



ЗРГИМ
Здружение на
рударски и
геолошки инженери
на Р. Македонија

XIII TO СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

Технологија на подземна и површинска експлоатација на
минерални сировини

ПОДЕКС – ПОВЕКС '22

Охрид
14 – 16. 10. 2022 год.

СЕИЗМИЧНОСТ НА РЕГИОНОТ ШТИП-РАДОВИШ ВО ПЕРИОДОТ ОД 2000 ГОДИНА ДО 2021 ГОДИНА

**Јасмина Најдовска¹, Катерина Дрогрешка¹, Ивана Молеровиќ¹,
Моника Андрееска¹, Марјан Делипетрев², Драгана Черних Анастасовска¹,
Љубчо Јованов¹**

¹Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Природно-Математички Факултет,
Сеизмолошка Опсерваторија, Скопје, Р. Северна Македонија

²Универзитет „Гоце Делчев“, Факултет за природни и технички науки,
Штип, Р. Северна Македонија

Апстракт: Предметната локација, што е централен предмет на истражувањето, припаѓа на две поголеми регионални тектонски единици кои имаат различна динамика на спуштање и издигање. Овие единици покажуваат и разликата во сеизмичката активност, што е главна причина за нивно одвојување во одделни сеизмогени зони. Во разгледуваниот регион постои одредена временска и просторна распределба на земјотресите, со честа појава на микро земјотреси чии локални магнитуди се до 2.0 и минорни земјотреси чии рихтерови магнитуди се до 3.9 или вкупно за периодот од 2000 година до 2021 година, 2364 земјотреси. Слаби земјотреси со локални магнитуди до 4.9, се случиле во овој регион само во периодот од 1901 година до 1996 или вкупно за 9 земјотреси. Сеизмичката активност опфатена во разгледуваниот регион се должи на активирање на сегменти од раседите кои минуваат низ него, а имаат лонгитудинален правец на протегање.

Клучни зборови: земјотрес, сеизмичка активност, сеизмогена зона, магнитуда.

SEISMICITY OF THE SH TIP-RADOVISH REGION IN THE PERIOD FROM 2000 TO 2021

**Jasmina Najdovska¹, Katerina Drogreška¹, Ivana Molerovikj¹,
Monika Andreeska¹, Marjan Dalipetrev², Dragana Cernih Anastasovska¹,
Ljubco Jovanov¹**

¹Ss. Cyril and Methodius University, Faculty of Natural Sciences and Mathematics,
Seismological Observatory, Skopje, R. of North Macedonia

²Goce Delcev University, Faculty of Natural and Technical Sciences,
Stip, R. of North Macedonia

Abstract: The main subject of this research, is a region that belongs to two larger regional tectonic units that have different dynamics of subsidence and uplift. These units show different seismic activity, which is the main reason for their separation into separate seismogenic zones. In the considered region there is a certain temporal and spatial distribution of earthquakes, with frequent occurrence of micro earthquakes whose local magnitudes are up to 2.0 and minor earthquakes whose Richter magnitudes

are up to 3.9, or a total of 2364 earthquakes for the period from 2000 to 2021. Weak earthquakes with local magnitudes up to 4.9 occurred in this region only in the period from 1901 to 1996, or a total of 9 earthquakes. The seismic activity covered in the considered region is due to the activation of segments of the faults that pass through it, and have a longitudinal direction of extension.

Keywords: earthquake, seismic activity, seismogenic zone, magnitude.

1. ВОВЕД

Територијата на Југоисточна Европа, каде што припаѓа и Република Северна Македонија, е еден од сеизмички најактивните региони на континентот и следствено претставува, територија која се карактеризира со многу голема сеизмичка опасност и ризик во Европа.

