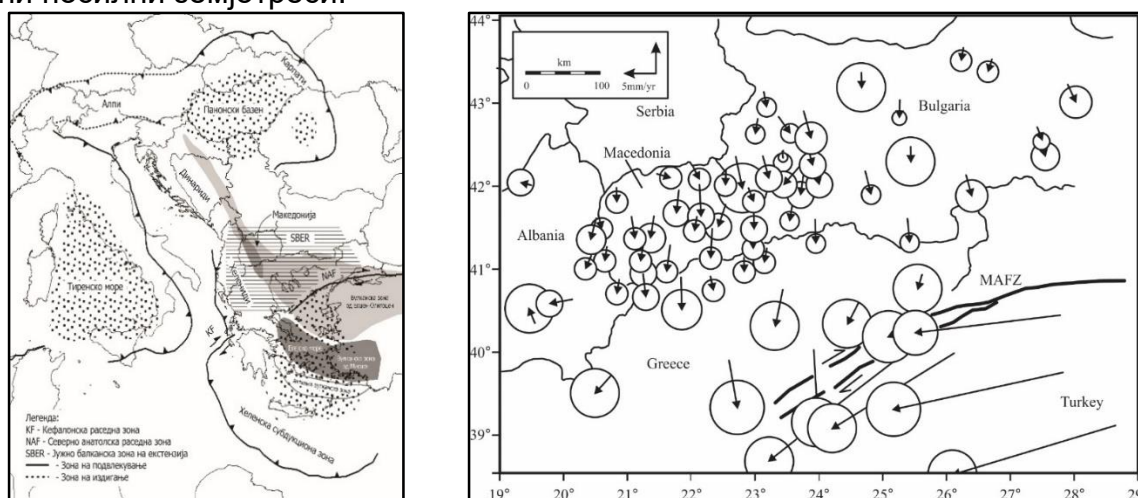
<sup>1</sup>Seismological Observatory, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Ss. Cyril and Methodius University, Skopje, North Macedonia

**Abstract:** One of the most seismically active regions on the territory of the Republic of North Macedonia, extends into southwestern parts. Within this region, with a meridional stretching direction, there are separate seismic zones with their own peculiarities of seismicity. The zone that contains the polygon of interest - the wider area of Struga – Ohrid, the western parts of Prespa Lake and Podgradec is named as Ohrid-Prespa region. This zone is characterized by significant local seismic activity, and is exposed to seismicity from closer or more distant seismic hotspots from all around. The aim of this research is to provide an overview of the spatiotemporal characteristics of the seismicity of the Ohrid-Prespa region, as well as the definition of the sources of indigenous earthquakes - active fault dislocations in the selected region, for the time period from 1901-2022, the analysis which will be a good base of seismological data for the seismic zoning maps of the territory of our country.

**Keywords:** Ohrid-Prespa seismicity region, earthquake, faults, seismic activity

## 1. ВОВЕД

Територијата на Република Северна Македонија (Р. С. Македонија), претставува комплексна геолошка, тектонска и сеизмотектонска средина, која заедно со блиските простори на Бугарија и Грција се наоѓаат во режим на таканаречена јужна екстензија [2], Слика 1а. Резултатите од GPS мерењата на брзините, Слика 1б, покажуваат дека целата територија на Македонија се движи кон југ-југоисток со брзина од 2 до 4mm годишно [1]. Интеракцијата помеѓу јужната екстензија и брзината на движењето на територијата на Р. С. Македонија е услов и потенцијал за акумулирање на енергија во сеизмичките извори, но и создавање на тектонски земјотреси, преку активирање на постари или формирање на нови раседни структури, кои се жаришта на сегашните, и можат да бидат жаришта на идни посилни земјотреси.



