
SEISMIC ZONES AND SEISMICITY OF THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF NORTH MACEDONIA

Katerina Drogreshka

Seismological Observatory of the Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Ss. Cyril and Methodius University, Skopje, Macedonia, katerinadrogreska@yahoo.com

Jasmina Najdovska

Seismological Observatory of the Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Ss. Cyril and Methodius University, Skopje, Macedonia, najdovskaj@yahoo.com

Dragana Chernih-Anastasovska

Seismological Observatory of the Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Ss. Cyril and Methodius University, Skopje, Macedonia, dcernih@yahoo.com

Abstract: According to all sources of data available to the Seismological Observatory the seismic activity in the Republic of North Macedonia is mainly tectonic, with the exception of weak collapse earthquakes. This seismic activity is caused by its affiliation to the Mediterranean area of the Alpine-Himalayan orogeny belt. Epicentral areas belong to the three main seismic zones, West-Macedonian seismic zone, Vardar seismic zone and East-Macedonian seismic zone. Three secondary seismic zones, transverse to the main seismic zones, are also defined. Each of these zones is characterized by a specific time and space distribution of earthquake locations, with frequent seismic microactivity, lot of minor to light earthquakes and very rare moderate to major earthquakes. Observed seismic activity on the territory of the Republic of North Macedonia has a main role for the evaluation of the seismic hazard of the specific territory.

Keywords: Seismic zone, seismicity, earthquake.

СЕИЗМОГЕНИ ЗОНИ И СЕИЗМИЧНОСТ НА ТЕРИТОРИЈАТА НА РЕПУБЛИКА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА

Катерина Дрогрешка

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

Јасмина Најдовска

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

Драгана Черних – Анастасовска

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

Резиме: Сеизмичката активност во Република Северна Македонија набљудувана досега, според сите извори на податоци со кои располага Сеизмолошката опсерваторија, е тектонска со исклучок на слаби урвински земјотреси. Таа е условена од нејзината припадност на Медитеранската област на Алпско-Хималајскиот ороген појас. Истата се одвива во епицентрални подрачја во рамките на трите главни сеизмогени зони, Западно-македонска, Вардарска и Источно-македонска сеизмогена зона. Групирањето на епицентрите на земјотресите дефинираат и три споредни сеизмогени зони, попречни на главните. Секоја од овие зони се карактеризира со одредена временска и просторна распределба на земјотресите, со честа појава на слаби до средно силни, до земјотреси со најголеми локални магнитуди. Неопходноста од набљудуваната сеизмичност на територијата на Република Северна Македонија игра главна улога во оценката на сеизмичкиот hazard за соодветната територија.

Клучни зборови: Сеизмогени зони, сеизмичност, земјотрес.

1. ВОВЕД

Територијата на Македонија има богата геолошка и тектонска историја, во која влегуваат фази од бајкалскиот мегациклус (доцен протерозоик) и фанерозоичкиот мегациклус (херцинскиот и алпскиот

циклус). Во рамките на општите тектонски движења, зафатена со интензивни тектонски процеси, особено во неотектонската етапа од нејзиниот геолошки развој, таа е подложена на интензивна деструкција и истата е тектонски раздробена на различни по големина релативно издигнати и спуштени блокови, кои се во постојано движење. Границите помеѓу нив се тектонски дислокации (раседи) кои како структурен елемент во стенските комплекси претставуваат еден од основните фактори при моделирање на структурните форми во површинските и подлабоките делови на Земјината кора. За постанокот на земјотресите од посебна важност е познавањето на механизмот на регионалните тектонски движења, пропратени со појави на: набирање, раседување, создавање на движење на оделни морфоструктури кои понатака се сврзуваат во системи на уште поголеми геолошки единици. Како краен резултат на таа геодинамика, е појавата на земјотресите. Во рамките на главните тектонски зони егзистираат сеизмогените зони со раседи од различен карактер и насока на протегање, долж кои настануваат земјотресите. Со оглед на тоа дека овие форми се настанати во различно време низ неотектонската етапа, дел од нив сеуште активни, со јасно изразена сеизмичка активност. 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, Сл.1.

