



ЗРГИМ

**X СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ СО
МЕЃУНАРОДНО УЧЕСТВО**

ПОДЕКС – ПОВЕКС '17

**03 ÷ 05. 11. 2017 година
Охрид**

**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА
ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

Зборник на трудови:

ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ

Издавач:

Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија
www.zrgim.org.mk

Главен и одговорен уредник:

Проф. д-р Дејан Мираковски

Уредник:

Доц. д-р Стојанче Мијалковски

За издавачот:

м-р Горан Сарафимов, дипл.руд.инж.

Техничка подготовка:

Доц. д-р Стојанче Мијалковски

Изработка на насловна страна:

Асс. д-р Ванчо Аџиски

Печатница:

Дуна, Скопје

Година:

2017

Тираж:

150 примероци

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

622.22/23:622.3(062)

СТРУЧНО советување со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'16 (8; 2016; Струмица)

Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини: зборник на трудови / IX

стручно советување со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'16 11-13.11.2016 година Струмица;

[главен и одговорен уредник Зоран Панов, Стојанче Мијалковски]. - Штип:

НУ Универзитетска библиотека "Гоце Делчев", 2016-258 стр.: илустр.; 30 см

Abstracts кон трудовите. - Библиографија кон трудовите

ISBN 978-608-242-019-6

а) Рударство – Експлоатација – Минерални сировини – Собири

COBISS.MK-ID 99826186

Сите права и одговорности за одпечатените трудови ги задржуваат авторите. Не е дозволено ниту еден дел од оваа книга да биде репродуциран, снимен или фотографран без дозвола на авторите и издавачот.



ОРГАНИЗАТОР:

**ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ
ИНЖЕНЕРИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**

www.zrgim.org.mk



КООРГАНИЗАТОР:

**УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” - ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО**

НАУЧЕН ОДБОР:

Проф. д-р **Зоран Десподов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Зоран Панов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Дејан Мираковски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Тодор Делипетров**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Благој Голомеов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Орце Спасовски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Доц. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Слободан Вујиќ**, Рударски Институт, Белград, Р. Србија.
Проф. д-р **Милорад Јовановски**, УКИМ, Градежен факултет, Скопје, Р. Македонија;
Проф. д-р **Витомир Милиќ**, Технички факултет во Бор, Р. Србија;
Проф. д-р **Радоје Пантовиќ**, Технички факултет во Бор, Р. Србија;
Проф. д-р **Ивица Ристовиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Раде Токалиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Војин Чокорило**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Владимир Павловиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Божо Колоња**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Јоже Кортник**, Факултет за природни науки и инженерство, Љубљана, Словенија;
Проф. д-р **Јакоб Ликар**, Факултет за природни науки и инженерство, Љубљана, Словенија;
Проф. д-р **Верослав Молнар**, БЕРГ Факултет, Технички Универзитет во Кошице, Р. Словачка;
Проф. д-р **Петар Атанасов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;
Проф. д-р **Венцислав Иванов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;
Проф. д-р **Петар Даскалов**, Научно – технички сојуз за рударство, геологија и металургија, Софија, Р. Бугарија;
д-р **Кремена Дедељанова**, Научно – технички сојуз за рударство, геологија и металургија, Софија, Р. Бугарија;
м-р **Саша Митиќ**, Рударски Институт, Белград, Р. Србија.

ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР:

Претседател:

Проф. д-р **Дејан Мираковски**, УГД, ФПТН, Штип.

Потпретседатели:

Доц. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип;
Драган Димитровски, ДИТИ, Скопје;
Митко Крмзов, Еуромакс Ресурсис, Струмица.

Генерален секретар:

м-р **Горан Сарафимов**, ЗРГИМ, Кавадарци.

ЧЛЕНОВИ НА ОРГАНИЗАЦИОНИОТ ОДБОР:

Митко Крмзов, Еуромакс Ресурсис, Струмица;
Мице Тркалески, Мермерен комбинат, Прилеп;
Зоран Костоски, Мраморбјанко, Прилеп;
Шериф Алиу, ЗРГИМ, Кавадарци;
Филип Петровски, Минерал проект, М. Каменица;
Драган Димитровски, ДИТИ, Скопје;
м-р **Драги Пелтечки**, Еуромакс Ресурсис, Струмица
м-р **Љупче Ефнушев**, Министерство за економија, Скопје;
м-р **Горан Сарафимов**, ЗРГИМ, Кавадарци.
м-р **Кирчо Минов**, Рудник за бакар “Бучим”, Радовиш;
м-р **Зоран Богдановски**, АД ЕЛЕМ, РЕК Битола, ПЕ Рудници, Битола;
м-р **Борче Гоцевски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;
м-р **Благоја Георгиевски**, АД ЕЛЕМ, РЕК Битола, ПЕ Рудници, Битола;
м-р **Сашо Јовчевски**, ЗРГИМ, Кавадарци;
м-р **Горан Стојкоски**, Рудник “Бела Пола”, Прилеп;
м-р **Костадин Јованов**, ЗРГИМ, Кавадарци;
м-р **Трајче Бошевски**, Рудпроект, Скопје;
Ненад Лазаровски, ДУНА Скопје;
Чедо Ристовски, Рудник “САСА”, М. Каменица;
Антонио Антевски, “Булмак” - Рудник “Тораница”, К. Паланка;
Дарко Начковски, “Булмак” - Рудник “Злетово”, Пробиштип;
Димитар Стефановски, “Булмак” - Рудник “Злетово”, Пробиштип;
Драган Насевски, ГИМ, Скопје;
Лазе Атанасов, ДИТИ, Скопје;
Миле Стефанов, Рудник “Бањани”, Скопје;
Живко Калевски, Рудник “Осломеј”, Кичево;
Марија Петровска, Стопанска Комора, Скопје;
Љупчо Трајковски, ЗРГИМ, Кавадарци;
Емил Јорданов, ГД “Гранит” АД, Скопје;
Пепа Мицев, “Ве група”, Радовиш;
Орхан Рамадановски, “Кнауф”, Дебар;

Проф. д-р **Зоран Десподов**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Зоран Панов**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Дејан Мираковски**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Борис Крстев**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Мирјана Голомеова**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Ристо Дамбов**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Николинка Донева**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Ристо Поповски**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Марија Хаџи-Николова**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Афродита Зенделска**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Радмила Каранакова Стефановска**, УГД, ФПТН, Штип;
Асс. д-р **Ванчо Аџиски**, УГД, ФПТН, Штип.

**X СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:
“ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА
НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ”
- со меѓународно учество –**

03 Ноември 2017, Охрид
Република Македонија

ОРГАНИЗАТОР:

ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ ИНЖЕНЕРИ
НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
www.zrgim.org.mk

КООРГАНИЗАТОР:

УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО
www.ugd.edu.mk



ЗРГИМ

X СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

“Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини”

ПОДЕКС – ПОВЕКС '17

Охрид

03 ÷ 05. 11. 2017 год.

ПРЕДГОВОР

Меѓународното стручно советување за подземната експлоатација на минералните сировини (ПОДЕКС), за првпат се одржа на 06.12.2007 год. во Пробиштип во организација на Сојузот на Рударските и Геолошките Инженери на Македонија (СРГИМ).

Од 2012 година советувањето е проширено со трудови од површинската експлоатација на минерални сировини и е именувано како ПОДЕКС-ПОВЕКС.

Стручното советување, на тема: технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини, традиционално се одржува секоја година во месец ноември. На ова советување земаат учество голем број на стручни лица од: рударската индустрија, универзитетите, научно-истражувачките и проектантските организации, производителите на опрема и др.

