
**SEISMICITY OF THE EPICENTRAL AREA DEMIR KAPIJA FOR THE PERIOD
1960–2019**

Katerina Drogreshka

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

Abstract: The Demir Kapija epicentral area, located in the southeastern part of the Vardar seismic zone, is one of the most clearly differentiated seismic zone in the Balkans according to its basic elements of geological structure and seismic activity. The seismic activity of this epicentral area is a part of the seismic activity of the Vardar seismic zone, related to the displacements along the fault structures formed or reactivated in neotectonics period. The continuous monitoring of the seismicity of the Demir Kapija epicentral area starts from 1957, where according to the results of the study of seismicity, it defines it in the group of epicenter areas with moderate seismic activity characterized by the occurrence of weak autochthonous earthquakes with magnitude $M_L < 4.0$. Seismological and seismotectonic research for the considered period, 1960-2019, enabled determination of a representative fault, along which the largest number of epicenters of the examined earthquakes are distributed, and the strongest is the one from 28.09.1985, with local Richter magnitude $M_L = 5.3$. The obtained results from the performed seismicity research are expected to be a solid basis in the researches of the modern and the expected seismicity in the epicenter area Demir Kapija.

Keywords: seismicity, earthquake mechanism, fault, earthquake.

**СЕИЗМИЧНОСТ НА ЕПИЦЕНТРАЛНОТО ПОДРАЧЈЕ ДЕМИР КАПИЈА ЗА
ПЕРИОДОТ 1960–2019**

Катерина Дрогрешка

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

Јасмина Најдовска

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

Драгана Черних – Анастасовска

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

Резиме: Епицентралното подрачје Демир Капија, се наоѓа во југоисточниот дел на Вардарската сеизмогена зона, која според своите основни елементи на геолошката градба како и сеизмичката активност, е една од најјасно издиференцираните сеизмогени зони на Балканот. Сеизмичката активност на епицентрално подрачје е поврзана, и е дел, на сеизмичката активност на Вардарската сеизмогена зона, поврзана со поместувањата долж изразените раседни структури настанати или реактивирани во неотектонско време. Континуираното следење на сеизмичноста на епицентралното подрачје Демир Капија започнува од 1957 година, каде според резултатите од изучувањето на сеизмичноста, го дефинира во групата на епицентрални подрачја со умерена сеизмичка активност која се карактеризира со појава на слаби автохтони земјотреси со магнитуди помали од $M_L < 4.0$. Сеизмолошките и сеизмотектонските истражувања за разгледуваниот период од 1960-2019 година, овозможува одредување на репрезентативен расед, долж кој што се распределени најголемиот број епицентри на истражуваните земјотреси, а најсилниот е оној од 28.09.1985 година, со локална Рихтерова магнитуда $M_L = 5.3$. Добиените резултати од извршеното истражување на сеизмичноста се очекува да бидат

солидна основа во истражувањата на современата и на очекуваната сеизмичност на епицентралното подрачје.

Клучни зборови: Сеизмичност, механизам на земјотрес, расед, земјотрес

1. ВОВЕД

Континуираното инструментално следење на сеизмичноста на територијата на Република Северна Македонија започнува од јули 1957 г., кога започнува со работа Сеизмолошката станица во Скопје, со систематско собирање на сеизмолошките податоци за новонастанатите и обработката на податоците за порано случените земјотреси на територијата на Македонија и околните подрачја, поставувајќи ги основите на истражувањата на сеизмичноста на оваа територија, а со тоа, и на демиркапиското подрачје. Епицентралното подрачје Демир Капија, се наоѓа во југоисточниот дел на Вардарската сеизмогена зона, а е дефинирано уште во првите истражувања на Сеизмолошката опсерваторија при ПМФ во Скопје. Сеизмичката активност на ова подрачје е дел од сеизмичката активност на Вардарската сеизмогена зона.

Во овој дел на Македонија во неотектонската етапа, како резултат на диференцираните движења, се формира мозаик на блокови кои имаат различно издигање, меѓу кои се наоѓаат релативно спуштени депрсии. Неотектонската реонизација на поширокото подрачје на ова епицентрално подрачје укажува на постоење на морфоструктури на издигање (планински блокови) и тонење (депрсии). Нивните природни граници се неотектонски раседи, кои се со различна големина и правец, но и различна современа активност.