2. СЕИЗМОГЕНИ ЗОНИ И СЕИЗМИЧНОСТ НА ТЕРИТОРИЈАТА НА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА

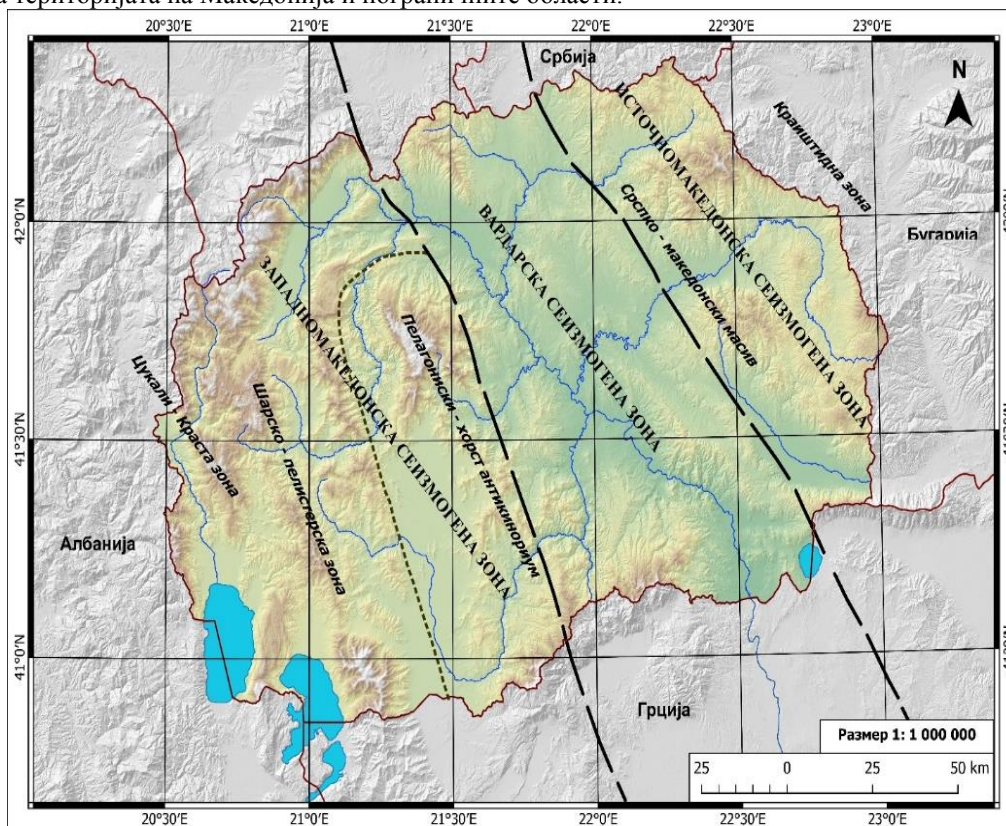
Западно–македонска сеизмогена зона се протега на подрачја од Македонија, Албанија и Грција. Започнува од крајните северозападни делови на Македонија, продолжува преку Дебарската депресија и Пешкопјската депресија (Албанија), потоа преку Охридската депресија и современата Корчанска депресија (Албанија) продолжува сè до југозападните гранични делови помеѓу Македонија и Грција. Во тектонски смисол, оваа сеизмогена зона е формирана вдолж по ободот на Мирдитската и Шарско–Пиндската тектонска зона, делови од планинскиот систем Динариди–Хелиниди. На територијата на Македонија целата зона има ориентација паралелно на долината на реката Црн Дрим, поради што оваа сеизмогена зона во сеизмолошката литература порано се именувала како Дримска сеизмогена зона.

Во сеизмотектонска смисла, се карактеризира со изразени рабни дислокации помеѓу хорстовите и депресиите, кои се главни носители на сеизмичноста. Акумулирањето на сеизмичката енергија е последица на состојба на напрегање под дејството на латералните притисоци на Шарско–Пелистерскиот ороген лак, наследени од преднеотектонските процеси, кои продолжуваат и денес. Дислокациите во овој сеизмотектонски модел имаат различни правци на протегање. Досегашните неотектонски и сеизмолошки проучувања, укажуваат на изразени рабни дислокации на лизгање, долж коишто се манифестира сеизмичка активност. Концентрацијата на земјотресите е во целата зона, па затоа велме дека таа има карактеристика на “вистинска” сеизмогена зона (во Вардарската и Источно–македонската сеизмогена зона концентрацијата на земјотресите е во поединечни подрачја, што можат да се сметаат за изолирани извори на сеизмичка енергија).