а) Генерализирана тектонска  
мапа на поширокиот  
Балкански регион  
(Думурџанов и соработници,  
2005)

б) Резултати од GPS мерења за Македонија  
(Бурчфил и соработници, 2006)

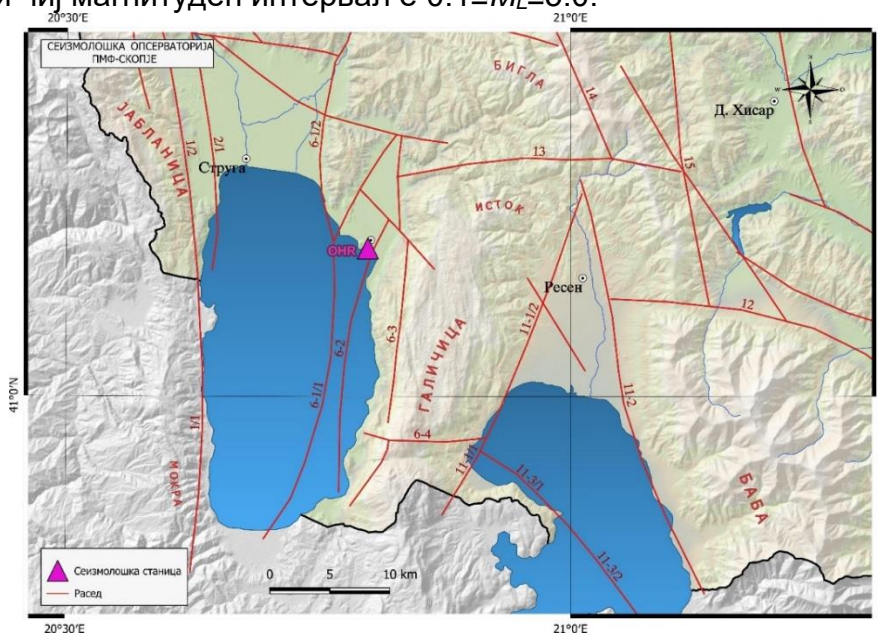
**Слика 1.** Екстензионен тектонски режим на територијата на Јужен Балкан

Разгледуваниот Охридско-Преспански регион, просторно припаѓа на Западно-македонската сеизмогена зона, југоисточниот дел од територијата на Р. С. Македонија, која е изложена на ориентацијата и брзината на движење на екстензијата, чија интеракција условува зголемена сеизмичка активност на главните раседни дислокации, носители на сеизмичката активност во овој регион: Пештанско-Петринските раседи и Преспанските раседи. Самиот регион претставува и потенцијално активна сеизмичка зона со варијабилен потенцијал за генерирање на деструктивни земјотреси. Овие раседи ги дефинираат: епицентралното подрачје Пештани-Охрид-Струга – Пештанско-Петрински раседи; епицентрално подрачје Преспа – Преспански раседи. И двете групи на раседи се дефинирани уште во раните истражувања на Сеизмолошката опсерваторија при ПМФ во Скопје, [3], Слика 2.

Пештанско–Петринските раседи (61-4) претставуваат ешалон од раседи што се протега на просторот западно од планината Галичица и Петринската Планина, односно долж источниот раб на Охридската депресија [6]. Пештанско–Петринските раседи бр.6-1 и бр.6-2 имаат контрастната манифестација на

западните падини на Петринската Планина, што се изразува во степенесто спуштени блокови. Поголемиот дел од раседот бр.6-1 се наоѓа под водите на Охридското Езеро. Раседот бр.6-3, кој е познат и како Галички расед, е контрастен контакт на современата водена акумулација на Охридско Езеро во Охридската депресија и Галичкиот блок. За овој расед не постојат параметри кои би укажале на современа сеизмичка активност, но сепак, како неотектонска дислокација учествува во современиот различен интензитет на издигање на споменатиот масив. Раседот бр.6-4 има трага на раседната рамнина со попречен правец во однос на останатите Пештанско–Петринските раседи, така што може да се каже дека сите Пештанско–Петрински раседи заедно формираат тектонски јазол [7]. Современата сеизмичка активност на овие раседи се манифестира со високо изразена сеизмичка активност, произведувајќи земјотреси чиј магнитуден интервал е  $0.1 \leq M_L \leq 6.7$ .