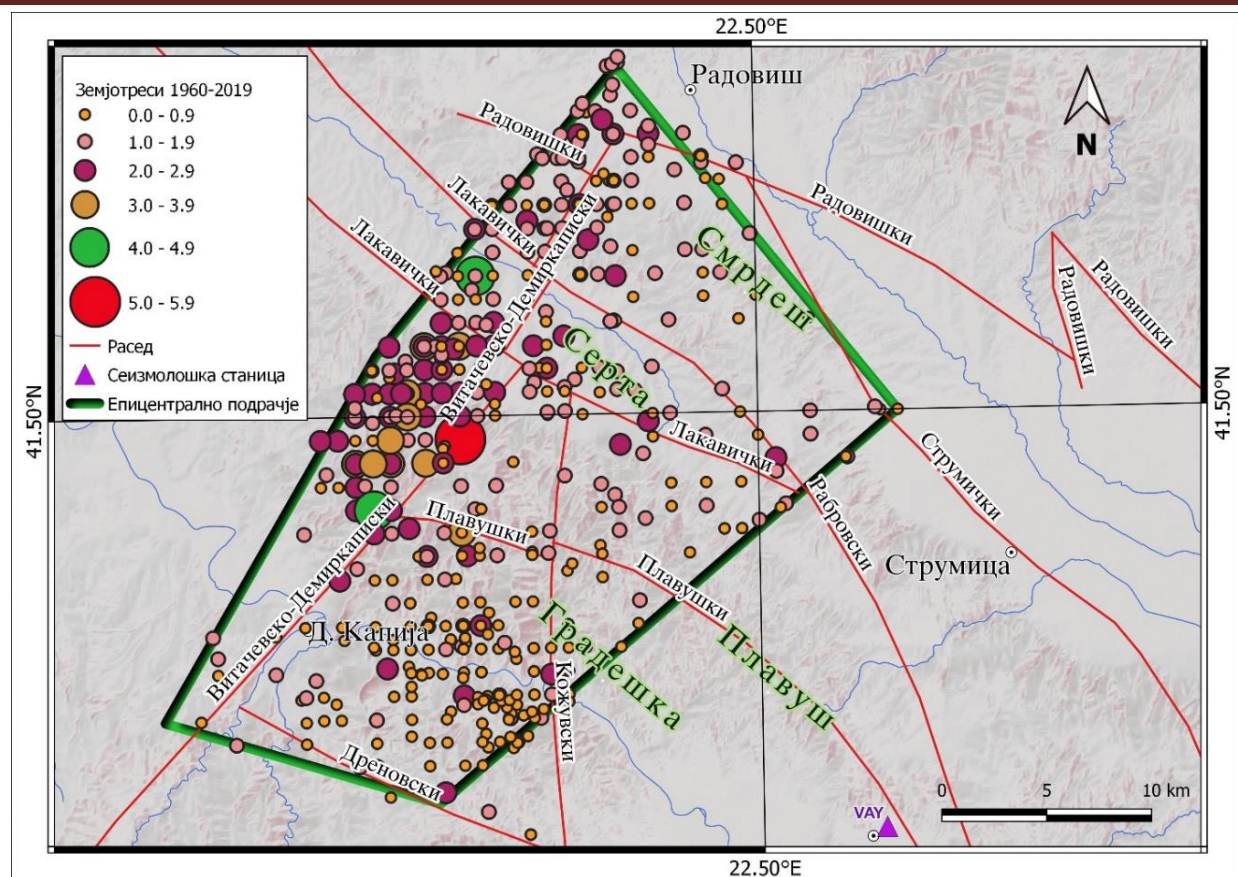
При деталните сеизмолошки истражувања на сеизмичката активност на епицентралното подрачје Демир Капија, се разгледува сеизмичкиот режим на дадената област. Тоа подразбира севкупност на сите регистрирани и лоцирани земјотреси во разгледуваниот период, во смисла на поврзаноста на земјотресните жаришта со точно одредени раседни дислокации, на честотата на појавата на земјотресите и на обликот на брановите форми на соодветните сеизмограми, за подетално да бидат издвоени карактеристиките, односно главните параметри за сеизмичноста. За таа цел се користат каталозите на земјотресите како еден од основните извори на податоци за детална и издржлива анализа на сеизмичкиот режим односно сеизмичноста на даденото подрачје.