Вардарската сеизмогена зона се протега на подрачја од териториите на Србија, Македонија и Грција. На територијата на Македонија има правец на протегање по долината на реката Вардар. Според својата геолошка генеза и сеизмичка активност, таа е една од најјасно издиференцираните сеизмогени зони на Балканот. Во сеизмотектонска смисла, оваа сеизмогена зона се карактеризира со мозаична структура, како резултат на вкрстувањето на старите (преднеотектонските) надолжни дислокации со различен степен на сеизмичка реактивност во неотектонскиот стадиум и попречни дислокации, што доведува до постоење на тектонски т.е. сеизмотектонски јазли. Оваа сеизмогена зона во неотектонскиот стадиум има висок степен на деструкција, која е одраз на тектонската раздробеност со реактивирање на горенаведените дислокации.

Источно–македонска сеизмогена зона се протега на источниот дел од територијата на Македонија и пограничните предели со Србија и Бугарија. Во тектонски смисол, таа е линеамент што зафаќа голем дел од Српско–Македонскиот масив и извесен дел од Краиштинската зона на Карпато–Балканидите. Поголемиот дел од нејзиниот источен раб се протега по долината на реката Струма, поради што во постарата сеизмолошка литература се именувала како Струмска сеизмогена зона. Во оваа сеизмогена зона досега се генерирале земјотреси со најголема ослободена енергија на копнениот дел на Балканскиот Полуостров, како резултат на динамизирањето на неотектонските раседни дислокации поради напрегањата создадени од постојаните притисоци на Карпато–Балканидите и Родопската маса, т.е. во правец од североисток кон југозапад. Дислокациите во оваа сеизмотектонска зона имаат различни правци на протегање. Пресеците меѓу надолжните и попречните дислокации во оваа зона, формираат тектонски јазли, кои при динамизирање се јавуваат како извори на висока сеизмичка енергија.

На територијата на Македонија и пограничните подрачја може да се дефинираат и три *споредни сеизмогени зони*, попречни на главните три, определени со правците: *Кустендил (Бугарија)–Скопје–Дебар, Пехчево–Велес–Охрид* и *Сандански (Бугарија)–Валандово–Корча (Албанија)*. Местата на пресек на главните и споредните сеизмогени зони се области на висока сеизмичка активност, во кои се случуваат најсилните земјотреси на територијата на Македонија и пограничните области.



Сл.1 Главни сеизмогени зони и неотектонски единици на територијата на Р. Северна Македонија

