

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
GEOFIZIČKI ODSJEK**

**POLIGON OS RH „EUGEN KVATERNIK” SLUNJ**

**REZULTATI PRAĆENJA LOKALNE SEIZMIČKE AKTIVNOSTI U  
2014. GODINI  
- STUDIJA -**

Tomislav Fiket, dipl.ing. fizike

dr. sc. Iva Dasović, dipl.ing. fizike

mr. sc. Ivo Allegretti, dipl.ing. fizike

prof. dr. sc. Davorka Herak, dipl.ing. fizike

prof. dr. sc. Marijan Herak, dipl.ing. fizike

mr. sc. Ines Ivančić, dipl.ing. fizike

Krešimir Kuk, dipl. ing. fizike

doc. dr. sc. Snježana Markušić, dipl.ing. fizike

Snježan Prevolnik, dipl.ing. fizike

mr. sc. Ivica Sović, dipl.ing. fizike

Zagreb, listopad 2015.

Voditelj Projekta:

mr. sc. Ivo Allegretti, dipl.ing. fizike

## **SADRŽAJ**

<b>1. UVOD</b>	<b>1</b>
<b>2. METODE RADA</b>	<b>2</b>
<b>3. REZULTATI RADA</b>	<b>7</b>
<i>3.1. Potresi epicentralnih udaljenosti         do 50 km od Slunja</i>	15
<i>3.2. Potresi epicentralnih udaljenosti         od 50 do 100 km od Slunja</i>	19
<i>3.3. Lokalni potresi na području Slunja         locirani u razdoblju od 1. siječnja 2007.         godine do 31. prosinca 2014. godine</i>	27
<b>4 . ZAKLJUČAK</b>	<b>31</b>
<b>5. LITERATURA</b>	<b>34</b>

## **1. UVOD**

Temeljem Okvirnog sporazuma između Ministarstva obrane Republike Hrvatske i Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu sklopljen je Ugovor o nabavi usluge praćenja stanja okoliša - seizmološki monitoring na VP „E. Kvaternik“ Slunj. Time su krajem 2006. godine počela istraživanja lokalne seizmičnosti Poligona i okolice. Primarni cilj istraživanja bio je ne samo upotpunjavanje saznanja o recentnoj seizmičkoj i seismotektonskoj aktivnosti šireg prostora oko Poligona nego i mogućnost eliminiranja eventualnih dilema o pojavi šteta na civilnim objektima šireg područja oko Poligona, kao i egzaktnog odgovora na pitanje uzroka potencijalno nastalih oštećenja.

Instrumentalno praćenje lokalne seizmičke aktivnosti na seizmološkoj postaji Slunj na Kuranovom vrhu provedeno je tijekom 2014. godine kao nastavak navedenih istraživanja.

Seizmološka postaja Slunj je od samog početka rada opremljena modernim digitalnim širokopojasnim trokomponentnim seismografom engleske firme Guralp. S obzirom na tehničke karakteristike, ovakav visokoosjetljivi seismograf omogućuje precizno i jednoznačno određivanje osnovnih parametara potresa lokalnog područja oko Poligona.

U ovoj Studiji prikazuju se rezultati rada navedene postaje u 2014. godini.

## **2. METODE RADA**

Od samog početka rada seizmološka postaja Slunj (sada na Kuranovom vrhu) opremljena je digitalnim mjernim sustavom engleskog proizvođača Güralp System Ltd.

U promatranom razdoblju (od 1. siječnja do 31. prosinca 2014. godine) na postaji je bio postavljen širokopojasni trokomponentni seizmometar tipa *CMG-3ESP*, 24-bitni analogno digitalni (AD) pretvornik tipa *CMG-DM24 S3* te GPS (Global Positioning System) vremenski modul.