Регионот што ја опфаќа територијата на Република Северна Македонија припаѓа на Медитеранската област на Алпско-Химелајскиот ороген појас, со што тектонски е поврзана со геодинамичките процеси кои се одвиваат на Балканскиот Полуостров, зона на колизија на помеѓу Евроазиската, Африканската и Арапската тектонска плоча. Оваа територија има комплексни геолошки, тектонски и сеизмотектонски карактеристики и претставува дел од Балканскиот Полуостров со најизразена сеизмичка активност погодна за настанување на голем број на микро, минорни, слаби, умерени и силни земјотреси. Забележаната сеизмичка активност на овој регион е една од најсилните на Балканскиот Полуостров. Врз основа на постојаните принципи за тектонска реонизација, на територијата на Република Северна Македонија се издвоиле неколку тектонски единици, претставени со делови од Карпато-Балканиди (Краиштинска зона), Родопска маса (Српско-Македонски масив), Вардарска зона, Динариди-Хелиниди (Западно-Македонска зона и Пелагониски хорст антиклинориум) и Јадрански масив (Цукали-Краста зона), [1].

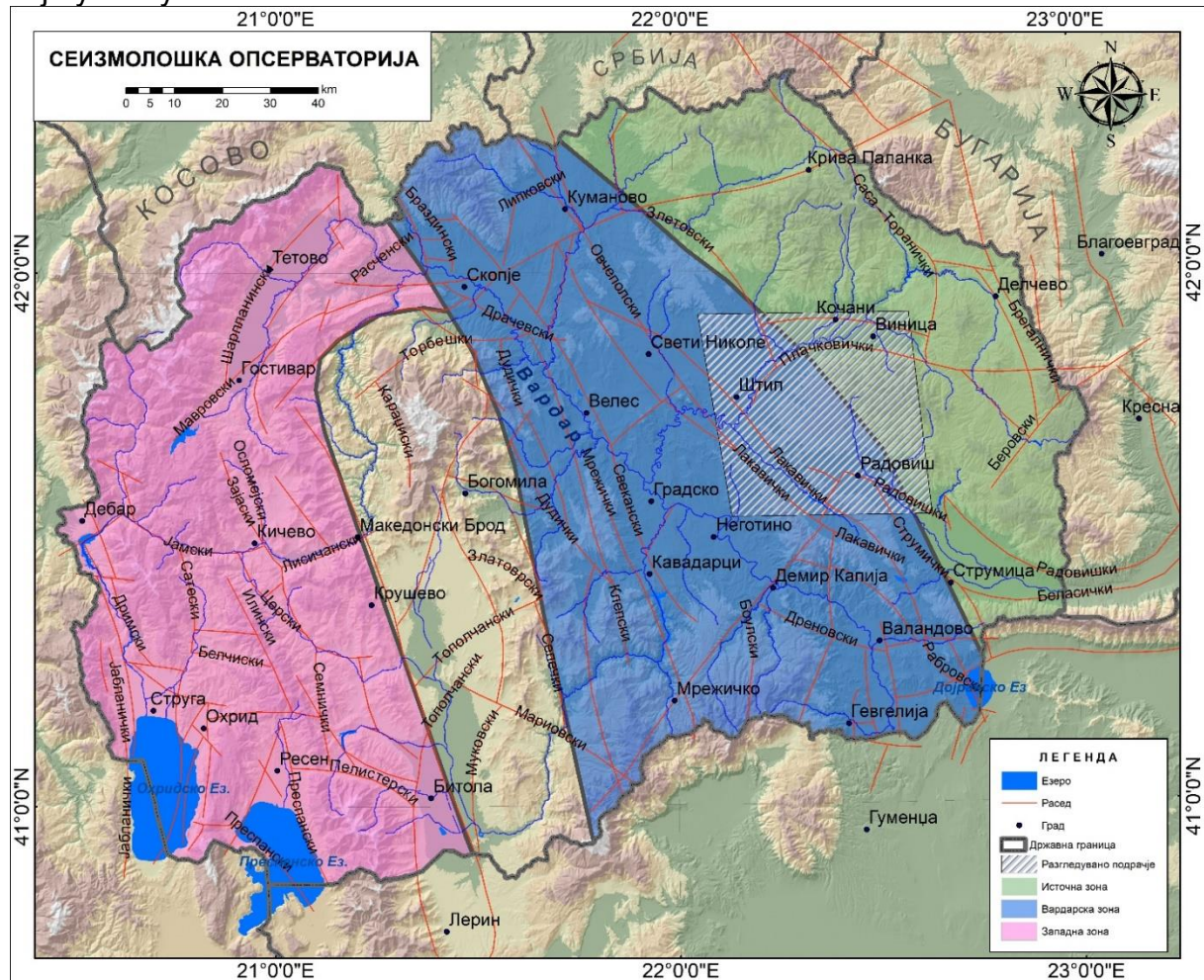
Во рамките на главните тектонски зони егзистираат сеизмогените зони со раседи од различен карактер и насока на протегање, долж кои настануваат земјотресите. Појавата на карактеристичната сеизмичка тектонска активност, во смисла на честотата на земјотресите со одредена јачина, распоредот на земјотресните жаришта како и нивната поврзаност со геолошките и тектонските структури, укажува на можноста на дефинирање на три главни сеизмогени зони: Западно–македонска, Вардарска и Источно–македонска сеизмогена зона. Трите сеизмогени зони, во тектонски смисол, се опфатени со издигање, при што Вардарската сеизмогена зона е послабо изразена во однос на издигањето на останатите зони, или таа се спушта во однос на нив, што резултира со појава на земјотреси.

2. СЕИЗМОТЕКТОНСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА РЕГИОНОТ ШТИП-РАДОВИШ

Разгледуваниот регион претставен на Слика 1, што е централен предмет на истражувањето, на исток се протега од планината Плачковица, до планината Серта на запад, на север од Кочанската депресија, до Струмичката депресија на југ. Разгледуваниот регион во најголем дел припаѓа на Вардарската сеизмогена зона, која се протега по должината на реката Вардар и завзема релативни широки делови од нејзината источна и западна страна, а дел се протега во Источно–македонска сеизмогена зона, чиј поголем дел се протега по долината на реката Струма, поради што во сеизмолошката литература во минатото се именуваала како Струмска сеизмогена зона, [2,3].

Првата сеизмогена зона се вбројува во најлабилните тектонски единици на Балканскиот Полуостров, каде алпските орогени процеси биле најизразени и продолжиле да одвиваат и во неотектонската етапа. Сеизмичката активност во оваа сеизмогена зона се карактеризира со мозаична структура, како резултат на вкрстувањето на реактивираниите стари раседи со неотектонските раседи кои имаат напречен правец на протегање. Оваа сеизмогена зона во неотектонскиот стадиум има висок степен на деструкција, која е одраз на тектонската раздробеност со реактивирање на горенаведените дислокации.

Во втората сеизмогена зона досега се генерирале земјотреси со најголема ослободена енергија на копнениот дел на Балканскиот Полуостров. Настанатите земјотреси се резултат на динамизирањето на неотектонските раседни дислокации поради напрегањата создадени од постојаните притисоци на Карпато–Балканидите и Родопската маса. Наведените зони се, всушност, зони на пресек на раседи ориентирани по Вардарска насока или меридијално со на нив напречни раседи, т.е. зони на тектонски јазли со висока тектонска активност, која условува и висока сеизмичка активност.



Слика1. Главни сеизмогени зони и неотектонски единици на територијата на Република Северна Македонија

Сеизмичката активност на овој регион е условена од раседите кои припаѓаат на Источно-Вардарската група на раседи која го зафаќа и епицентралното подрачје Св. Николе-Штип, дел од Вардарската сеизмогена зона и раседите кои припаѓаат на Источно-Македонската и Кожуфско-Струмичката група на раседи кои го

зафаќаат и епицентралното подрачје Радовиш и епицентралното подрачје Кочани, кои пак припаѓаат на Источно-македонската сеизмогена зона.