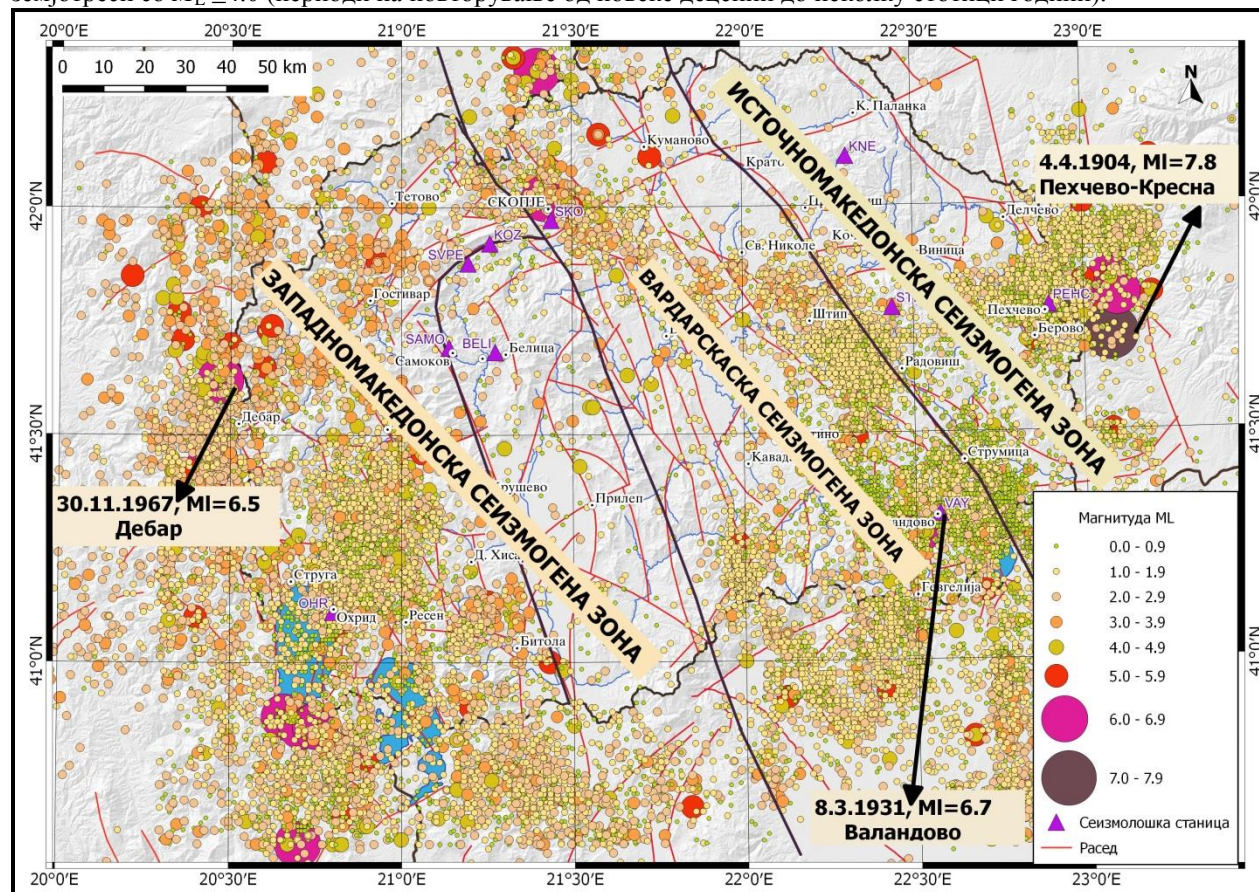
3. СЕИЗМИЧНОСТ НА ТЕРИТОРИЈАТА НА РЕПУБЛИКА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА

Сеизмичноста на територијата на Македонија за периодот 1901–2018 г., во ова истражување ќе се разгледува преку просторната распределба на случените земјотреси, претставена преку епицентрална карта за разгледуваниот период (Сл.2), и бројот на случените земјотреси по зони и декади прикажан во Табела1., заедно со бројот на земјотреси и за секоја зона посебно.

Распределбата на земјотресите по интервали од по десет години, како и големините на магнитудите во соодветната декада се прикажани со хистограмска анализа (Сл.3а-3в). За секоја зона посочен е и најсилниот земјотрес во разгледуваниот период 1901–2018 г., случен на територијата на Македонија. Распонот на Рихтеровите локални магнитуди (M_L) на разгледуваните земјотреси е до 7.8, додека максималните набљудувани интензитети имаат вредности до X степени според EMS-1998 скала.

Досегашните набљудувања на *Западно-македонската сеизмогена зона* укажуваат дека таа се одликува со многу честа појава на слаби земјотреси, локална Рихтерова магнитуда $M_L \leq 3.9$, но и со честа појава на земјотреси со $M_L \geq 4.0$ (периоди на повторување од неколку децении до неколку стотици години). Исклучок од ова претставува подрачјето на Пелагонот, кој како реликт-хорст од прекамбриската Земјината кора на Динаридите–Хелинидите, ограничен од исток и запад со длабински донеотектонски регионални раседи и испресечен со неотектонски раседи, не покажува значајна сеизмичка активност, освен слабата сеизмичност на неговиот северен крај, кој во сеизмолошката литература кај нас се издвојува како епицентрално подрачје Богомила (според с. Богомила, помеѓу градовите Велес и Прилеп). Оваа состојба се должи на еднаквите издигања на деловите на хорстот од дамнина. Досегашните набљудувања на *Вардарската сеизмогена зона* укажуваат на многу честа појава на слаби земјотреси, со локална Рихтерова магнитуда $M_L \leq 3.9$ но и на честа појава на земјотреси со $M_L \geq 4.0$ (периоди на повторување се од неколку децении до неколку стотици

години). Досегашните сеизмолошки набљудувања на *Источно-македонската сеизмогена зона* укажуваат на умерено честа појава на слаби земјотреси, со локална магнитуда $M_L \leq 3.9$, но и со умерено честа појава на земјотреси со $M_L \geq 4.0$ (периоди на повторување од повеќе децении до неколку стотици години).