На досегашните девет советувања (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2015 и 2016 год.) учествуваа повеќе автори од 10 држави, кои презентираа 242 стручни трудови.

За ова десетто советување (ПОДЕКС - ПОВЕКС '17) пријавени се 33 труда, на автори од 2 држави.

Големиот број на трудови од домашните автори произлезе како резултат на научно-истражувачката работа реализирана на високообразовните институции во Р. Македонија. Меѓутоа, посебно не радува учеството на автори од непосредното рударско производство, кои што презентираат постигнати резултати во рударската пракса.

Се надеваме дека традицијата за собирање на сите специјалисти од областа на подземната и површинската експлоатација на минералните сировини, ќе продолжи и дека во идниот период ова советување ќе прерасне во меѓународен симпозиум.

Уредници



AMGEM

X EXPERT CONFERENCE THEMED:

“Technology of underground and surface mining of mineral raw materials”

PODEKS - POVEKS '17

**Ohrid
03 ÷ 05. 11. 2017.**

FOREWORD

The International expert conference on underground mining of mineral raw materials (PODEKS), organized by the Association of Mining and Geology Engineers of Macedonia (AMGEM), was first held on 06.12.2007 in Probishtip.

Since 2012, in this counseling, surface exploitation of mineral resources is included too, and it is called PODEKS-POVEKS.

This expert conference called: Technology of underground and surface mining of mineral raw materials, traditionally, has been organized annually during November. A number of experts from the mining industry, universities, research institutions, planning companies, and equipment manufacturing companies participate in this conference.

Many authors from 10 countries participated in the previous nine conferences (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2015 and 2016) presenting 242 expert papers. Thirty-three authors from 2 countries have registered their expert papers for the Xth conference (PODEKS - POVEKS '17).

The large number of expert papers from the domestic authors has emerged as a result of the research work carried out at the higher education institutions in the Republic of Macedonia. We are particularly delighted by the participation of the authors involved in the immediate mining production who will be presenting the achieved results in the mining practice.

We hope that the tradition of gathering of all specialists from the field of underground and surface mining of mineral raw materials will continue and that this conference will grow up to an international conference in the future.

The Editors



ЗРГИМ
Здружение на
рударски и
геолошки инженери
на Македонија

X СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

**Технологија на подземна и површинска експлоатација
на минерални сировини**

ПОДЕКС – ПОВЕКС '17

**Охрид
03 ÷ 05. 11. 2017 год.**

СОДРЖИНА

ЗАШТИТА НА ЖИВОТНА И РАБОТНА СРЕДИНА

МОНИТОРИНГ НА ПРАШИНА ВО РУДАРСКАТА ИНДУСТРИЈА, ЗОШТО И КАКО? * Дејан Мираковски, Николајчо Николов, Борче Гоцевски, Марија Хаџи-Николова, Иван Боев.....	1
СЛЕДЕЊЕ НА КВАЛИТЕТОТ НА ВОЗДУХОТ ВО ОКОЛИНАТА НА ПРЕДЛОЖЕНИОТ ПОВРШИНСКИ КОП „ИЛОВИЦА-ШТУКА“ * Драги Пелтечки, Вера Ѓоргиева, Теодора Стојанова, Љубица Панова, Никола Механџиски, Митко Крмзов.....	10
УНАПРЕДУВАЊЕ НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА ВО РУДНИК САСА * Марија Стојановска.....	25
МЕТОДИ ЗА ОТСТРАНУВАЊЕ НА ЦИЈАНИДИ ОД РУДНИЧКИ ВОДИ * Мирјана Голомеова, Афродита Зенделска, Благој Голомеов, Борис Крстев.....	32
ИНТЕНЗИТЕТ НА ВРНЕЖИТЕ И АНАЛИЗА НА ГОЛЕМИ ВОДОТЕЦИ ВО РУДНИКОТ „СУВОДОЛ“ – БИТОЛА * Костадин Јованов.....	42
НЕУТРАЛИЗАЦИЈА НА ПОВРШИНАТА НА ДЕПОНИЈАТА ЗА ЛУЖЕЊЕ ВО КОМПЛЕКСОТ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА КАТОДЕН БАКАР „КАЗАНДОЛ“ – ВАЛАНДОВО * Трајче Бошевски.....	51
ПЛАН ЗА ВОНРЕДНИ СОСТОЈБИ – СУШТИНСКИ ДЕЛ ОД СИСТЕМОТ ЗА УПРАВУВАЊЕ СО БЕЗБЕДНОСТА ПРИ РАБОТА * Марија Хаџи-Николова, Дејан Мираковски, Николинка Донева, Борче Гоцевски, Станке Тасковски.....	56
БЕЗБЕДНА РАБОТА ВО ЗАТВОРЕНИ (ОГРАНИЧЕНИ) ПРОСТОРИ * Станке Тасковски, Борче Гоцевски, Марија Хаџи – Николова, Стојанче Мијалковски.....	64
СИСТЕМ ЗА ИНСТАЛИРАЊЕ И АПЛИКАЦИЈА НА “QR КОД” ВО РУДАРСКАТА ИНДУСТРИЈА * Ванчо Аџиски, Далибор Серафимовски, Зоран Десподов, Стојанче Мијалковски.....	72
МЕРКИ ЗА БЕЗБЕДНОСТ ПРИ РАБОТА ЗА РАКУВАЧИТЕ НА РУДАРСКИ МАШИНИ ВО ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА * Анкица Илијева Стошиќ.....	82

СОВРЕМЕНА РУДАРСКА ПРАКТИКА

ИСЦРТУВАЊЕ НА ИЗОХИПСИ ЗА ПОТРЕБИ ВО РУДАРСТВОТО И ГЕОЛОГИЈАТА * Стојанче Мијалковски, Зоран Десподов, Дејан Мираковски, Ванчо Аџиски, Николинка Донева.....	91
ВЛИЈАНИЕ НА РЕЖИМОТ НА ДУПЧЕЊЕ НА ОШТЕТУВАЊАТА КАЈ КРУНИТЕ ЗА ДУПЧЕЊЕ * Ристо Дамбов, Николинка Донева, Илија Дамбов.....	103
PRODUCTIVITY ANALYSIS OF THE COMBINED TECHNOLOGY FOR QUARRYING UTILIZING CHAIN CUTTERS AND DIAMOND WIRE SAWS * Ivaylo Kopriv, Dimitar Kaykov.....	112
ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА НА НЕЕКСПЛОЗИВНИ СМЕСИ ЗА ЦЕПЕЊЕ И ДОБИВАЊЕ НА КОМЕРЦИЈАЛНИ МЕРМЕРНИ БЛОКОВИ * Ристо Дамбов, Никола Р'жаникоски, Игор Стојчески, Илија Дамбов.....	119
УПОТРЕБА НА СОФТВЕРИ И МЕРНИ ИНСТРУМЕНТИ СО ЦЕЛ ЗА ПОЕФИКАСНИ И ПОБЕЗБЕДНИ МИНИРАЊА ВО ПОВРШИНСКАТА ЕКСПЛОАТАЦИЈА * Орхан Рамадановски.....	126
АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД ИЗРАБОТКА НА ХОДНИК ВО ШКРИЛЕЦ СО ПРИМЕНА НА ДВЕ ТЕХНОЛОГИИ ВО РУДНИК „САСА“ * Николинка Донева, Зоран Десподов, Дејан Ивановски, Марија Хаџи-Николова, Стојанче Мијалковски.....	135
ТЕНДЕНЦИЈА ЗА ПРИМЕНА НА СОВРЕМЕНА ТОВАРНО-ТРАНСПОРТНА МЕХАНИЗАЦИЈА ВО РУДНИКОТ “ЗЛЕТОВО” * Дарко Начковски, Ванчо Гоцевски.....	141
КЛАСИФИКАЦИЈА НА ПЕПЕЛТА ОД ТЕРМОЦЕНТРАЛАТА РЕК БИТОЛА ВО МАКЕДОНИЈА И МОЖНОСТИ ЗА НЕЈЗИНА УПОТРЕБА * Тена Шијакова-Иванова, Весна Зајкова Панова, Виолета Стефанова, Виолета Стојанова.....	153
ТЕХНО-ЕКОНОМСКИ И ЕКОЛОШКИ ПРЕДНОСТИ НА НЕКОНВЕНЦИОНАЛНИ МЕТОДИ ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ЈАГЛЕНИ * Радмила Каранакова Стефановска, Зоран Панов, Ристо Дамбов, Ристо Поповски.....	161
НЕКОИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА СЕИЗМИЧНОСТА НА ПОДРАЧЈЕТО РАДОВИШ-СТРУМИЦА-ВАЛАНДОВО (Р. МАКЕДОНИЈА) * Ристо Поповски, Зоран Панов, Лазо Пекевски, Благица Донева, Радмила Каранакова Стефановска.....	168