Seizmometar ima jedan vertikalni i dva horizontalna senzora koji su međusobno okomiti s točnošću većom od 0.1 stupnja. Takva konstrukcija omogućava istovremeno mjerjenje gibanja tla u smjerovima gore-dolje (Z), sjever-jug (N-S) i istok-zapad (E-W). Instrument radi po principu naponske vase, koristeći silu povratne sveze za uravnoteženje mase njihala za vrijeme gibanja uzrokovanih potresom. Time je u području frekvencija od 0.03 do 50 Hz postignut ravan frekvencijski odziv instrumenta u odnosu na brzinu gibanja tla. Dakle, instrument frekventno prekriva gotovo cijelo područje gibanja tla izazvanog potresima i k tome bilježi sve tri prostorne komponente gibanja istovremeno. Linearnost je zadovoljena u području preko 100 dB, a dinamički raspon veći je od 140 dB.

Senzori seizmometra kao izlazni signal daju električni napon koji je proporcionalan brzini gibanja tla. Takav analogni signal zatim se digitalizira pomoću 24-bitnog trokanalnog AD pretvornika. Vremenski niz mjereneh podataka uzorkovan je s frekvencijom uzorkovanja od 50 Hz, dok je za vrijeme potresa („trigger“ mod) frekvencija uzorkovanja postavljena na 200 Hz što omogućuje prikupljanje većeg broja podataka za analizu. Na AD pretvornik priključen je GPS prijemnik koji daje vremensku bazu pomoću koje pripadni mikroprocesor u pretvorniku svakom pojedinom uzorku iz vremenskog niza mjereneh podataka pridjeljuje točno vrijeme. Tako dobiveni digitalizirani podaci pohranjuju se na računalo i spremni su za daljnju računalnu obradu.

Kako bi se osigurao što dulji neprestani rad instrumenta, na postaji je postavljen sustav autonomnog napajanja koji omogućuje rad opreme u slučaju nestanka električne struje (npr. zbog udara groma, radova na održavanju mreže i sl.). Time je osiguran neprekidni rad instrumenta kroz razdoblje od nekoliko dana. Nakon povratka struje kao izvor napajanja ponovno se koristi javna elektronaponska mreža.

Prijenos podataka u približno realnom vremenu u centar za obradu seismoloških podataka koji se nalazi na Geofizičkom odsjeku PMF-a u Zagrebu ostvaren je putem satelitskog prijenosa podataka. Na taj način omogućena je još bolja kontrola rada seismološke postaje Slunj, trenutni uvid u probleme u protoku podataka, kao i rana detekcija kvara postaje.

Digitalni zapisi seismograma seismološke postaje Slunj analizirani su programom SANDI2 koji je u tu svrhu razvijen na Geofizičkom zavodu. Točno vrijeme je primano GPS uređajem, a nastupna vremena su mjerena točno do na 0.001 s.