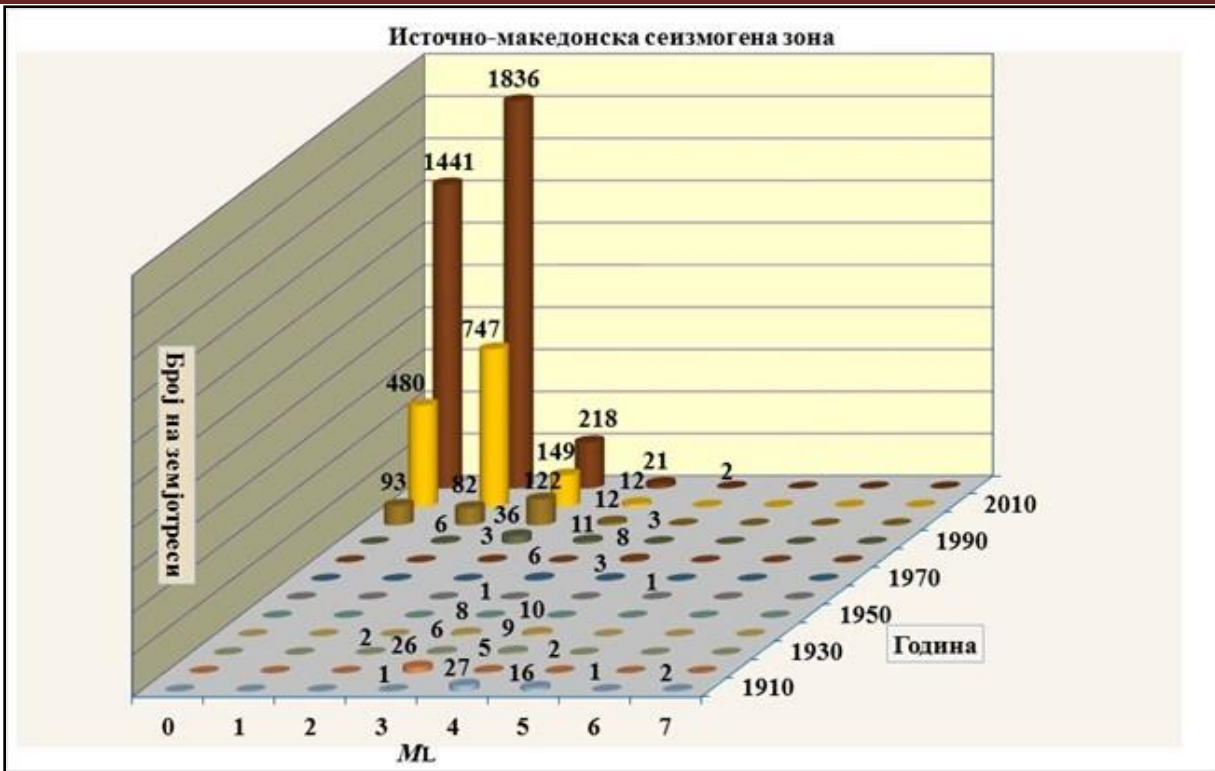


Сл.2. Епицентрална карта на Република Северна Македонија во периодот 1901-2018 година