ГЕОТЕХНИКА И ГЕОЛОГИЈА

СОВРЕМЕНИ МЕТОДИ ЗА ГЕОТЕХНИЧКИ МОНИТОРИНГ И МОДЕЛИРАЊЕ КАЈ ПОВРШИНСКА И ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА * Игор Пешевски, Јован Бр. Папик, Милорад Јовановски.....	179
ОДРЕДУВАЊЕ НА КВАЛИТЕТОТ НА ГРАДЕЖНО-ТЕХНИЧКИ КАМЕН * Љупче Ефнушев, Ѓорѓи Димов, Благица Донева.....	191

ГЕОМЕХАНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ВАРОВНИКОТ ОД НАОЃАЛИШТЕТО “РАШАНЕЦ” И НИВНА КОРЕЛАЦИЈА СО БРЗИНАТА НА ЕЛАСТИЧНИТЕ БРАНОВИ * Ѓорѓи Димов, Војо Мирчовски, Виолета Стефанова, Гоше Петров, Благица Донева.....	199
ГЕОМЕТАЛУРГИЈА * Марјан Делипетрев, Гоце Златков, Благица Донева, Зоран Панов, Радмила Каранакова Стефановска, Ристо Поповски, Крсто Блажев.....	207
НАОЃАЛИШТЕ ЗА ЈАГЛЕН „ЛАВЦИ,, - РЕСЕН * Александар Стоилков, Ласте Ивановски, Маја Јованова, Пеце Муртановски.....	215
МЕНАЏМЕНТ, ИСТРАЖУВАЊЕ НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ И РУДНИЧКА ГЕОЛОГИЈА * Орце Спасовски.....	225
ГЕОЛОШКО-ЕКОНОМСКА ОЦЕНКА НА РУДНАТА ЖИЦА БР. 4 ОД РУДНИЦИТЕ ЗА ОЛОВО И ЦИНК “ЗЛЕТОВО” * Никола Богатиновски.....	235
ПОТЕНЦИЈАЛ НА ПРИЛЕПСКО ПОЛЕ ВО ОДНОС НА ЈАГЛЕНОСНОСТА * Александар Стоилков, Пеце Муртановски, Маја Јованова, Сашо Цветковски...	244
ХЕМИСКИ СОСТАВ НА АЛУВИЈАЛНО ЗЛАТО ОД НЕКОИ ЛОКАЛИТЕТИ ВО Р. МАКЕДОНИЈА * Виолета Стефанова, Тена Шијакова-Иванова, Војо Мирчовски.....	250
ГРАВИМЕТРИСКИ ИСТРАЖУВАЊА НА НАОЃАЛИШТА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ * Благица Донева, Тодор Делипетров, Марјан Делипетрев, Крсто Блажев, Ѓорѓи Димов.....	258
СЕКУНДАРНИ СИЛИЦИСКИ СУРОВИНИ ВО КВАРТЕРНИ КОНТИНЕНТАЛНИ ФОРМАЦИИ * Крсто Блажев, Благица Донева, Ѓорѓи Димов, Марјан Делипетрев.....	267
ЛИТОСТРАТИГРАФСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА КРЕДНИТЕ СЕДИМЕНТИ ВО ВАРДАРСКАТА ЗОНА * Гоше Петров, Виолета Стојанова, Војо Мирчовски.....	272
ЛИТОСТРАТИГРАФИЈА НА ЕОЦЕНСКИТЕ СЕДИМЕНТИ ВО СРПСКО-МАКЕДОНСКИОТ МАСИВ, РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈ * Виолета Стојанова, Гоше Петров, Тена Шијакова-Иванова.....	280



ЗРГИМ
Здружение на
рударски и
геолошки инженери
на Р. Македонија

X^{TO} СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

**Технологија на подземна и површинска експлоатација на
минерални сировини**

ПОДЕКС – ПОВЕКС '17

Охрид
03 – 05. 11. 2017 год.

НЕКОИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА СЕИЗМИЧНОСТА НА ПОДРАЧЈЕТО РАДОВИШ-СТРУМИЦА-ВАЛАНДОВО (Р. МАКЕДОНИЈА)

**Ристо Поповски¹, Зоран Панов¹, Лазо Пекевски², Благица Донева¹,
Радмила Каранакова Стефановска¹**

¹Универзитет Гоце Делчев, Факултет за природни и технички науки,
Штип, Македонија

²Универзитет Св. Кирил и Методиј, ПМФ - Сеизмолошка опсерваторија,
Скопје, Македонија

Апстракт: Во рамките на изучувањата на сеизмичкиот hazard на територијата на Р. Македоније, беа применувани веројатностни методи, теоријата на екстремните вредности и новодетерминистичкиот пристап во определувањето на параметрите на сеизмичког hazard. Тука, секако се многу битни резултатите од изучувањето на параметрите на сеизмичноста на подрачјето на Р.Македонија. Избрано е подрачјето помеѓу градовите: Радовиш-Струмица-Валандово како дел од територијата на Р.Македонија, кое припаѓа делумно на двете главни сеизмогени зони во Р. Македонија, но во кое се вклучени и неколку локални епицентрални подрачја. Квалитативната и квантитативната процена на ефектите на идните земјотреси врз избраната територија се важни влезни параметри во идното планирање.

Клучни зборови: сеизмичност, веројатност, екстрем, ново детерминистички hazard

SOME CHARACTERISTICS OF THE SEISMICITY ON THE TERRITORY RADOVISH-STRUMICA-VALANDOVO (R. MACEDONIA)

**Risto Popovski¹, Zoran Panov¹, Lazo Pekevski², Blagica Doneva¹,
Radmila Karanakova Stefanovska**

¹University Goce Delcev, Faculty of Natural and Technical Sciences, Stip, Macedonia

²University Ss Cyril and Methodius, Seismological Observatory, Skopje, Macedonia

Abstract: Within the study of seismic hazard on the territory of the Republic of Macedonia were applied probability methods, the theory of extreme values and new deterministic approach in determining the parameters of seismic hazard. Here, of course, very important are the results of the study of seismicity parameters on the territory of the Republic of Macedonia. Selected is an area between the towns of Radovis - Strumica - Valandovo as part of the territory of the Republic Macedonia, which partly belongs to two major seismic zones in the Republic Macedonia, which includes several local epicenter areas. Qualitative and quantitative assessment of the effects of future earthquakes on the selected territories are important inputs to future planning.