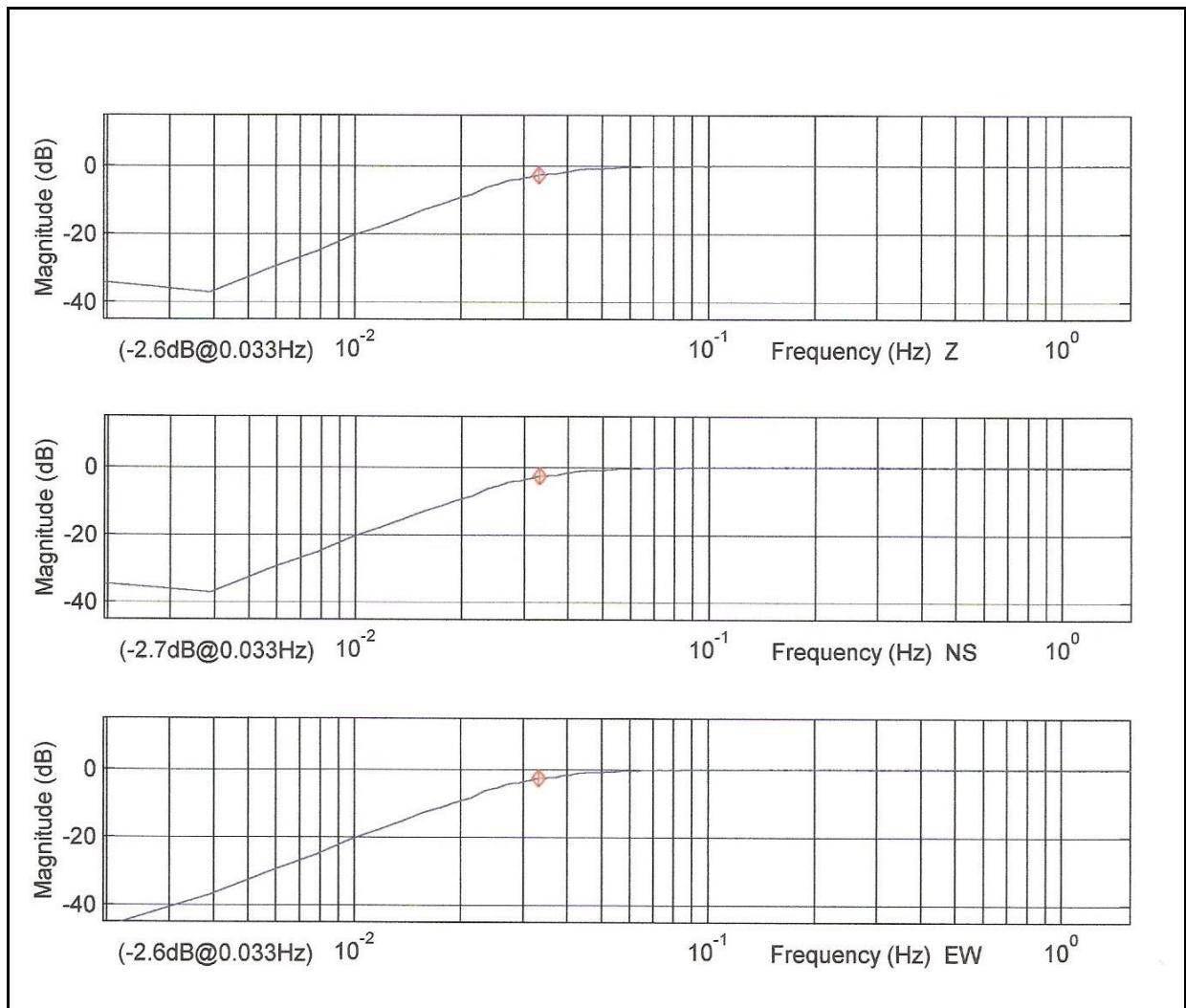
Osnovni parametri potresa (koordinate epicentra, dubina žarišta, vrijeme nastanka potresa) računati su HYPOSEARCH programom (Herak, 1989), pri čemu su uz registraciju seismografa na Poligonu, korišteni podaci stalnih i privremenih seismoloških postaja na području Republike Hrvatske, kao i svi dostupni podaci postaja iz susjednih i drugih država.

Tijekom 2011. godine, uslijed zahtjeva MORH-a izvršeno je izmještanje postaje s dotadašnje lokacije (Čatrnja) na novu lokaciju (Kuranov vrh), gdje se i trenutno nalazi.