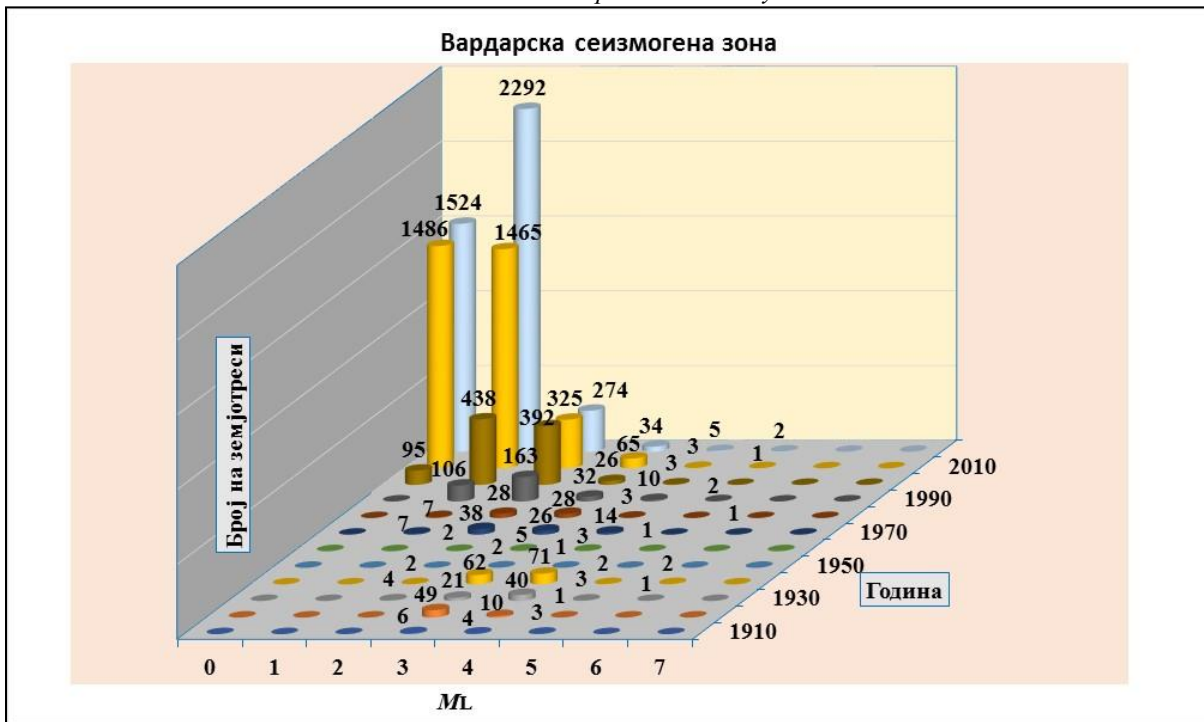
Нееднаквата временска распределба на случените земјотреси во разгледуваниот период 1901-2018 година се должи на бројот на инсталирани сеизмолошки станици и на софистицираноста на сеизмолошките инструменти (нивната осетливост), која со развој на технологијата во последните 20 години ни овозможи регистрација и на најслабите земјотреси со магнитуда $M_L < 1$. Затоа е значително зголемен бројот на случените земјотреси особено по 1970, со отварањето на нови сеизмолошки станици и инсталирањето на втората генерација на сеизмолошки инструменти (електромагнетни сеизмометри со галванометарска регистрација на фотографска хартија). А со воспоставувањето на телеметриска мрежа на сеизмолошки станици со инструменти со дигитална регистрација, бројот на регистрираните земјотреси се зголеми уште повеќе. Може да заклучиме дека зголемиениот број на регистрирани земјотреси не се должи на зголемена сеизмичка активност туку едноставно на зголемената осетливост на инструментите (трета генерација).

Табела 1. Временска распределба на земјотресите од сеизмогените зони во периодот 1901-2018 година распределени по декади