Како најзначајна може да се земе групата на раседи кои припаѓаат на Источно-Вардарската група на раседи, која ги вклучува Лакавичките раседи, кои на потегот од штипското подрачје на југ до кумановското подрачје на север се манифестираат како неотектонски. На рабовите на Лакавичкиот грабен, дефинирани се произразени раседи, при што западниот, кон планината Серта, е многу контрастно изразен. Во северен правец, Лакавичките раседи се разгрануваат, и северно од Богословец се дефинирани со помош на геофизички методи. Во групата на Источно-Вардарската раседи тие се издвоени како Овчеполски раседи. Во јужен правец, Лакавичките раседи се соединуваат во еден реверсен расед, со навлечено источно крило кај с. Рабово. Како целина оваа група на раседи има лонгитудинална ориентација во однос на Вардарската зона и покажува сеизмичка активност во одделни делови, поради тоа и не се случуваат земјотреси со високи магнитуди.

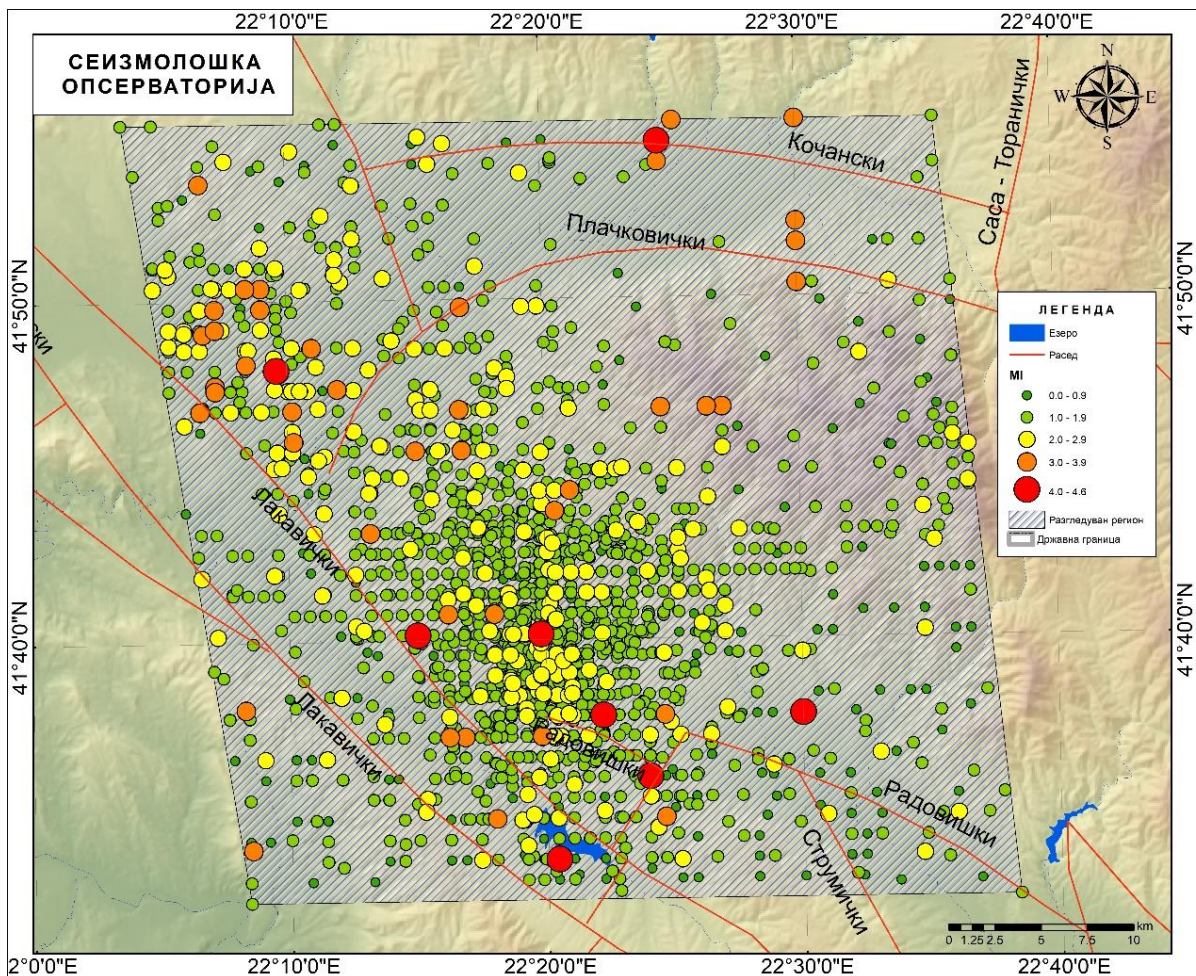
Од групата на раседи кои припаѓаат на Источно-Македонската група на раседи, во разгледуваниот регион се опфатени Плачковичкиот и Кочанскиот расед, и двата средно изразени во релјефот, кои се речиси паралелно поставени еден во однос на друг. Палачковичкиот расед е северен раб на Плачковичкиот блок, чии краеве се свиткуваат кон југ, при што го регулираат текот на р. Брегалница и Кочанскиот расед кој се протега на северната страна на Кочанската депресија.