Преспанските раседи (111-3) се средно изразени раседи во релјефот кои претставуваат и рабни раседи на Преспанската депресија. Во западните делови на Преспанското Езеро сегменти од раседите (111) и (113) се вкрстуваат формирајќи тектонски јазол, извор на автохтони земјотреси. Преспанската депресија заедно со околните блокови е во рамномерно издигање, па поместувањата долж овие раседи не се изразити (постојаните поместувања се резултат на извесната разлика во интензитетот на издигнувањата на Преспанската депресија и околните блокови) [6]. Ова ја условува средно изразената сеизмичка активност на овие активни раседи, произведувајќи земјотреси чиј магнитуден интервал е  $0.1 \leq M_L \leq 5.0$ .



**Слика 2.** Тектонска карта на Охридско-Преспанскиот регион

## 2. ЕПИЦЕНТРАЛНИ ПОДРАЧЈА ВО ОХРИДСКО-ПРЕСПАНСКИОТ РЕГИОН

Епицентралното подрачје Пештани-Охрид-Струга го опфаќа крајниот југозападен дел од територијата на Р. С. Македонија, а се карактеризира со висока сеизмичка активност. Од геолошки аспект, тоа е област со многу расчленет релјеф, со длабоки засеци помеѓу планинските низови Јабланички блок (на запад), Галички блок (на исток) и Охридската и Струшката депресија. Дистрибуцијата на епицентрите на земјотресите е тесно поврзана со

сеизмичкото активирање на донеотектонските и неотектонските раседни структури: северните делови на Пештанско–Петринските раседи (бр.61-4) и на Јабланичкиот расед (бр.1), Сатескиот расед (бр.7) и Дримските раседи (бр.2 и бр.3). Сите овие раседи припаѓаат на Охридско-Дебарската група на раседи [7]. Според долгогодишните истражувања на Сеизмолошката опсерваторија при ПМФ во Скопје, современата сеизмичка активност на ова епицентрално подрачје е релативно висока, со различни периоди на повторување на земјотресите со локални Рихтерови магнитуди  $M_L \geq 4.0$ , додека земјотресите со  $M_L < 4.0$  се јавуваат многу почесто [5]. Историската и современата сеизмичка активност на ова подрачје е многу изразита, со појава на земјотреси со магнитуда помеѓу 6.0 и 6.7 (земјотрес со  $M_L 6.1$  се има случено во 527 г., кој го разурнал античкиот град Лихнида крај денешен Охрид; на 18.02.1911 г., во 21h 35min 18.0s UTC, се има случено земјотрес со  $M_L 6.7$ ; на 13.02.1912 г. во 08h 04min UTC – земјотрес со  $M_L 6.0$ ). Во последните десетина години, најсилниот земјотрес за разгледуваното епицентрално подрачје е земјотресот од 03.07.2017 г., 11h18min35s UTC, со вредности на географската ширина и должина на епицентарот, соодветно,  $\varphi=41.12^\circ N$ ,  $\lambda=20.87^\circ E$ , хипоцентрална длабочина од  $h=15\text{km}$ , локална Рихтерова магнитуда  $M_L 5.0$  и епицентрален интензитет  $I_0=VII$  степени според Европската макросеизмичка скала (EMS-1998). Сеизмички активните јужни делови на Пештанско-Петринските раседи и Јабланичкиот расед го дефинираат граничното епицентрално подрачје Јужен дел на Охридското Езеро, кое зафаќа делови од Р. С. Македонија и Р. Албанија [5].

Епицентралното подрачје Преспа го опфаќа крајниот југозападен дел од територијата на Р. С. Македонија, а се карактеризира со умерена сеизмичка активност. Од геолошки аспект, тоа е област со многу расчленет релјеф, со длабоки засеци помеѓу планинските низови Галички блок (на запад), Пелистерски блок (на исток) и Преспанската депресија. Дистрибуцијата на епицентрите на земјотресите е тесно поврзана со сеизмичкото активирање на донеотектонските и неотектонските раседни структури: Преспанските раседи (11) и Опенички расед (13) кои заедно припаѓаат на Пелистерско-Преспанската и Кичевска група на раседи [7].