2. СЕИЗМИЧНОСТ НА ЕПИЦЕНТРАЛНОТО ПОДРАЧЈЕ ДЕМИР КАПИЈА ЗА ПЕРИОД 1960-2019 ГОДИНА

Според долгогодишните истражувања на земјотресите во Македонија, голем дел од нејзината територија се одликува со епицентрални подрачја кои имаат висока или умерена сеизмичка активност. Демиркапиското епицентрално подрачје се карактеризира со умерена сеизмичка активност, каде е релативно честа појава на земјотреси со Рихтерова магнитуда $M_L < 4.0$, условени од интензивната активност на тектонските процеси и динамиката на тектонскиот склоп. Во регионална смисла, Демир Капија и околината се наоѓа во сеизмогено подрачје со релативно честа но умерена автохтона сеизмичка активност, последица на интензивните тектонски движења кои во ова подрачје се одвиваат во меѓусебните контакти на морфоструктурите на издигање и тонење. Овие меѓусебни контакти се раседните дислокации, кои настанале како резултат на кршење (дробење) на постојните преднеотектонски структури во неоген и квартал, кога доаѓа до интензивна манифестација на диференцирани тектонски движења.

Раседните дислокации кои во поширокиот дел го ограничуваат демиркапиското епицентрално подрачје се дел од Кожуфско–Струмичката група на раседи (исклучок е само Лакавичкиот расед кој е дел од Источно–Вардарската група на раседи). Границите на епицентралното подрачје, положбата на раседните дислокации, морфоструктурите на издигање и тонење со сите случени и лоцирани земјотреси во периодот од 1960-2019 г., се претставени на Сл.1.

Дреновскиот расед се простира на југозападната страна во епицентралното подрачје. Плавушкиот расед само со мал дел припаѓа на ова епицентрално подрачје, и тука е слабо изразен во релјефот. Делови од Струмичкиот расед и од Радовишкиот расед се протегаат во источниот дел од епицентралното подрачје. Витачевско-Демиркапискиот расед, со должина од околу 100 km, започнува од еден вулкански центар од западниот дел на Кожуф, го сече јужниот дел на платото Витачево и се манифестира во североисточен правец, пресекувајќи ја планината Серта одејќи до Радовиш. Претставува напречен расед дешифриран само со сателитски снимки, на коишто е јасно изразен. Овој расед се протега во југозападниот дел на разгледуваното епицентрално подрачје. Кожувскиот расед се протега долж источниот дел на Кожуф Планина и е средно изразен во релјефот. Лакавички расед се протега по средишниот дел и припаѓа на Источно-Вардарската група на раседи. Во разгледуваниот период од 1960-2019 г., се случиле вкупно 549 земјотреси, чии локални Рихтерови магнитуди се во границите на интервалот од 0.1 до 5.3.



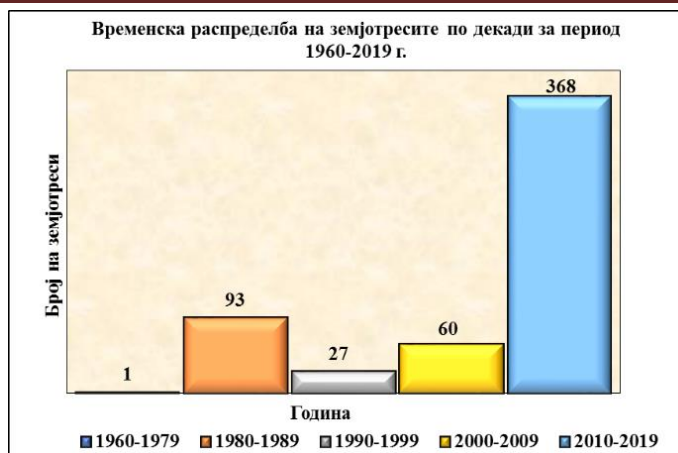
Сл 1. Сеизмотектонска карта на епицентрално подрачје Демир Капија за периодот 1960-2019 година

Од хистограмот претставен на Сл.2 следува дека бројот на земјотреси има невооодначена распределба по временски периоди од по десет години што се должи на применуваните методи за локација на земјотресите, но најмногу од развојот на самата сеизмолошка служба и сеизмолошка инструментација. Забележливо е дека изразито голем број на земјотреси дури 368, има во периодот од 2010 до крајот на 2019 г. чии магнитуди се во интервал $0.1 \leq M_L \leq 2.9$. Во две десетлетија 1960-1969 г. и 1970-1979 г. бројот на случените земјотреси е многу мал, еден земјотрес, што се должи на релативно сеизмички мирен период но и на примената на тогашните сеизмолошки инструменти, механички и електромагнетни сеизмографи (прва и втора генерација на сеизмолошки инструменти) со значително помала осетливост. Во периодот од 1980-1989 г., се забележани дури 93 земјотреси, чиј број се должи на серијата на земјотреси кои се слуја во 1985 г.

Од 1990 г. регистрацијата на земјотресите е тесно корелирана со инсталирањето на трета генерација на сеизмолошки инструменти со дигитална регистрација, при истовремено зголемување на бројот на сеизмолошките станици и нивно поврзување во телеметриска мрежа.