Key words: seismicity, probability, extreme, neodeterministic hazard

1. ВОВЕД

Една од целите на изучувањето на сеизмичноста и сеизмичкиот hazard на одредено подрачје се и квалитативната и квантитативната процена на ефектите на идните земјотреси врз избраната територија. Изборот на методата која се применува најмногу е условена природата на расположивите податоци за сеизмичноста на истражуваното подрачје.

Врз основа на сеизмолошки податоци, каталог на земјотресите, каталогот на изосеистите и сеизмотектонските услови на подрачјето на Македонија, се покажало дека јасно се диференцираат сеизмогени зони: источно македонска зона, вардарска зона и западно македонска зона, во кои, по своите карактеристики се издвојуваат определен број на епицентрални подрачја.

Избрано е подрачјето помеѓу градовите: Радовиш-Струмица-Валандово како дел од територијата на Р. Македонија, кое припаѓа делумно на двете главни сеизмогени зони во Р. Македонија, но во кое се вклучени и неколку локални епицентрални подрачја. Понатаму ќе бидат прикажани резултатите на повеќе истражувачки работи во изучувањето на сеизмичкиот hazard на територијата на Р. Македонија. Во овие истражувања во определувањето на параметрите на сеизмичкиот hazard, беа применувани веројатностни методи, теоријата на екстремните вредности и новодетерминистичкиот пристап.

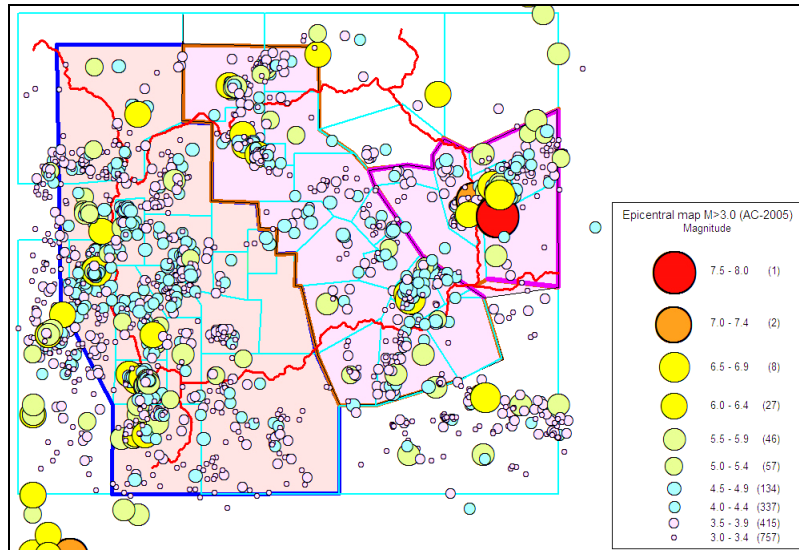
Резултатите најчесто се презентираат во форма на карти на кои се нанесени вредностите на избраниот параметар за даден временски период, кој вообичаено се однесува на појава на иден земјотрес со одредена големина, во одреден повратен период т.е. во очекуваното време на повторување на набљудување на таков настан.

Споредбата на резултатите на истражувањата регионалната сеизмичност и сеизмичкиот hazard, покажаа разлики во вредностите на избраните параметри на сеизмичката реонизација. Од сите истражувања земени се споредени максималните вредности на очекуваното дејство од идните земјотреси за повратен период од ~500 години.

2. ПОДАТОЦИ

Основен извор на податоци е обединетиот каталог на земјотресите во Р.Македонија и блиските погранични подрачја е за периодот 1900-2010 година. Тој е синтеза на каталогот на земјотреси за периодот 1901-1970 и каталогот за периодот 1971-2010 [1], и епицентралната карта на овие земјотреси е прикажана на Слика 1. Тектонскиот склоп на целото подрачје на Р.Македонија [3], сеизмогените зони и соодветните епицентрални подрачја беа определени во рамките на повеќе истражувања [2, 3].

Врз основа на избраните сеизмолошки податоци и сеизмотектонските услови на подрачјето на Македонија, се покажало дека јасно се издиференцирани епицентрални подрачја во кои детално било разгледувано придушувањето на интензитетот на земјотресите во зависност од епицентралната оддалеченост. Тоа е од посебна важност со оглед на тоа дека со помош на добиените вредности за коефициентите на емпириските релации на придушувањето на макросеизмичкиот интензитет за одделните епицентрални подрачја, како и за главните сеизмогени зони, определени се карактеристики поврзани со распространувањето на сеизмичките бранови.



Слика 1. Епицентрална карта на Р. Македонија (АС-2005 г.)

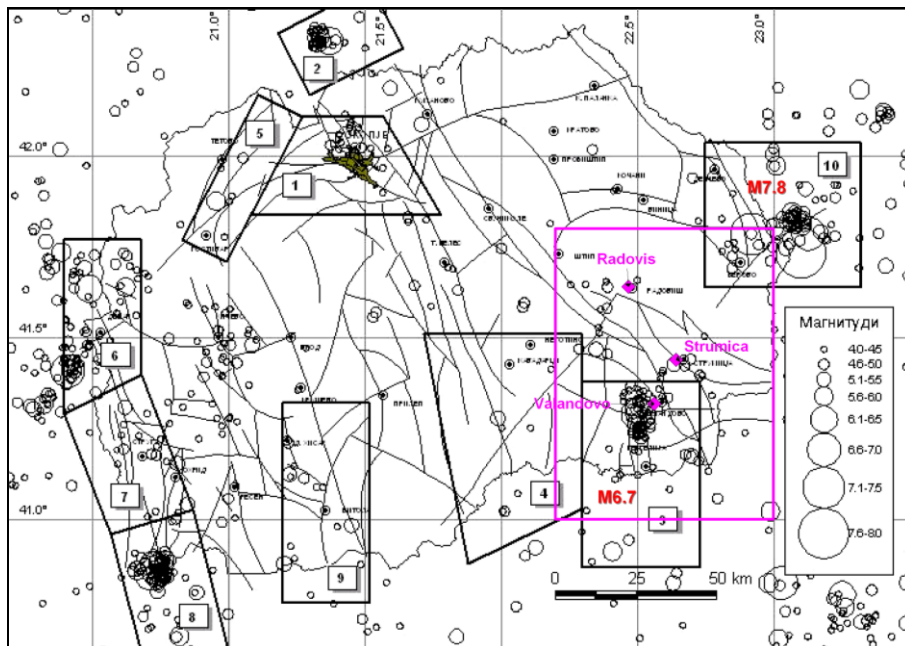
За анализа е избрано подрачјето помеѓу градовите: Радовиш-Струмица-Валандово како дел од територијата на Р. Македонија кое се карактеризира со посебна автохтона сеизмичка активност, но кое во исто време е изложено и на сеизмичкото дејство на соседните сеизмички активни епицентрални подрачја. Ова подрачје зафаќа делумно делови на двете главни сеизмогени зони во Р. Македонија; вардарската и источно македонската, каде се вклучени и неколку локални епицентрални подрачја; валандовското и подрачјето Пехчево-Кресна. Ова подрачје било изложувано во минатото на дејствата на силни локални земјотреси (Валандово 1931, М6.7), но и на дејството на силните земјотреси од соседните епицентрални подрачја (Пехчево-Кресна 1904, М7.8), како и од земјотресите кои припаѓаат во блиските сеизмогени зони надвор од територијата на Р. Македонија.

Одредувањето на сеизмогените зони и очекуваната максимална магнитуда на земјотресите во тие извори е од голема важност во оценката на сеизмичноста на истражуваното подрачје.