Според долгогодишните истражувања на Сеизмолошката опсерваторија при ПМФ во Скопје, современата сеизмичка активност на ова епицентрално подрачје е умерена, со разни периоди на повторување на земјотресите со локални Рихтерови магнитуди  $M_L \geq 4.0$ , додека земјотресите со  $M_L \leq 3.0$  се јавуваат многу често [5]. Најсилниот современ земјотрес за разгледуваното епицентрално подрачје е земјотресот од 28.06.1962 г., 06h51min05s UTC, со вредности на географската ширина и должина на епицентарот, соодветно,  $\varphi=41.52^\circ N$ ,  $\lambda=20.97^\circ E$ , хипоцентрална длабочина од  $h=25\text{km}$ , локална Рихтерова магнитуда  $M_L 6.0$  и епицентрален интензитет  $I_0=VI$  EMS-1998.

### 3. СЕИЗМИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ОХРИДСКО-ПРЕСПАНСКИОТ РЕГИОН

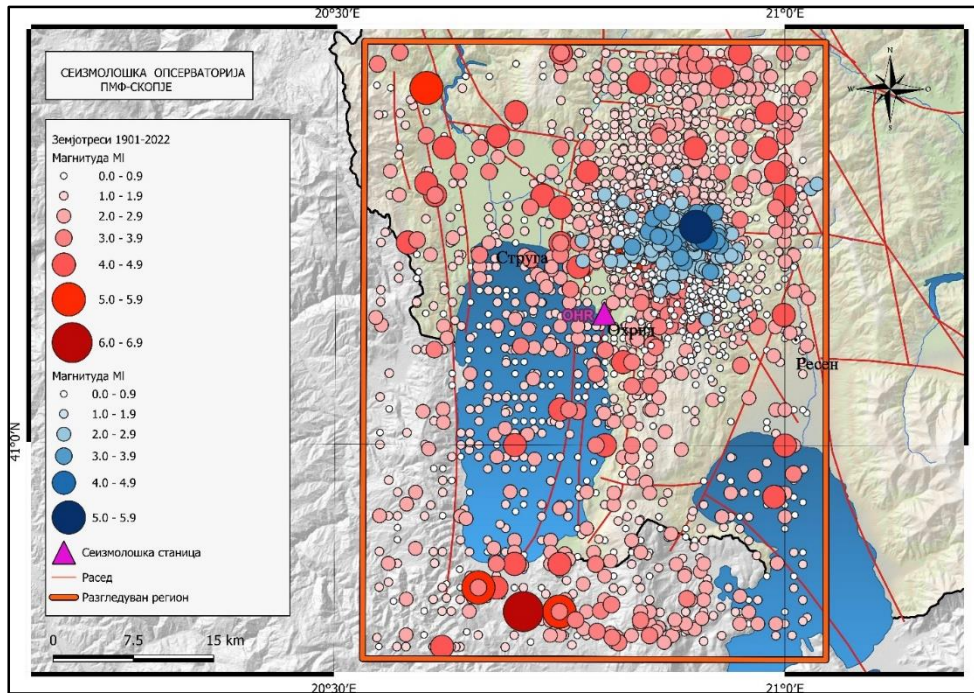
Охридско-Преспанскиот регион во целина претставува подрачје со умерено висока сеизмичка активност поврзана со современите тектонски движења кои се одвиваат долж раседните структури. Генезата на раседите е поврзана со неотектонските вертикални диференцијални движења условени од екстензионите процеси. Во овој регион, според фондовските, архивските и ракописните материјали како и инструменталните податоци, во периодот 1901-2022 се регистрирани 2234 земјотреси (Слика 3), чии магнитуди според

Рихтеровата скала се во интервалот од  $0.1 \leq M_L \leq 6.7$  [8,9]. Некои од нив се со деструктивен карактер чии жаришта се лоцирани на активните раседи и имаат проценет интензитет од IX степени според Европската макросеизмичка скала (EMS-1998); земјотресот од 18 февруари 1911 година со  $M_L 6.7$ , и епицентрален интензитет  $I_0=IX$  EMS-1998. Основните параметри на умерено-силните земјотреси чии магнитуди по Рихтеровата скала се  $M_L \geq 5.0$ , од Охридско-Преспанскиот регион, прикажани се на Табела 1.