Раседот кој припаѓа на Кожуфско-Струмичката групата на раседи, а е од интерес на истражуваниот регион е Радовишкиот расед, кој е слабо изразен во релјефот и се манифестира како рабна дислокација на североисточните делови на Струмичката депресија, [4].

3. СЕИЗМИЧНОСТ НА РАЗГЛЕДУВАНИОТ РЕГИОН ЗА ПЕРИОД ОД 2000 ГОДИНА ДО 2021 ГОДИНА

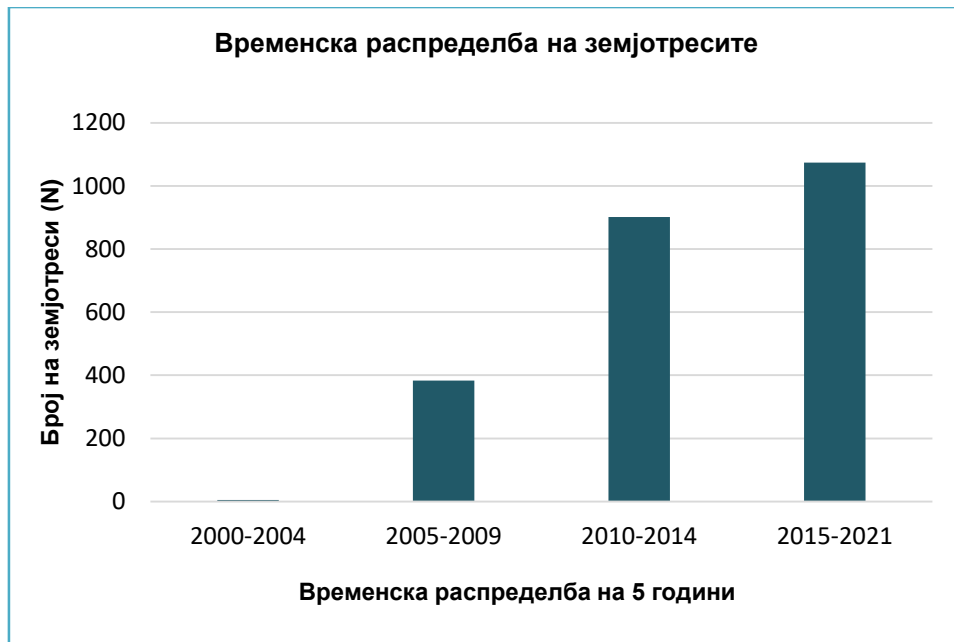
Според истражувањата на регионот за периодот пред 1900 година и за периодот од 1901 година до 1996 година, може да се заклучи дека истиот се одликува со слаба сеизмичка активност. Во периодот пред 1900 година немало ниту еден земјотрес со магнитуда поголема од $M_L \geq 4$, додека во периодот од 1901 година до 1996 година, се случиле вкупно 9 земјотреси со магнитуди $4.0 \leq M_L \leq 5.0$.