Се покажало дека употребата и анализата на сеизмолошките податоци не е доволна, туку се нужни и додатни геолошки и геодетски истражувања, вклучувајќи ја и обработката на одредени геофизички податоци. Ваквиот комплексен приод дал подобри резултати во определувањето на потенцијалните сеизмички извори и во проценката на магнитудата на најсилните земјотреси кои би се очекувале да настанат во иднина во овие извори. Применетата постапка со која биле определени сеизмогените извори на територијата на Р. Македонија се засноваше на анализата на динамиката на тектонските раседи, на геолошкиот развој на поедините тектонски структури и блокови, и времето на најинтензивната тектонска активност [4].

Сеизмичноста во избраното подрачје Радовиш-Струмица-Валандово е силно зависна од соседните сеизмогени извори. Тоа е јасно видно од картата на сеизмогените извори на Р.Македонија (Слика 2). Валандовскиот сеизмоген извор е исцело опфатен со истражуваното подрачје, додека сеизмогениот извор Пехчево-Кресна е само делумно.

Оваа распределба на сеизмогените извори на територијата на Р. Македонија е основа на сите постапки во определувањето на веројатноста за настанување на идните земјотреси, со одредена јачина и во одреден повратен период.



Слика 2. Карта на сеизмогени извори (означено е подрачјето на Радовиш-Струмица-Валандово)[4]

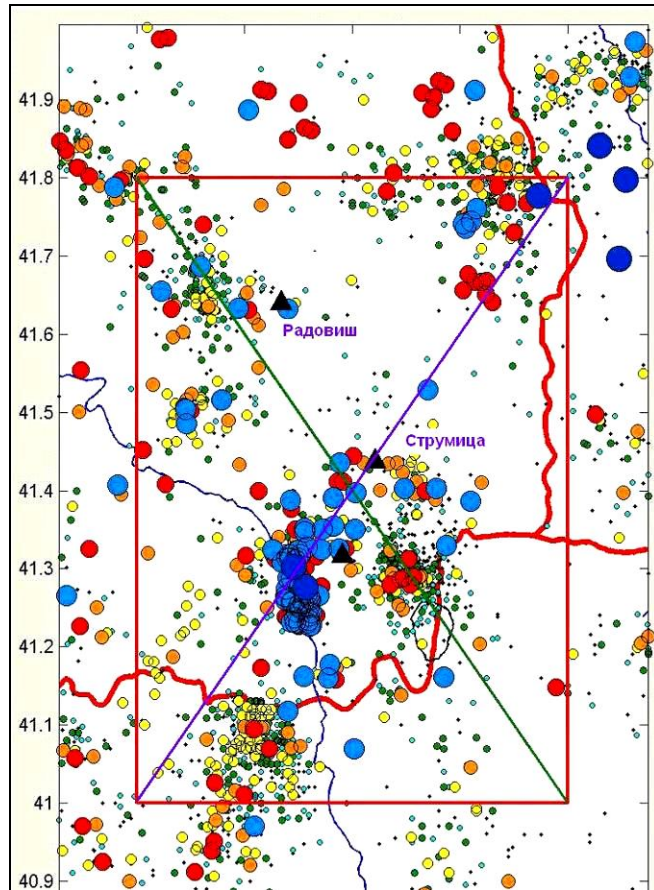
Од интерес е и определувањето на сеизмички активниот простор во Земјината кора на територијата на Р. Македонија. За да се види просторната распределба на хипоцентрите на земјотресите под подрачјето Радовиш - Струмица - Валандово, направени се вертикални профили вдоль двете дијагонали / правци (Слика 3): *правец 1* (41.8N,22.2E-41.0N,23.0E) и *правец 2* (41.8N,23.0E-41.0N,22.2E) и опфатено е подрачјето од 25 km. Претставени се распределбите на хипоцентрите на земјотресите во просторот под градовите; Радовиш, Струмица и Валандово (Слика 4 и Слика 5), како и низ целото истражувано подрачје.

Во поширокиот простор под Радовиш и Струмица има помал број на групирани хипоцентри, додека под Валандово се најгусто групирани во слојот од 7-25 km. Таму се наоѓаат и хипоцентрите на најсилните земјотреси од ова подрачје, додека во останатиот простор се гледа распределбата на многу послабите земјотреси.

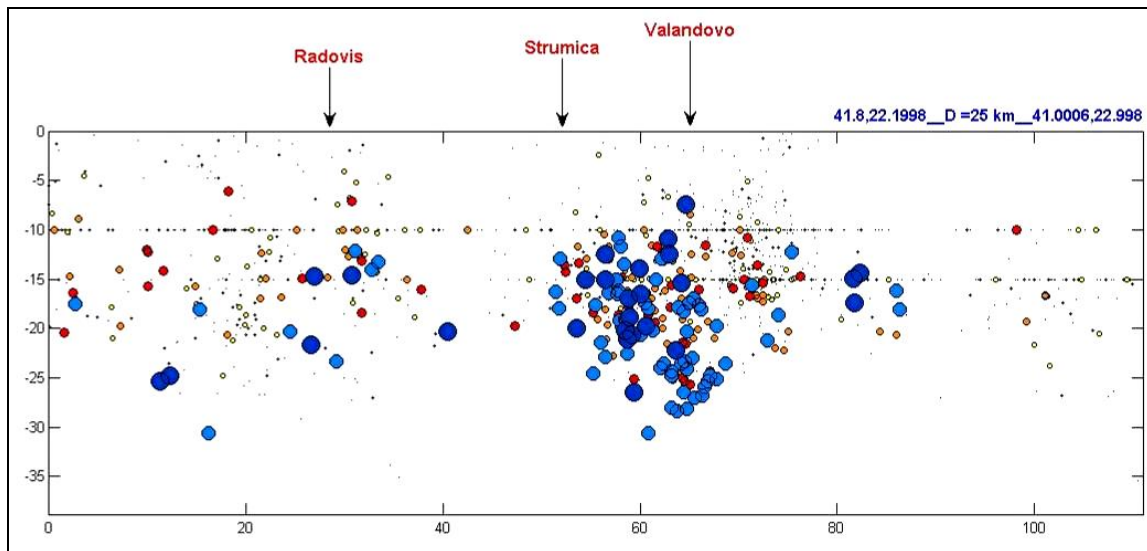
3. ОБЕДИНЕТИ РЕЗУЛТАТИ

Квалитативната и квантитативната процена на ефектите на идните земјотреси на подрачјето Радовиш – Струмица – Валандово, се засноваше врз пресметувањето на избрани параметри: максималниот макросеизмички интензитет, максималната брзина и забрзување.