Во разгледуваниот период се има случено еден силен земјотрес во близина на градот Демир Капија, на 28.09.1985 г., во 14h 50min 16s UTC, со географски координати на епицентарот, соодветно, $\varphi=41.49^\circ\text{N}$ и $\lambda=22.33^\circ\text{E}$, хипоцентрална длабочина $h=15\text{km}$, локална Рихтерова магнитуда $M_L=5.3$ и со максимален интензитет $I_{\max}=\text{VII EMS-1998}$.

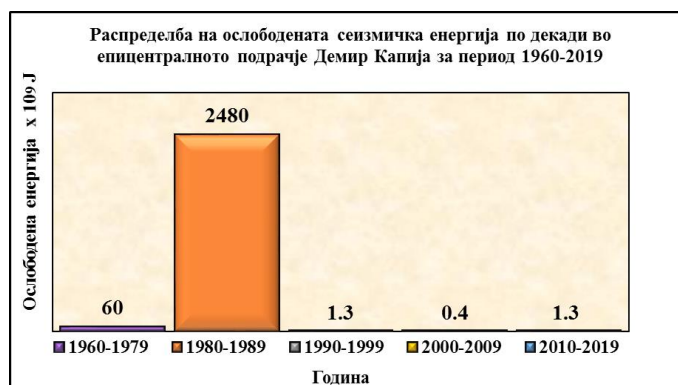
На хистограмот на Сл.3 прикажана е распределбата на земјотресите од демиркапиското епицентрално подрачје по магнитудни интервали од еден степен од Рихтеровата скала. Очигледно е опаѓање на бројот на земјотресите со зголемување на магнитудата. Во епицентралното подрачје за време на разгледуваниот период се случиле 546 земјотреси со магнитуда $M_L < 4.0$, при што најголем е бројот на земјотресите со магнитуди $0.1 \leq M_L \leq 0.9$, вкупно 259, а потоа следи бројот на земјотреси со магнитуди $1.0 \leq M_L \leq 1.9$, вкупно 190. Само три земјотреси имаат магнитуда $M_L \geq 4.0$.



Сл.2 Временска распределба на земјотресите од епицентралното подрачје Демир Капија по декади за периодот од 1960 до 2019 година



Сл.3 Распределба на земјотресите по магнитудни интервали од по еден степен според Рихтеровата скала



Сл.4 Временска распределба на ослободената сеизмичка енергија по декади во демиркапиското епицентрално подрачје за периодот 1960-2019

На Сл.4 прикажан е хистограмот на вкупната сеизмичка енергија ослободена по декади. Најголемо количество на сеизмичка енергија е ослободено во третата декада, 1980-1989 г., што се должи на најсилниот случен земјотрес во демиркапиското епицентрално подрачје, земјотресот од 28.09.1985 г., со Рихтерова локална магнитуда $M_L=5.3$ но и на последователната серија на земјотреси која после силниот земјотрес

слиди. Очигледно е дека токот на големо ослободување на сеизмичка енергија го следи појавувањето на силните земјотреси.

Во однос на хипоцентралната длабочина на регистрираните и лоцираните земјотреси, преовладува плитката распределба на хипоцентрите на земјотресите, од 5km до 30km, а најчесто од 10km до 15km. Ова укажува дека сеизмичноста на демиркапиското епицентрално подрачје, како и на територијата на Македонија е поврзана со деформациите во горните делови на литосферата, поточно со деструкцијата на Земјината кора условена од тектонските движења.

За три земјотреси со локални Рихтерови магнитуди $M_L > 4.0$ се одредија механизмите на жаришта со методата на знаците на првите Р поместувања. Механизмите на жариштето на овие три земјотреси се речиси идентични, што не зачудува, затоа што првиот од овие земјотреси е главен за цела серија земјотреси започната на крајот на септември 1985 г., а другите два земјотреса припаѓаат на таа серија. Во Таб. 1 задебелените параметри на една Р нодална рамнина означуваат нејзина идентификација како раседна рамнина за земјотресот, Н-хипоцентрално време, $\phi(0N)$, $\lambda(0E)$ -географски координати на епицентарот, h -хипоцентрална длабочина, M_L -локална магнитуда, ϕ -азимут на трагата на Р нодалната рамнина врз Земјината површина, δ -агол на наклон на Р нодалната рамнина, γ -агол на лизгање на горното крило на раседот придружен на Р нодалната рамнина, n-r-l- нормален десно латерален расед, n-l-l -нормален лево латерален расед.