**Табела 1.** Земјотреси во Охридско-Преспанскиот регион со  $M_L \geq 5.0$ , за временски период од 1901-2022 година

Година	Месец	Ден	Час	Мин	Сек	$\varphi$	$\lambda$	h(km)	$M_L$
Најсилни земјотреси 1901-2020 година									
1911	2	18	21	35	18	40.86	20.71	25	6.7
1906	9	28	2	30	0	40.88	20.66	25	6
1912	2	13	8	4	0	40.86	20.75	25	6
1911	2	18	21	38	0	40.86	20.75	25	5.9
1911	2	18	22	58	0	40.86	20.75	25	5.9
1911	2	18	22	59	0	40.86	20.75	25	5.9
1911	2	18	23	53	0	40.86	20.75	25	5.9
1911	2	20	15	15	0	40.86	20.75	20	5.9
1911	2	22	2	8	0	40.86	20.75	10	5.9
1911	3	9	0	0	0	40.86	20.75	20	5.6
1911	2	21	13	46	0	40.86	20.75	10	5.4
1905	4	4	10	24	41.8	41.16	20.83	25	5.3
1911	2	18	23	55	0	40.86	20.75	25	5.3
1911	2	20	3	45	0	40.86	20.75	20	5.3
1953	1	7	0	1	28	41.3	20.6	35	5.3
1911	3	5	0	40	0	40.86	20.75	20	5.1
1911	3	11	21	0	0	40.86	20.75	20	5.1
1911	6	1	14	37	0	40.86	20.75	20	5.1
1964	12	9	19	6	16.3	41.07	20.82	15	5
2017	7	3	11	18	18.31	41.12	20.87	15	5

Од анализата на просторната распределба на земјотресите како и од претходните истражувања за утврдување на планарноста на раседните површини на земјотресите за кои е идентификувана раседна рамнина во решенијата на соодветните механизми на жаришта, за земјотресите од Охридско-Преспанскиот регион, одредени се активните раседи – главни носители на сеизмичноста на овој регион: Пештанско-Петринските и Преспанските раседи [4]. Но, сепак на оваа група на раседи може да се додаде и Опеничкиот расед, кој својата висока сеизмичка активност, изразена преку слаби до умерени земјотреси во магнитуден интервал  $2.0 < M_L \leq 4.0$  ја започна со серијата на земјотреси (роеви на земјотреси) во 2017 година и повремено сеуште трае.