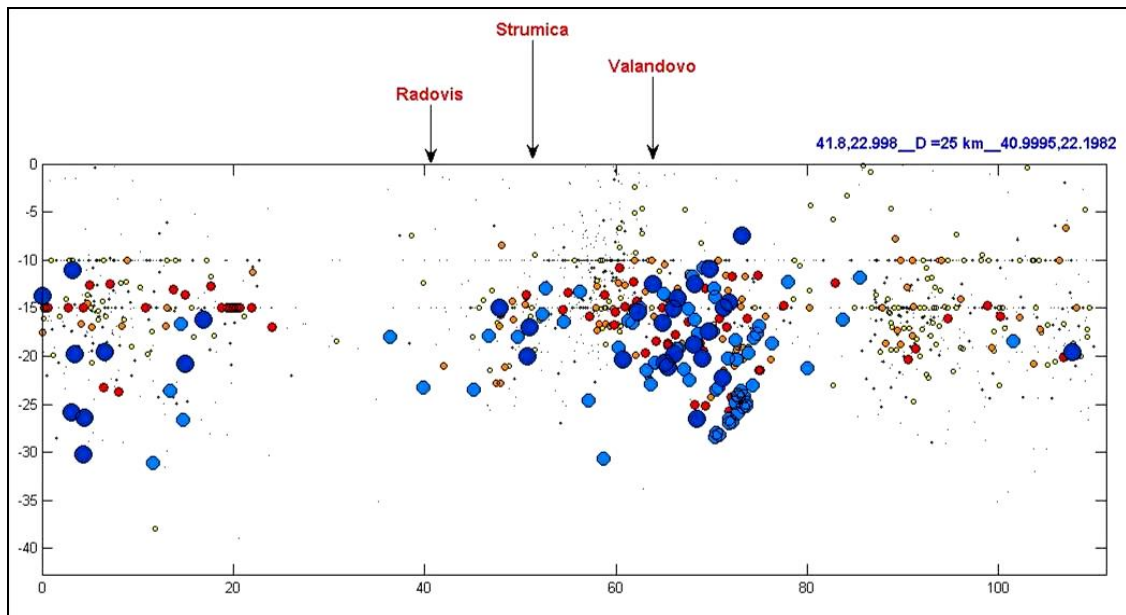
Применети беа веројатностни методи, теоријата на екстремните вредности и новодетерминистичкиот пристап. При тоа резултатите најчесто се презентираат во форма на карти на кои се нанесени вредностите на избраниот параметар за даден временски период. Тоа вообичаено се однесува на повратниот период на даден настан, т.е. очекуваното време на повторување на тој настан, односно се определуваше сеизмичкиот hazard.



Слика 3. Распределба на епицентрите на земјотресите во подрачјето Радовиш-Струмица-Валандово (1901-2010):
 правец 1 (зелен): 41.8N,22.2E-41.0N,23.0E
 правец 2 (виол.): 41.8N,23.0E-41.0N,22.2E



Слика 4. Просторна распределба на хипоцентрите на земјотресите во подрачјето Радовиш-Струмица-Валандово (1901-2010), долж пресекот 41.8N,22.2E-41.0N,23.0E

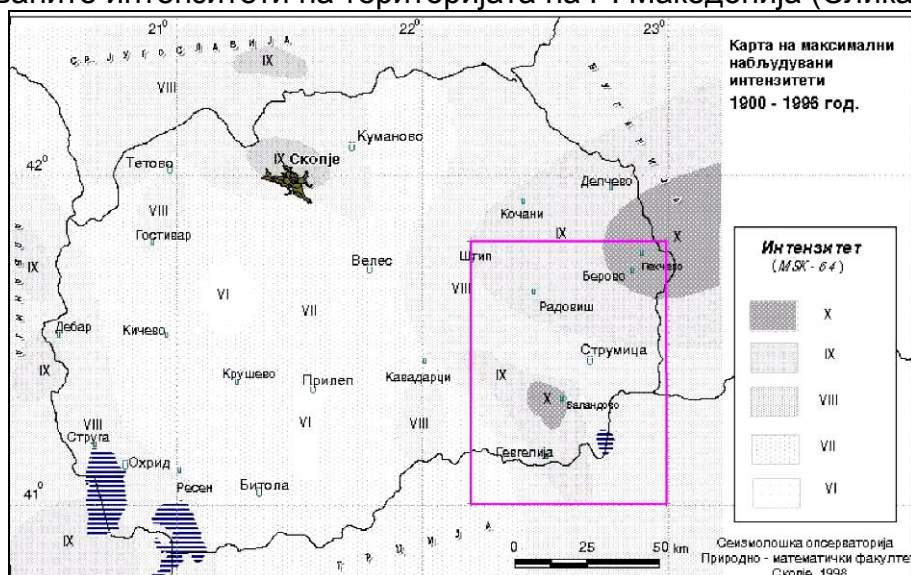


Слика 5. Просторна распределба на хипоцентрите на земјотресите во подрачјето Радовиш-Струмица-Валандово (1901-2010), долж пресекот $41.8N, 23.0E-41.0N, 22.2E$

3.1. Максимален набљудуван интензитет

Макросеизмичкиот интензитет на сеизмичкото дејство на земјотресите е избран заради комплетноста на податоците за интензитетите на земјотресите, кои се случиле на територијата на Македонија и пограничните области во разгледуваниот период од 1901 до 2010 година.

Картата на максималните набљудувани интензитети претставува една од основните подлоги во изучувањето на сеизмичноста. Таа претставува синтеза на 605 карти на изосеисти на случените земјотреси во Македонија и пограничните подрачја и е еден од основните параметри на набљудуваната сеизмичност, со што е претставена фактичката распределба на набљудуваните интензитети на територијата на Р. Македонија (Слика 6) [1].



Слика 6. Карта на максимални набљудувани интензитети на територијата на Р. Македонија (1901-1996)

Во сеизмолошкото истражување засновано на емпириските податоци, секогаш се поаѓа од претпоставката е дека она што се случило во минатото може да се повтори во иднина. Овде не е земена компонентата време и таа формално не се поврзува со даден временски период, но условно може да се земе дека временскиот повратен период е неограничен и од тој аспект картата на максималните набљудувани интензитети (Слика 6) може да послужи како подлога за донесување на одредени заклучоци за сеизмичноста на подрачјето, но и може да послужи за идно планирање.

4. ПРИМЕНЕТИ ПОСТАПКИ

Применети беа веројатностни методи, теоријата на екстремните вредности и новодетерминистичкиот пристап. При тоа, резултатите најчесто се презентираат во форма на карти на кои се нанесени вредностите на избраниот параметар за даден временски период. Тоа вообичаено се однесува на повратниот период на даден настан, т.е. очекуваното време на повторување на тој настан, односно се определуваше сеизмичкиот хазард.

4.1. Максимален очекуван интензитет (метода на екстремите)

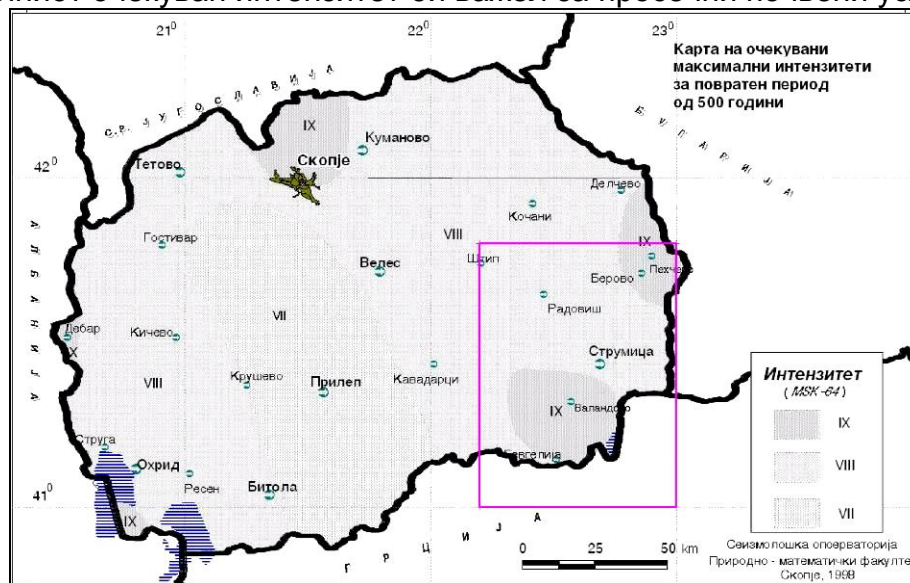
За разлика од Поасоновата дистрибуција која ја зема во предвид, и ја пресметува, фреквенцијата на настанување на *ретките* настани, во методата на екстремите покрај фреквенциите, вклучени се и нивните износи одн. големините, кое што од своја страна е од посебна важност при изучувањето на честината на појавата на екстремните настани.