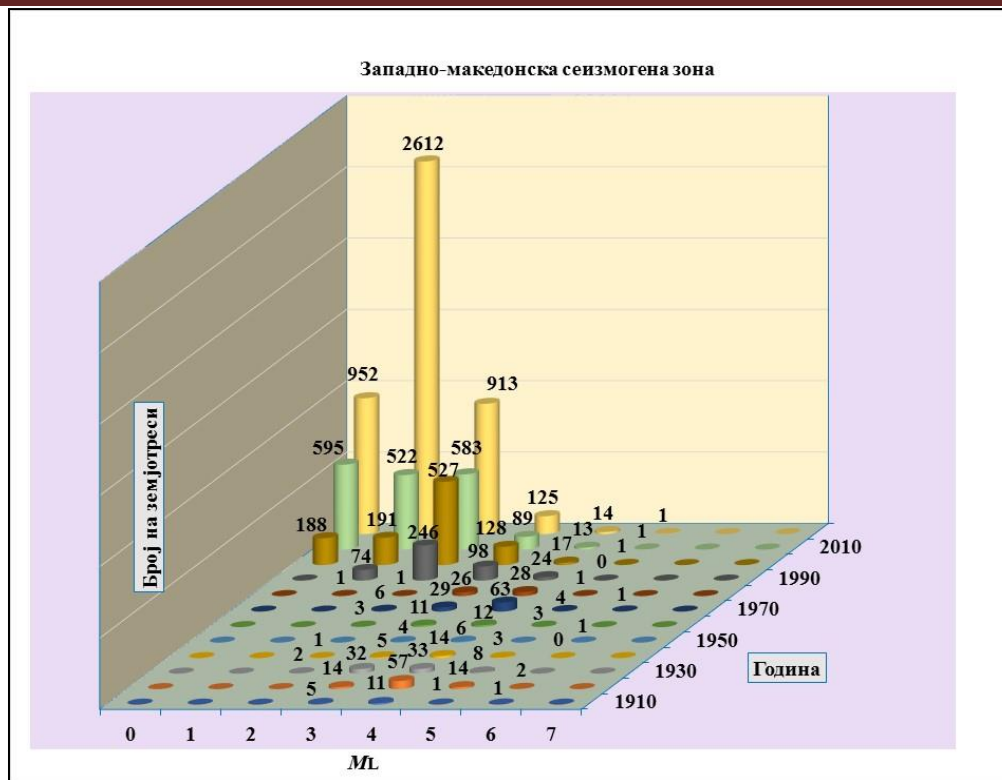
Зона/година	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020
Источна	47	33	17	18	1	1	9	11	56	309	1388	3518
Вардарска	13	60	69	139	3	11	86	66	313	954	3345	4131
Западна	18	87	75	23	11	29	103	57	442	1108	1747	4617
Македонија	78	180	161	180	15	41	198	134	811	2371	6480	12266



Слика 3а. Распределба на земјотресите од Источно-македонската сеизмогена зона за период 1901-2018 година по време и магнитуда



Слика 3б. Распределба на земјотресите од Вардарска сеизмогена зона за период 1901-2018 година по време и магнитуда



Слика 3в. Распределба на земјотресите од Западна-македонската сеизмогена зона за период 1901-2018 година по време и магнитуда

4. ЗАКЛУЧОК

Во секоја од сеизмогените зони на територијата на Македонија се јавува одредена закономерност на ослободувањето и пригушувањето на сеизмичката енергија, како и особена распределба на хипоцентрите на земјотресите, т.е. нивни групи, кои се именуваат како епицентрални подрачја. Сепак, кај сите сеизмогени зони преовладува плитката распределба на хипоцентрите на земјотресите до 40 km, но најчесто од 10 km до 20 km. Ова укажува дека сеизмичноста е поврзана со деформациите во горните делови на литосферата, поточно со деструкцијата на Земјината кора условена од тектонските движења. Дефинирањето на моделот на сеизмичноста на определено подрачје, зачестеноста на појавата на земјотресите со определен интензитет како и јачината на очекуваните земјотреси во иднина се од посебна важност за оценката на сеизмичкиот hazard и ризик на соодветната територија.

ЛИТЕРАТУРА

- Арсовски, М., (1996), *Тектоника на Македонија*, Штип, Рударско-геолошки факултет.
- Скопје, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Институт за земјотресно инженерство и инженерска сеизмологија, Публикација бр.49.
- Дрогрешка К., (2018), *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.
- Јордановски, Љ., Пекевски, Л., Чејковска, В., Черних, Д., Христовски, Б. и Василевски, Н., (1998), *Основни карактеристики на сеизмичноста на територијата на Република Македонија*, Скопје Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Природно-математички факултет, Сеизмолошка опсерваторија.
- Петковски, Р., (1992), *Сеизмотектонске карактеристике Македоније*, Београд, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет.
- SORM – Сеизмолошка опсерваторија при Природно-математичкиот факултет во Скопје, 1901–2018, *Каталози на земјотресите во Република Македонија и пограничните подрачја за годините 1901–2018*, Фонд на Сеизмолошката опсерваторија при Природно-математичкиот факултет–Скопје.