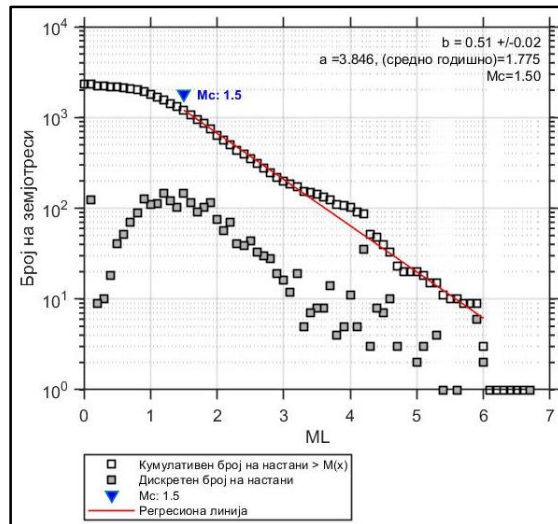


**Слика 3.** Епицентрална карта на Охридско-Преспанскиот регион за временски период 1901-2022 година

#### 4. ОСНОВНИ СТАТИСТИЧКИ АНАЛИЗИ НА СЕИЗМИЧНОСТА НА ОХРИДСКО-ПРЕСПАНСКИОТ РЕГИОН

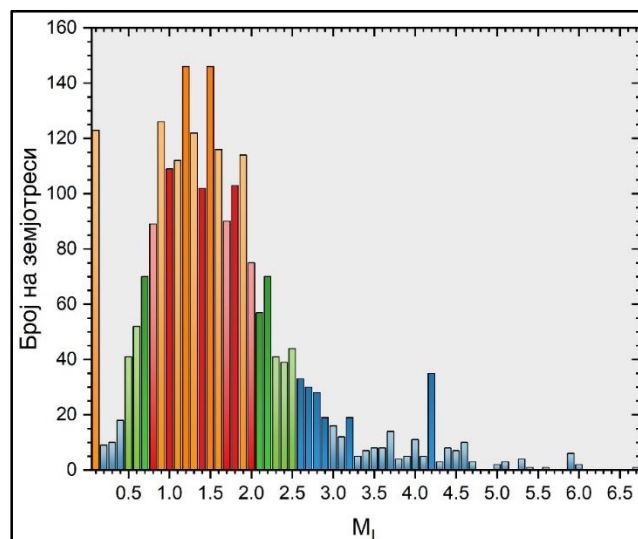
За целите на ова истражување, беа разгледувани земјотресите од погоре дефинираниот полигон, именуван како Охридско-Преспански регион. За разгледуваниот регион беше издвоен каталог на земјотресите случени во периодот од 1901-2022 година кој содржи вкупно 2234 настани со магнитуди во интервалот од  $0.1 < M_L \leq 6.7$ , и просторна распределба на епицентрите прикажана на епицентралната карта на Слика 3.

При анализата на податоците од каталогот извршени се основни статистички анализи: Гутенберг-Рихтеров закон за кумулативниот број на земјотреси по магнитуди (Слика 4), распределба на бројот на земјотреси според магнитуди (Слика 5), времето (Слика 6) и длабочината (Слика 7). Анализата на податоците од каталогот, овозможува одредување на вредност на магнитудата после која каталогот ќе го исполни условот да биде потполн по време во разгледуваниот временски период. Оваа временска хомогеност подразбира целосна застапеност на случените земјотреси за секоја магнитуда поголема од магнитудата која е земена како долна граница во анализите. За овдешниот каталог таа магнитуда е одредена како  $M_c=1.5$ , според методот на максимално закривување на кривата кумулативен број на земјотреси во однос на магнитудата или уште позната како Гутенберг-Рихтерова крива, Слика 4.



**Слика 4.** Гутенберг-Рихтеров закон за кумулативниот број на земјотреси по магнитуди

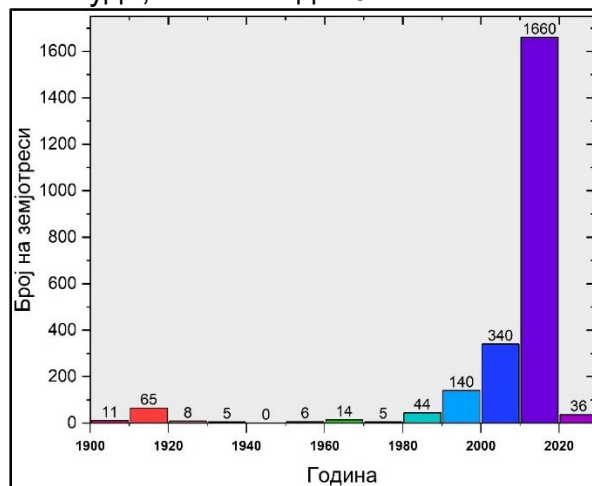
Доколку ги разгледуваме само дискретните вредности на бројот на земјотреси со одредена магнитуда, може да се воочи доминантност на земјотресите со локална Рихтерова магнитуда во интервалот  $1.0 < M_L < 3.0$  или како најбројни во овој регион се јавуваат минорните и слаби земјотреси. Вкупната распределба на земјотресите по магнитуда укажува на задоволување на природната Пуасонова статистичка распределба по која треба да се нижат земјотресите во подрачје со континуирано следење на сеизмичноста. Главниот пик на оваа определена распределба вообичаено одговара на вредноста на кумулативната магнитуда  $M_c$ , што се покажа и во овој случај (пик околу 1.5 на Слика 5).