При реонизацијата по максималните очекувани интензитети, како параметар се зема максималниот интензитет на макросеизмичкото дејство кое се очекува на дадена локација, како резултат од дејството на земјотресите во регионот во иднина. Преку примената на методата на екстремите на распределби, чии примероци се интензитетите на максималните годишни земјотреси, се пресметува максималниот интензитет на очекуваниот земјотрес во одреден повратен период за избрана единична површина на подрачјето на Македонија.

За секоја ваква единична површина, од атласот на картите на изосеистите се избрани екстремните вредности на набљудуваниот макросеизмички интензитет од дејството на земјотресите кои се случиле во избраната година на територијата на Р.Македонија. Во случај на многу силни земјотреси со магнитуди поголеми од М6, разгледувани беа и изосеистите на земјотресите од поширокото подрачје на Балканскиот Полуостров. Членовите на примероците не го даваат *сумарното дејство* на земјотресите за избраната година, туку го даваат нејголемиот по вредност набљудуван макросеизмички интензитет. Тој се зема како максимален годишен интензитет, годишен екстрем, за избраната единична површина.

На слика 7 е прикажана карта на максимални очекувани интензитети на земјотресите на територијата на Р. Македонија за повратен период од 500 години, добиена со примена на методата на екстремите. Јасно се воочува дека во избраното подрачје Радовиш-Струмица-Валандово, за овој повратен период (500 години) би се очекувало максималното макросеизмичко дејство во валандовското епицентрално подрачје да биде со интензитет од 9 степени според МСК-64 скалата, додека за Радовиш и Струмица тој интензитет е 8

степени, Веројатноста за нивното набљудување за 500 години изнесува 63%. Максималниот очекуван интензитет би важел за просечни почвени услови [1].



Слика 7. Карта на максимални очекувани интензитети на земјотресите на територијата на Р. Македонија за повратен период од 500 години (примена на теоријата на екстрими)[1]

4.2. Максимално очекувано забрзување (веројатносни методи)

Максималниот макросеизмички интензитет, како мерка за јачина на очекуваните идни земјотреси, квантитативно го дефинира потенцијалот на просторот кој би бил изложен на деструктивното дејство на идните земјотреси. Тој не е инженерски ориентиран параметар бидејќи не дава информации за нивото на силата на која ќе бидат објектите и останатата инфраструктура во текот на нивната експлоатација.

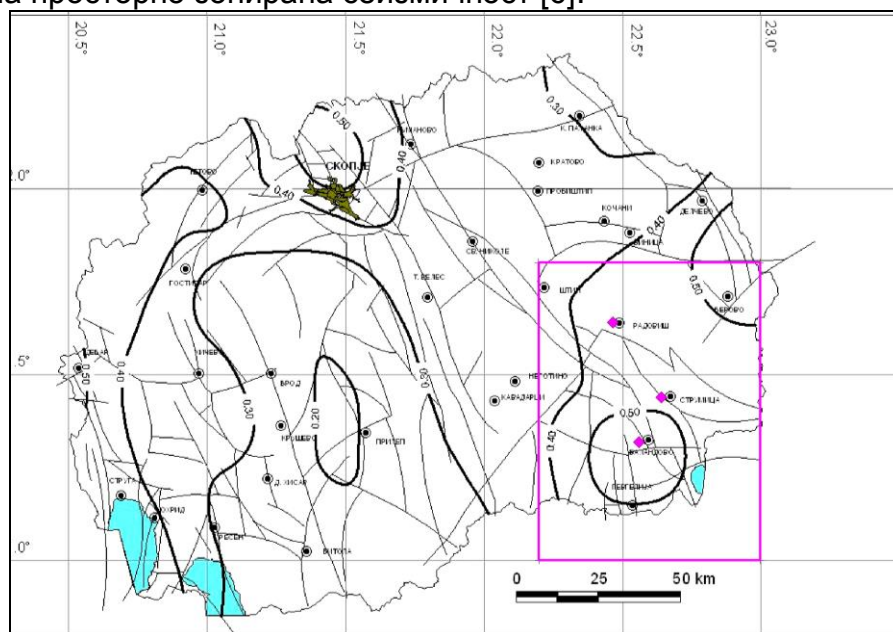
Зонирањето, одн. реонизацијата зависи од целите за кои тоа се врши. Односот помеѓу инерцијалните сили на кои објектите се изложени при сеизмички дејства и забрзувањето како физичка големина е право пропорционален, со фактор кој е еднаков на масата на изложениот елемент или конструктивниот систем. Поради тоа, зонирање по однос на максимални забрзувања веќе голем број години е конвенција во земјотресното инженерство.

За процена на максималните забрзувања се користи веројатносниот пристап кој ги интегрира ефектите од сите можни сеизмички извори кои имаат влијание на локацијата од интерес, преку пресметувањето на комбинирана веројатност од нивното надминување. На Слика 8 е дадена распределбата на максималните забрзувања на тлото, добиени со истражувањата на сеизмичкиот hazard во рамките на Просторниот план на Р. Македонија [1]. Пресметани се за избран е повратниот период од 500 години во кој се очекува соодветното максимално забрзување за средни почвени услови.

Во подрачјето од интерес, за повратен период од 500 години и веројатност од 63%, би се очекувале максимални забрзувања од 0.5g за Валандово и 0.4g за подрачјето на Радовиш-Струмица.

Според најновите истражувања на сеизмичкиот hazard на Р. Македонија, применет е пристапот заснован на два, концепциски претставени, различни модели за сеизмичноста:

- модел на просторно осреднета сеизмичност [5] ;
- модел на просторно зонирана сеизмичност [6].



Слика 8. Максимални очекувани забрзувања за повратен период од 500 години [1]

Барана е веројатноста за набљудување на надминувањето на избраната вредност на одреден параметар за кој се пресметува сеизмичкиот hazard и тоа за: максимални хоризонтални или вертикални забрзувања; спектрални вредности на забрзување, брзина или поместување; сеизмички интензитет. Преку определени трансформации е овозможено определувањето и мапирањето на сеизмичкиот hazard во однос на избраните параметри, за било кој повратен период од интерес, со соодветна веројатност за надминување во определен временски период од интерес.

Дел од резултатите од оваа комплексна анализа [7], картата на сеизмичкиот hazard на Р. Македонија за повратен период од 475 години (со веројатност на надминување од 10% во период од 50 години), прикажана е на Слика 9. Пресметаните хоризонтални максималните очекувани забрзувања се за почвени услови A ($V_{s30} = 800 \text{ m/s}$).

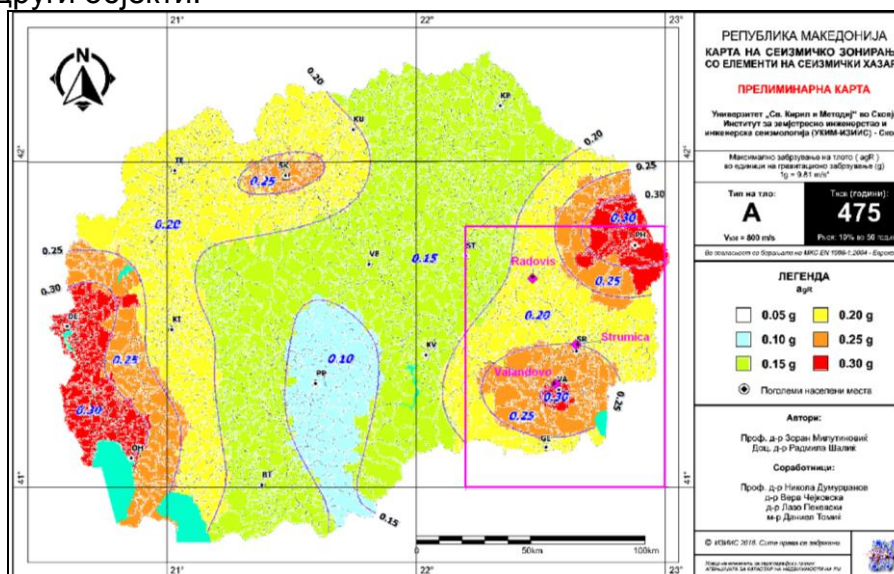
Добиените хоризонтални забрзувања за Радовиш-Струмица изнесуваат $0.2g$, додека во подрачјето на Валандово тие се во интервалот $0.25-0.3g$.