Во разгледуваниот период од 2000 година до 2021 година, се случиле вкупно 2364 земјотреси, чии локални Рихтерови магнитуди се во границите на интервалот $0.1 \leq M_L \leq 3.8$, Слика 2, [5].



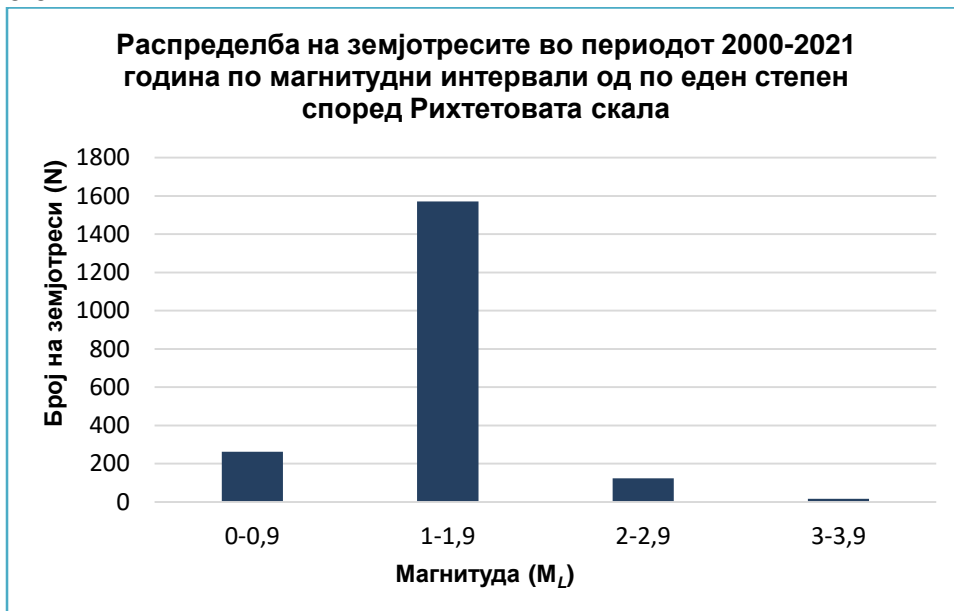
Слика 2. Сеизмотектонска карта на регионот Штип-Радовиш за периодот од 1901 година до 2021 година

Од хистограмот претставен на Слика 3, бројот на случени земјотреси во разгледуваниот период постепено се зголемува, што пак укажува на поголема сеизмичка активност на регионот и активирање на сегменти од раседите кои минуваат низ него. Во период од 2000 година до 2004 година, случени се 5 земјотреси што се должи на релативно мирен сеизмички период. Од 2005 година до 2009 година се случиле 358 земјотреси со магнитуди $0.1 \leq M_L \leq 2.8$, а од 2010 година до 2014 година, 780 земјотреси со магнитуди $0.1 \leq M_L \leq 3.8$, што укажува на зголемена сеизмичка активност. Во периодот од 2015 година до 2021 година, се забележува најголема сеизмичка активност на разгледуваниот регион и тоа 831 случен земјотрес со магнитуди од $0.1 \leq M_L \leq 3.5$.



Слика 3. Временска распределба на земјотресите од разгледуваниот регион на 5 години за периодот од 2000 година до 2021 година

На хистограмот на Слика 4, претставена е распределба на земјотресите по магнитудни интервали од по еден степен според Рихтеровата скала. Од него може да се види дека најголемиот број на случените земјотреси или вкупно 1571, имаат магнитуда $1.0 \leq M_L \leq 1.9$, 262 земјотреси со магнитуди $0.1 \leq M_L \leq 0.9$, 124 земјотреси со магнитуди $2.0 \leq M_L \leq 2.9$ и најмал број на земјотреси 17 со магнитуди $3.0 \leq M_L \leq 3.9$.



Слика 4. Распределба на земјотресите по магнитудни интервали од по еден степен според Рихтеровата скала разгледуваниот период 2000 година до 2021 година

Што се однесува на хипоцентралната длабочина, од Слика 5, следува дека земјотресите кои се случиле во периодот од 2000 година до 2021 година во разгледуваниот регион, имаат длабочини кои достигнуваат до 35 km.