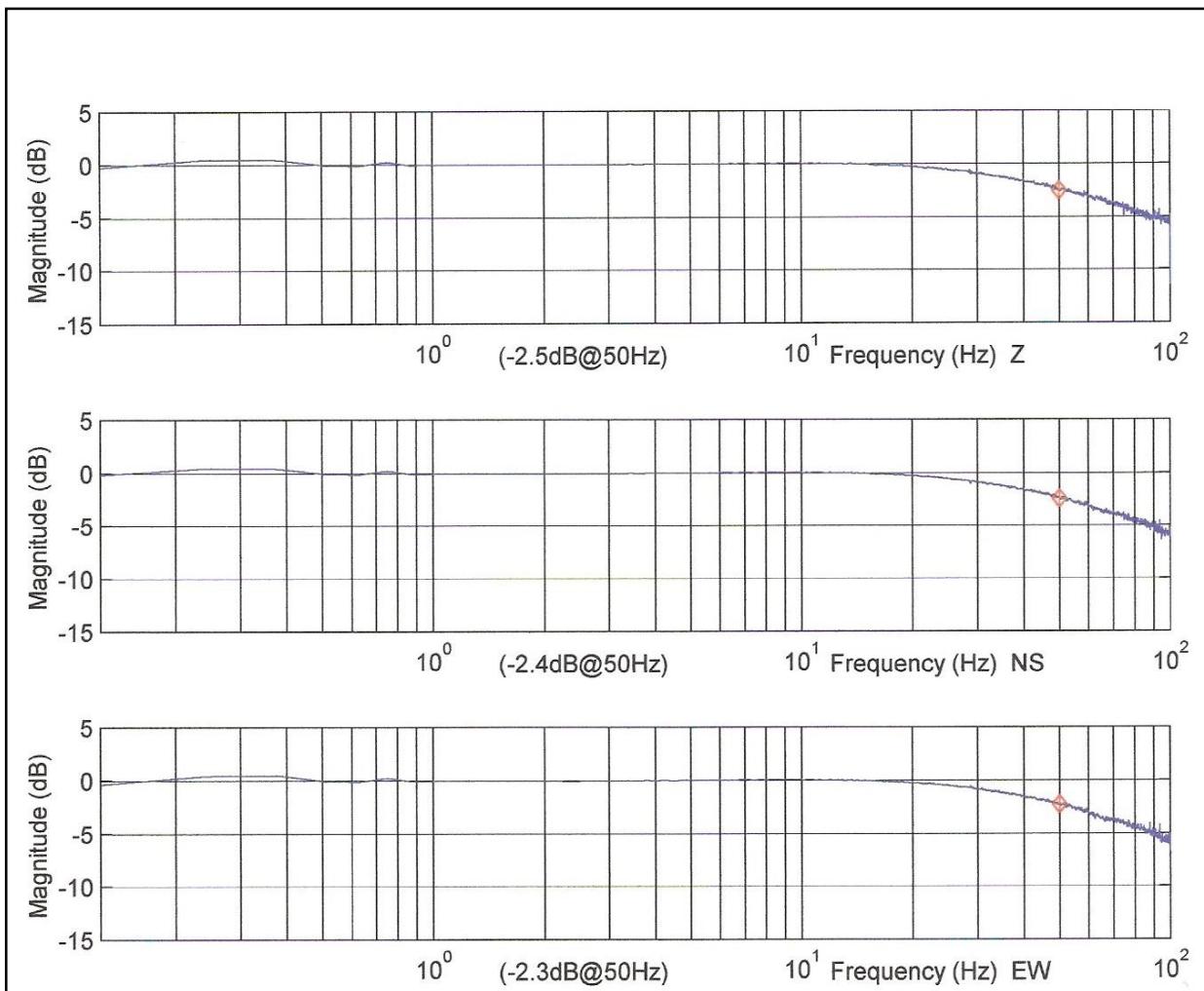
Do 2011. godine za potrebe istraživanja lokalne seizmičnosti Poligona radila je i seismološka postaja Kukača. Prestankom rada te postaje smanjena je kvaliteta i mogućnost detaljnijeg izučavanja lokalne seizmičnosti Poligona.

Magnituda potresa određuje se na temelju maksimalne amplitude brzine osciliranja tla. Sama se amplituda očitava iz registracije potresa pa je nužno

poznavati povećanje seismometra pri svakom periodu osciliranja tla. Takva frekventna karakteristika, definirana kao ovisnost odnosa registrirane amplitude i amplitude brzine gibanja tla o pripadnoj frekvenciji, prikazana je krivuljom dinamičkog povećanja instrumenta u odnosu na brzinu. Zbog velike dinamike digitalnog mjernog sustava postavljenog na postaji Slunj, krivulja dinamičkog povećanja instrumenta u odnosu na brzinu prikazana je u logaritamskom mjerilu. Uobičajena je praksa zasebno prikazati niskofrekventni i visokofrekventni dio te krivulje zbog širokog pojasa frekvencija unutar kojeg seismometar može registrirati gibanje tla. Prikazana je krivulja dinamičkog povećanja u odnosu na brzinu seismometra postavljenog na seismološkoj postaji Slunj (slike 2.1.a. i 2.1.b.).