**Слика 5.** Хистограмска распределба на број на земјотреси по магнитуда

Најголем број на земјотреси со магнитуда  $M_L \geq 0.1$  регистрирани во Охридско-Преспанскиот регион се групирани во две области, првата во јужниот дел од Охридското езеро, во пограничните делови, (само во текот на 1911 година во оваа област биле регистрирани вкупно 60 земјотреси), и втората област лоцирана во североисточните делови на градот Охрид (во оваа област во текот на 2017 година биле регистрирани роеви на земјотреси вкупно 1276). Хистограмскиот приказ на распределбата на регистрираните земјотреси во

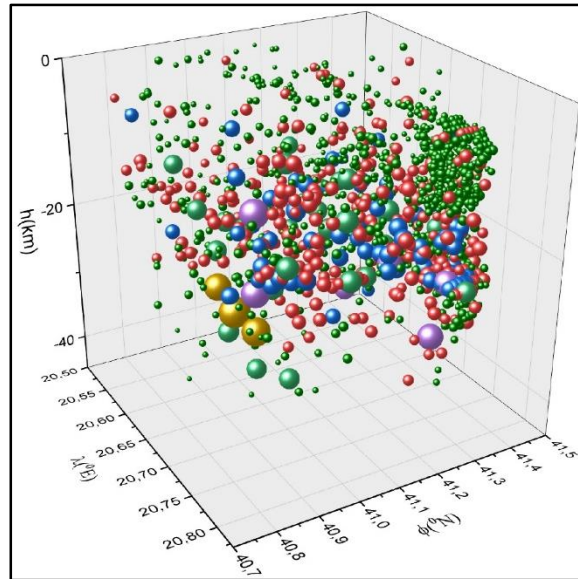
разгледуваниот период 1901-2022 година по декади, го потврдува погоре изнесенiot податок. Мора да се напомене дека податоците со кои располага Сеизмолошката опсерваторија, за случените земјотреси на територијата на Р. С. Македонија и блиските погранични подрачја, пред нејзиното отворање во 1957 година, се добиени од сеизмолошките служби во соседните земји но и од разни пишани документи (патописи, црковни извештаи и сл.), поради што податоците за овој период се значително ограничени. Секако мора да се напомене дека и сеизмографите кои биле користени во тоа време ги регистрирале само силните земјотреси, што дополнително допринесува да бројот на регистрирани земјотреси пред 1957 година биде мал (Слика 6). Меѓутоа примената на современите сеизмометри во сеизмолошката служба како и зголемувањето на бројот на сеизмолошките станици овозможува создавање на телеметриска мрежа со компјутерска аквизиција и обработка на сеизмолошки податоци, со што значително се менува сликата за сеизмичноста на Охридско-Преспанскиот регион, односно се регистрираат се поголем број земјотреси, иако најмногу од нив со многу мала магнитуда, помала од 1.0 степен.



**Слика 6.** Временска распределба на земјотресите во Охридско-Преспанскиот

Хипоцентрите на земјотресите од Охридско-Преспанскиот регион, просторно се распоредени во плитките делови на Земјината кора, над Мохо дисконтинуитетот, на длабочина до околу 40 km, што соодветствува со резултатите од сите досегашни сеизмолошки и геофизички истражувања за длабочината на раседните структури во Западно-македонската сеизмогена зона. Најгусто забележана распределба има до околу 20 km длабочина (Слика 7) каде се наоѓаат хипоцентрите претежно на послабите земјотреси, но и земјотресите чиј епицентар е на копнениот дел од разгледуваното подрачје. Ваквата просторна распределба на хипоцентрите, ги класифицира земјотресите од овој регион во класата на плитки земјотреси, со изразени ефекти на почувствуваност, деструктивност и деформации на површината на Земјата.





**Слика 7.** Просторна распределба на хипоцентрите на земјотресите во Охридско-Преспанскиот регион за период 1901-2022 година

Од сликата може да се види дека најголемо количество на ослободена енергија има во периодот од 1931 година до 1940 година, што се должи на енергијата ослободена од најсилните земјотреси кои се случиле во епицентралното подрачје Струмица на 25.3.1931 година и 17.04.1931 година и двата со локална Рихтерова магнитуда  $M_L 4.5$ . Оттука е очигледно дека токот на ослободување на сеизмичката енергија го следи појавувањето на силните земјотреси. Во оваа хистограмска анализа последните две декади, може да се протолкуваат како период на акумулирање на сеизмичка енергија.