Најзастапени длабочини на хипоцентрите на случените земјотреси се до 4.9 km (769 земјотреси) и во интервалот од 15 km до 19.9 km (645 земјотреси). Ова укажува на тоа дека просторната распределба на хипоцентрите на земјотресите се во Земјината кора (плитки земјотреси чии длабочини се до 70 km), чија долна граница во Вардарската зона е на длабочина од 32 km до 35 km, а во другите две зони до 45 km и повеќе.



Слика 5. Распределба на хипоцентрите на земјотресите во разгледуваниот период од 2000 година до 2021 година

На Слика 6, е претставена временската распределба на ослободената енергија за периодот од 2000 година до 2021 година.



Слика 6. Временска распределба на ослободената сеизмичка енергија по години во регионот за периодот од 2000 до 2021

Од тука, може да се забележи дека најголемо количество ослободена енергија има во 2010 година, што се должи на најсилниот земјотрес случен во овој регион на 01.06.2010 година, со Рихтерова локална магнитуда $ML3.8$.

4. ЗАКЛУЧОК

Добиените резултати од истражувањата извршени за разгледуваниот регион укажуваат на сеизмичкиот режим кој ја зафаќа дадената област, кој се однесува на севкупноста на земјотреси потекнати од таа област, а разгледувани во простор и време. Од каталозите кои се користени за ова подрачје може да се забележи дека нема временска хомогеност во податоците, што е и вообичаено за подрачја со појава на слаби земјотреси. Во минатото причина за тоа е непостоењето на инструментална мрежа, а денес тоа се должи на ретката мрежа на сеизмолошки станици.

Примената на сеизмолошки инструменти со дигитална регистрација кои имаат висок праг на осетливост, во разгледуваниот период укажуваат на зачестена сеизмичка активност на раседните дислокации изразена преку појава на микро земјотреси со локални рихтерови магнитуди $ML \leq 2.0$, минорни со $ML \leq 3.9$, но не и слаби земјотреси со локални рихтерови магнитуди $4.0 \leq ML \leq 4.9$.

Концентрацијата на хипоцентрите на земјотресите, во разгледуваниот регион, имаат длабочини кои достигнуваат до 35 km и се наоѓаат во Земјината кора, што укажува на плитки земјотреси. Познавањето на временската и просторна распределба на земјотресите, укажува на природата на сеизмичкиот режим, кој суштински ја дефинира постапката на планирање во сеизмичките активни региони во сите области на живеење. Зачестената појавата на земјотресите со определена јачина се од посебна важност за одредување на сеизмичкиот hazard и ризик за разгледуваниот регион.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Арсовски, М. (1997), Тектоника на Македонија, Рударско-геолошки факултет, Штип.
- [2] Јордановски, Љ., Пекевски, Л., Чејковска, В., Черних, Д., Христовски, Б. и Василевски, Н. (1998), Основни карактеристики на сеизмичноста на територијата на Република Македонија. Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Природно-математички факултет, Сеизмолошка опсерваторија, Скопје.
- [3] Хаџиевски, Д., Сеизмичност на територијата на С.Р. Македонија, Сеизмолошка опсерваторија, на Универзитет "Св. Кирил и Методиј" - Скопје, Скопје, 1976.
- [4] Чејковска, В., Пекевски, Л., Дрогрешка, К., и Најдовска, Ј., Извештај по проектот на Инаститутот за стандардизација на Република Македонија со наслов „Национални анекси за Еврокодovите“, Скопје, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Природно-математички факултет, Сеизмолошка опсерваторија, 2016.
- [5] SORM – Сеизмолошка опсерваторија во Скопје (1901–2021), Каталоzi на земјотресите во Република Македонија и пограничните подрачја за годините 1901–2021, Фонд на Сеизмолошката опсерваторија при Природно-математичкиот факултет – Скопје.