**Slika 2.1.a.** Krivulja dinamičkog povećanja u odnosu na brzinu u niskofrekventnom području za seismometar postavljen na seismološkoj postaji Slunj na vojnom poligonu „Eugen Kvaternik”.



**Slika 2.1.b.** Krivulja dinamičkog povećanja u odnosu na brzinu u visokofrekventnom području za seismometar postavljen na seismološkoj postaji Slunj na vojnom poligonu „Eugen Kvaternik”.

Instrument postavljen na seismološkoj postaji Slunj namijenjen je radu u terenskim uvjetima. Unatoč tome za uredan i kvalitetan rad nužan je obilazak, kontrola ispravnosti rada i umjeravanje seismometra od strane stručne osobe, što je redovito obavljano tijekom 2014. godine. Pri umjeravanju seismometra provjeravalo se odstupanje od tvorničkih krivulja. Umjeravanje je izvođeno koristeći metodu simulacije potresa sinusnom strujom iz AD pretvornika (Willmore, 1959) ili je bila primijenjena funkcija skoka akceleracije na njihalo seismometra (Wielandt, 2002).

### 3. REZULTATI RADA

Iz Kataloga potresa Hrvatske i susjednih područja, koji je sačinjen na temelju zapisa seismografa Slunj (smještenog unutar Poligona na Kuranovom vrhu) te ostalih naših i inozemnih seismoloških postaja, izdvojeni su potresi locirani unutar kruga radijusa 100 km oko seismološke postaje Slunj (u dalnjem tekstu samo Slunj), a koji su se dogodili u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2014. godine. Locirani potresi razdijeljeni su u dvije grupe prema epicentralnim udaljenostima. Prva grupa obuhvaća **bliže lokalne** potrese do 50 km epicentralne udaljenosti, dok druga grupa obuhvaća **dalje lokalne** potrese od 50 do 100 km epicentralne udaljenosti.

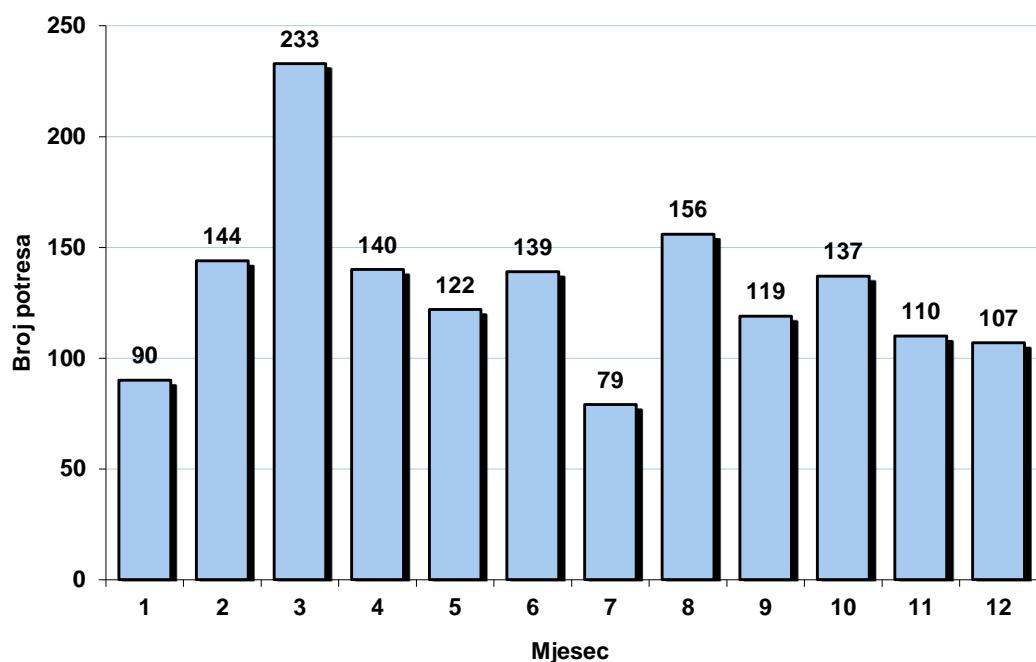
Tijekom 2014. godine unutar kruga radijusa 100 km oko Slunja locirano je sveukupno 1576 potresa. Od toga je:

- **231** potres iz epicentralnih udaljenosti do 50 km i
- **1345** potresa iz epicentralnih udaljenosti od 50 do 100 km.

Analizom vremenske i prostorne raspodjele lociranih lokalnih potresa stječe se kvalitetniji i temeljitiji uvid u najosnovnije značajke lokalne seizmičnosti promatranog područja.

**1. - Mjesečna razdioba čestina potresa** lociranih u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2014. godine prikazana je u obliku histograma na slici 3.1. Broj potresa lociranih po pojedinim mjesecima varira od 79 potresa, koliko je locirano tijekom srpnja do 233 potresa, koliko je locirano tijekom ožujka. Prema broju lociranih potresa seizmička aktivnost bila je gotovo jednaka u oba polugodišta. U prvom polugodištu locirano je ukupno 868 potresa, a u drugom 708. Varijabilnost broja lociranih potresa po mjesecima izraženija je tijekom prvog polugodišta, posebice zbog siječnja i ožujka koji značajno odstupaju od ostalih mjeseci u polugodištu (siječanj sa 90 potresa i ožujak sa 233 potresa). Ožujak je sa 233 locirana potresa mjesec s najviše lociranih potresa tijekom 2014. godine.

Drugo polugodište ima ravnomjernije raspoređene čestine lociranih potresa izuzev srpnja koji je sa 79 lociranih potresa mjesec s najmanje lociranih potresa u 2014. godini.



**Slika 3.1.** Histogram razdiobe lokalnih potresa po mjesecima iz epicentralnih udaljenosti do 100 km od Slunja, lociranih u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2014. godine.

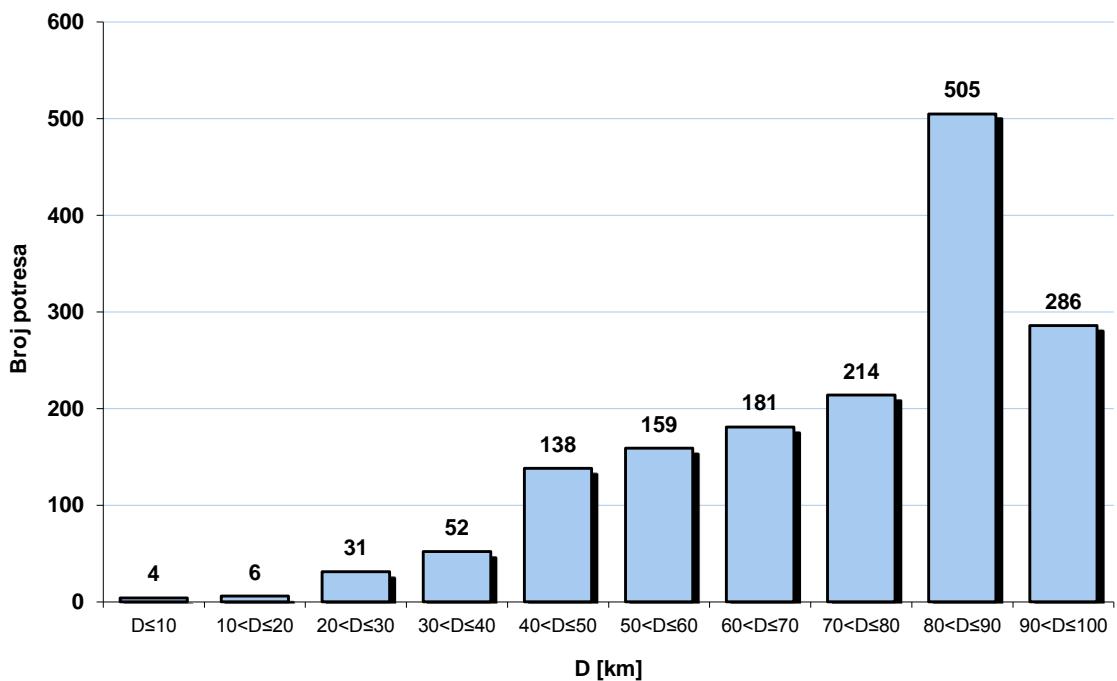
Mjesečna razdioba potresa po epicentralnim udaljenostima (bliži i dalji lokalni potresi) prikazana je u tablici 3.1. Kao što je bio slučaj i prethodnih godina uključenih u ovo istraživanje, postoji velika razlika u udjelu bližih i daljih lokalnih potresa u ukupnom broju potresa. Naime, vidljivo je kako je tijekom svih mjeseci broj daljih lokalnih potresa puno veći od broja bližih lokalnih potresa. Navedeno je jednim dijelom posljedica činjenice kako se seizmički najaktivnija