4.3. Максимално очекувано забрзување (новодетерминистичка метода)

Во контекст на квалитативните и квантитативните карактеристики на влезните податоци во пресметувањето на сеизмичкиот hazard, по соодветен е новодетерминистичкиот пристап. Се добива многу пореалистичен и физички издржан опис на движењето на почвата под дејство на земјотрес избрана магнитуда и на одредено растојание [8].

Во основата на оваа метода е примената на определени техники на моделирање на физичките процеси во жариштето на земјотресот и средината низ која се шират сеизмичките бранови. Суштината е во генерирањето на нумерички сеизмограми за земјотреси од соодветни познати сеизмогени извори, а во отсуство на појава на реални силни земјотреси, битни за

веројатносните методи. Нумеричките сеизмограми или акцелерограми се генерираат брзо и можат да се користат како сеизмички влез во соодветни инженерски постапки во анализата на сеизмичкиот одговор на различни типови градби и други објекти.



Слика 9. Карта на максимални очекувани хоризонтални забрзувања на земјотресите на територијата на Р. Македонија за повратен период од 475 години пресметани за тип на тло A ($V_{s30} = 800 \text{ m/s}$) за чие надминување во тек на период од 50 години се очекува со веројатност од 10% [7].

Постапката на моделирање се изведува со различна сложеност, која зависи од расположивите предзнаења за геолошките, геофизичките, сеизмолошките и сеизмотектонските карактеристики на истражуваното подрачје.

Процесот на генерирање на нумерички сеизмограми или акцелерограми бара да за секој сеизмоген извор се избира референтен набљудуван земјотрес.

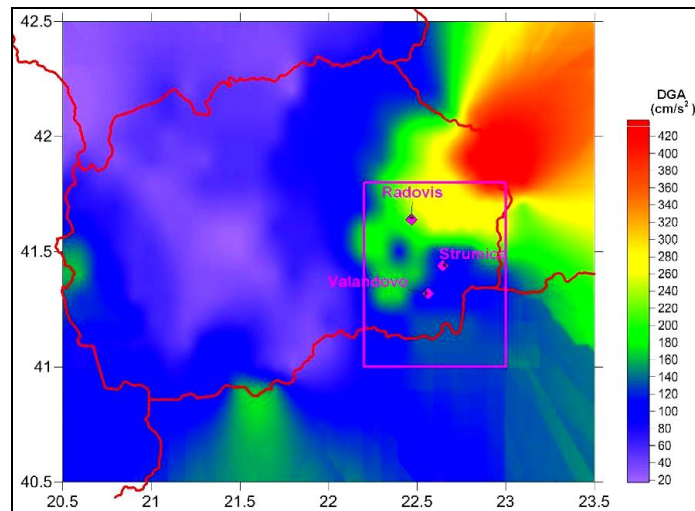
Проценката на сеизмичкиот hazard е во три фази:

- се определуваат сеизмичките извори, нивните структурални модели и се определуваат параметрите на репрезентативните земјотреси,
- се дефинираат релациите преку кои се проценуваат параметрите на движењето на тлото (поместување, брзина и забрзување) во однос на магнитудата на земјотресот, епицентралното растојание и влијанието на локалните почвени услови,
- избраниот параметар на сеизмичкиот hazard се пресметува за секое јазол од мрежата на која е поделено истражуваното подрачје.

Главната предност на оваа метода е во можноста за директна оценка на ефектот на механизмот на сеизмичкиот извор и распространувањето на сеизмичките бранови, а локалните почвени услови се воведуваат преку дизајнираните спектри при што DGA (дизајнирано забрзување на тлото) се добива од нумеричкиот спектар.

Врз основа на добиените максимални вредности на движењето на тлото за фреквенции до 1Hz, изработени се соодветни новодетеминистички карти на максималните вредности на забрзувањата за територијата на Р. Македонија [9], прикажана на (Слика 10).

За подрачјето на Радовиш во иднина би се очекувало максимално забрзување $180\text{-}220 \text{ cm/s}^2$, за Струмица и Валандово е $80\text{-}120 \text{ cm/s}^2$.



Слика 10. Карта на распределба на максималните забрзувања (новодетерминистички пристап) [9]

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Јордановски Љ., Пекевски Л., Чејковска В., Черних Д., Христовски Б., Василевски Н.: Основни карактеристики на сеизмичноста на територијата на Република Македонија, Сеизмолошка опсерваторија, Природно-математички факултет, Скопје. Реп.бр:1981-01, Скопје, 1998.
- [2] Арсовски, М., Петковски, Р.: *Неоктоника на СР Македонија*. Публикација 49, ИЗИИС. Скопје, 1975.
- [3] Arsovski, M., Petkovski, R., Hadzievski, D.: *Seismotectonic Properties of the Vardar Zone*: In: Karnik, V., Radu, C. (Editors): *UNDP/UNESCO Survey of the Seismicity of the Balkan Region. Proceedings of the Seminar on Seismic Zoning Maps (Skopje, 27 October - 4 November 1975), Vol. I*. UNESCO, Skopje, 1976.
- [4] Skoko D., Arsovski M., Hadzievski D.: *Odregjivanje zona mogucih zarista potresa na podrucju Jugoslavije*. Acta Seismologica Iugoslavica, No 4, 1976.
- [5] Kijko, A., Smit A: Extension of the b-value Estimator for Incomplete Catalogs. Bull. Seism. Soc. Am, Vol. 102, No 3, pp. 1283–1287. doi:10.1785/0120110226.2012.
- [6] Милутиновиќ, З., Шалиќ Р., Томиќ Д.: Сеизмички hazard и сеизмичко зонирање на Република Македонија, Институт за земјотресно инженерство и инженерска сеизмологија, Универзитет Св. Кирил и Методиј во Скопје, Извештај ИЗИИС 2016-18, Март 2016.
- [7] Милутиновиќ З., Шалиќ Р., Томиќ Д.: Карти на сеизмичко зонирање на Република Македонија согласно барањата на МКС EN 1998-1:2004 - ЕВРОКОД 8, ИЗИИС, Скопје, Август 2016.
- [8] Panza, G.F., Romanelli, F., Vaccari, F.: Seismic wave propagation in laterally heterogeneous anelastic media: theory and applications to seismic zonation. *Advances in Geophysics*, vol. 43. Academic Press, pp. 1–95., 2001.
- [9] Pekevski, L., D. Dojcinovski, G.F. Panza, F. Vaccari, F. Romanelli: Neodeterministic seismic hazard analysis of the territory of Republic of Macedonia. Central European Initiative. Unified seismic hazard mapping for the territory of Romania, Bulgaria, Serbia and Republic Macedonia - Project 1202.038-09. Unified representation of trans-frontalier macroseismic data sets. ICTP-Trieste, Italy, November 17-18, 2009.