## 5. ЗАКЛУЧОК

Извршената анализа на сеизмичноста на случените земјотреси на разгледуваниот Охридско-Преспански регион за периодот 1991–2022 год. јасно укажува на значителна постоечка сеизмичка активност чија регистрација е тесно корелирана со сеизмотектонските услови на кои е изложен регионот, но и на модернизацијата на сеизмолошката инструментација и зголемување на бројот на сеизмолошките станици и нивно врзување во телеметриска мрежа.

Раседите долж кои се распределени најголемиот број на епицентрите на земјотресите, но и чие што протегање и наклон се сложува со решенијата на механизмите на жариштата (утврдено од претходни истражувања), се земени за сеизмички најактивни раседи, главни носители на сеизмичноста на регионот. Тоа се Пештанско-Петринските раседи, Преспанските раседи и Опеничкиот расед. Временската дистрибуција на земјотресите во разгледуваниот регион упатува на заклучокот дека целиот регион се почесто е изложен на земјотреси чии магнитуден интервал е во границите од  $2.0 < M_L \leq 4.0$ . Дифузната просторна распределба на хипоцентрите на земјотресите укажува на регистрација на плиткы земјотреси, кои целата своја енергија ја ослободуваат на површината на Земјата, предизвикувајќи силни ефекти на почувствуваност, деструктивност на материјалните добра и во одредени случаи, деформации на површината. Не смее да се изостави и меѓусебната поврзаност односно големата улога на взаемноста на тектонските со сеизмолошките податоци како солидна основа за

понатамошно истражување. Од друга страна, познавањето на сеизмолошките податоци кој се однесуваат на Охридско-Преспанскиот регион е добра подлога за картите на сеизмичко зонирање на територијата на нашата држава.

## КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Burchfiel, B. C., Todosov, A., King, R. W., Kotzev, V., Dumurdzanov, N., Serafimovski, T., and Nurce, B., 2006, GPS results for Macedonia and its importance for the tectonics of the southern Balkan Extensional regime, *Tectonophysics*, 413, 239-248.
- [2] Dumurdzanov, N., Serafimovski, T., and Burchfiel, B. C., 2005, Cenozoic tectonics of Macedonia and its relation to the South Balkan extensional regime, *Geosphere*, 1, 1-22.
- [3] Д. Хаџиевски, Сеизмичност на територијата на С.Р. Македонија, Сеизмолошка опсерваторија, на Универзитет "Св. Кирил и Методиј" - Скопје, Скопје, 1976.
- [4] К. Дрогрешка, Примена на теоријата на дислокации во дефинирањето на епицентралните подрачја и тектонските услови на територијата на Република Македонија, докторска дисертација, Сеизмолошка опсерваторија при Природно-математички факултет, Скопје, 2018.
- [5] Љ. Јордановски, Л. Пекевски, В. Чејковска, Д. Черних, Б. Христовски, Н. Василевски, Основни карактеристики на сеизмичноста на територијата на Република Македонија, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Природно-Математички факултет, Сеизмолошка опсерваторија, Извештај бр. 1998-01, Скопје, 1998.
- [6] М. Арсовски, Тектоника на Македонија, Рударско-Геолошки факултет, Штип, 1996.
- [7] М. Арсовски, Р. Петковски, Неотектоника на Социјалистичка Република Македонија, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Југославија, 1975.
- [8] SORM—Сеизмолошка опсерваторија при Природно-математички факултет во Скопје, 1991-2012, Каталог на земјотресите во Република Македонија и пограничните подрачја за годините 1991-2012, Фонд на Сеизмолошката опсерваторија при Природно-математички факултет-Скопје.
- [9] SORM—Сеизмолошка опсерваторија при Природно-математички факултет во Скопје, 2013-2022, Каталог на земјотресите во Р. С. Македонија и пограничните подрачја за годините 2013-2022, Фонд на Сеизмолошката опсерваторија при Природно-математички факултет-Скопје.