područja nalaze upravo unutar epicentralnih udaljenosti od 50 do 100 km od Slunja. S druge pak strane, takva opažena razlika u broju bližih i daljih lokalnih potresa posljedica je činjenice kako je seizmološka postaja Slunj jedina postaja unutar područja epicentralnih udaljenosti do 50 km od Slunja. Iz tog je razloga znatno smanjena mogućnost registriranja i lociranja slabijih potresa koji se dogode unutar tog područja, a koji ujedno čine i većinu lociranih potresa. Broj bližih lokalnih potresa po pojedinim mjesecima kreće se u rasponu 13 (srpanj) do 34 (lipanj) lociranih potresa, dok se broj daljih lokalnih potresa kreće u rasponu od 66 (srpanj) do 210 (ožujak) lociranih potresa. Zanimljivo je da ožujak s najvećim brojem potresa do 100 km od Slunja nije i mjesec s najviše lociranih potresa udaljenosti do 50 km od Slunja, već sa 23 potresa spada u prosječne mjesece.

**Tablica 3.1.** *Mjesečna razdioba čestina lokalnih potresa po epicentralnim udaljenostima D (km) od Slunja, lociranih u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2014. godine.*

Mjesec	0<D≤50	50<D≤100	Ukupno
Siječanj	15	75	90
Veljača	21	123	144
Ožujak	23	210	233
Travanj	22	118	140
Svibanj	16	106	122
Lipanj	34	105	139
Srpanj	13	66	79
Kolovoz	17	139	156
Rujan	17	102	119
Listopad	14	123	137
Studeni	20	90	110
Prosinac	19	88	107
<b>Ukupno</b>	<b>231</b>	<b>1345</b>	<b>1576</b>