Споредбата на овие механизми на жариштето и соодветните тектонски податоци укажуваат дека протегањето и наклонот на една од двете Р нодални рамнини сосема добро се сложува со протегањето и наклонот на Витачевско-Демиркапискиот расед односно се покажува дека овие земјотреси настанале поради динамизирањето на овој расед.

Репрезентативниот расед за ова епицентрално подрачје се одредува како расед долж којшто се распределени најголемиот број на епицентри на истражуваниите земјотреси, но и чиешто протегање и наклон се сложува со протегањето и наклонот на една од двете нодални рамнини на првите Р поместувања во одредените механизми на жариштата на земјотреси. Ова сложување всушност е и критериумот за идентификација на раседната рамнина за еден земјотрес од двете нодални рамнини на првите Р поместувања во соодветното решение на механизмот на жариштето. Дополнителен, но и многу важен услов за утврдување на репрезентативен расед на едно епицентрално подрачје е нему да му се придружува што поголем број на епицентрите и на послабите земјотреси. Сложувањето помеѓу одговорот на решенијата на механизмите на жариштата на земјотресите и просторната распределба на најголемиот број на епицентрите долж некоја раседна дислокација се доволни аргументи, Витачевско-Демиркапискиот расед, да се смета за репрезентативен расед на епицентралното подрачје Демир Капија.

Табела 1. Механизми на жариштата или стереографски проекции на фокалните сфери за земјотреси, со сè знаците и нодалните рамнини на првите Р поместувања.

Главни параметри на земјотресите		Р нодална рамнина I				Р нодална рамнина II				“Beach-balls“ дијаграми
Датум, H (h:min:sUTC)	$\phi(^{\circ}N)$, $\lambda(^{\circ}E)$ M_L , h (km)	$\phi_{s,I}$ ($^{\circ}$)	δ_I ($^{\circ}$)	γ_I ($^{\circ}$)	тип на расед	$\phi_{s,II}$ ($^{\circ}$)	δ_{II} ($^{\circ}$)	γ_{II} ($^{\circ}$)	тип на расед	
28.09.1985, 14:50:15.7	41.49, 22.33 $M_L = 5.3$, h = 15.0km	24 NNE	33 ESE	-175	n-r-l	290 WNW	87 NNE	-57	n-l-l	
01.10.1985, 13:25:01.2	41.56, 22.34 $M_L = 4.1$, h = 22.0km	29 NNE	38 ESE	-165	n-r-l	287 WNW	81 NNE	-53	n-l-l	
02.10.1985, 02:32:52.6	41.46, 22.28 $M_L = 4.6$, h = 17.0km	39 NNE	33 ESE	-167	n-r-l	298 WNW	83 NNE	-58	n-l-l	

4. ЗАКЛУЧОК

Според досегашните набљудувања на Сеизмолошката опсерваторија при ПМФ во Скопје, епицентралното подрачје Демир Капија се одликува со умерена сеизмичка активност. Примената на сеизмолошки

инструменти со дигитална регистрација кои се карактеризираат со висока осетливост, укажува на зачестена сеизмичка активност на раседните дислокации изразена преку појава на слаби и умерени земјотреси. Бидејќи денес во науката не постојат практични методи и постапки со кои еднозначно би можело да се прогнозираат земјотресите во одредено подрачје, постои реалната опасност од земјотреси за Демир Капија и нејзината околина. Затоа деталните инструментални сеизмолошки истражувања, заедно со геолошките, сеизмотектонските и инженерско-сеизмолошките истражувања го дефинираат моделот на сеизмичноста, зачестеноста на појавата на земјотреси со определен интензитет, како и јачината на очекуваните земјотреси во иднина.

ЛИТЕРАТУРА

- Арсовски, М. (1996). *Тектоника на Македонија*, Штип, Рударско-геолошки факултет.
- 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., & Василевски, Н. (1998). *Основни карактеристики на сеизмичноста на територијата на Република Македонија*, Скопје Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Природно-математички факултет, Сеизмолошка опсерваторија.
- Пекевски, Л. (1999). *Сеизмички бранови од блиски земјотреси во вискозно-еластичен модел на Земјината кора на територијата на Р. Македонија*, докторска дисертација, Сеизмолошка опсерваторија при Природно-математички факултет.
- SORM – Сеизмолошка опсерваторија при Природно-математичкиот факултет во Скопје, *Каталози на земјотресите во Република Северна Македонија и пограничните подрачја за годините 1960–2019*, Фонд на Сеизмолошката опсерваторија при Природно-математичкиот факултет–Скопје.