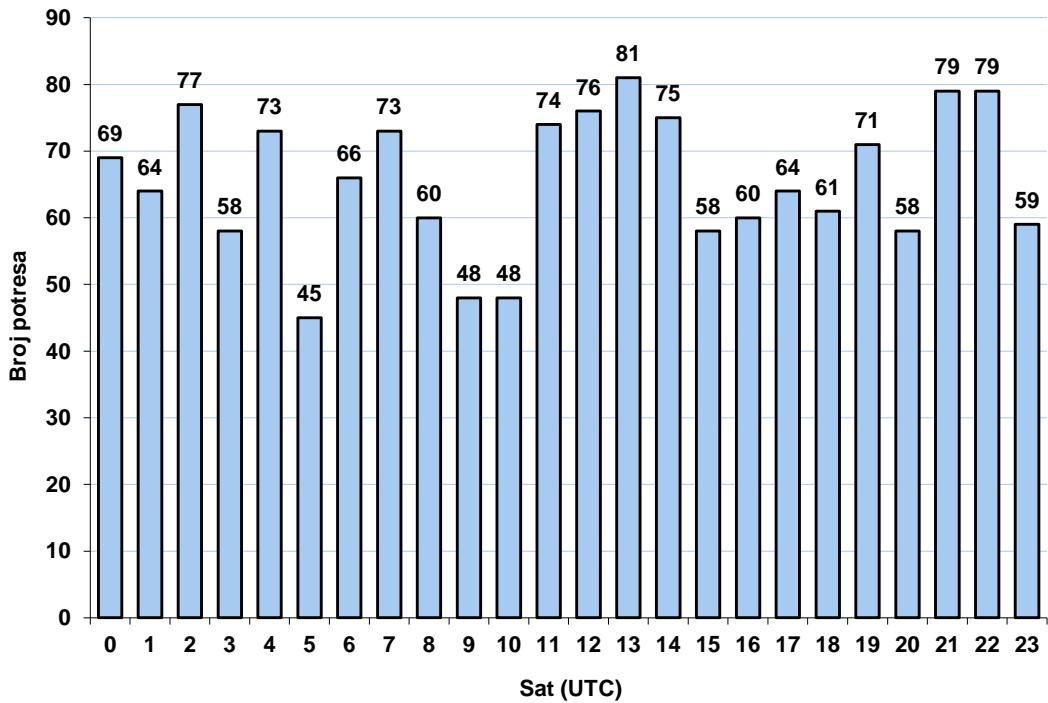
**2. - Histogram čestina potresa** po epicentralnim udaljenostima do 100 km od Slunja, lociranih u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2014. godine, prikazan je na slici 3.2. Odabrana širina razreda epicentralnih udaljenosti iznosi 10 km. Kao i prethodnih godina, nastavlja se trend generalnog porasta broja lociranih potresa unutar pojedinog razreda kako razredi obuhvaćaju veće epicentralne udaljenosti. Nadalje, seizmička aktivnost prema broju lociranih potresa znatno je manje izražena unutar područja epicentralnih udaljenosti do 50 km, a postaje sve izraženija unutar područja epicentralnih udaljenosti od 50 do 100 km od Slunja. U području epicentralnih udaljenosti do 50 km locirano je svega 231 potresa, što čini tek 14.7 % od ukupnog broja lociranih potresa. U području epicentralnih udaljenosti od 50 do 100 km locirano je 1345 potresa, što čini 85.3 % od ukupnog broja potresa. Slična prostorna razdioba potresa po razredima epicentralnih udaljenosti vidljiva je i u Izvještajima iz prošlih godina (vidi poglavlje 3.3), a posljedica je rasporeda seizmički najaktivnijih područja upravo na epicentralnim udaljenostima većim od 40 km, a koja obuhvaćaju područje od Rijeke do Senja, zatim područje Žumberak – Brežice – Krško i okolicu Novog Mesta u Sloveniji te Medvednicu.



**Slika 3.2.** Histogram čestina potresa po epicentralnim udaljenostima do 100 km od Slunja lociranih u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2014. godine.

3. - **Dnevni hod čestina potresa** lociranih unutar epicentralnih udaljenosti do 100 km od Slunja, u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2014. godine prikazan je na slici 3.3. Dnevni hod čestina potresa daje korisne informacije o mogućim umjetno izazvanim potresima (eksplozijama). Takve umjetne potrese potrebno je prepoznati i izdvojiti prije provođenja analize kako bi se stekao što kvalitetniji uvid u stvarnu seizmičnost promatranog područja. Eksplozije uzrokuju slabe potrese čiji su seizmogrami slični seismogramima prirodnih potresa. Međutim, eksplozije je moguće razlikovati od prirodnih potresa na temelju analize prvih pomaka, ali samo ako ih je zabilježio veći broj seismografa raspoređenih ravnomjerno u sva četiri kvadranta oko mjesta gdje se događaju. Zbog prerijetke mreže seismografa i činjenice kako se radi o slabim potresima, eksplozije najčešće ne registrira dovoljan broj seismoloških postaja da bi ih se sa sigurnošću moglo identificirati. Stoga povećanje broja lociranih potresa tijekom dana često može biti posljedica krive interpretacije eksplozija

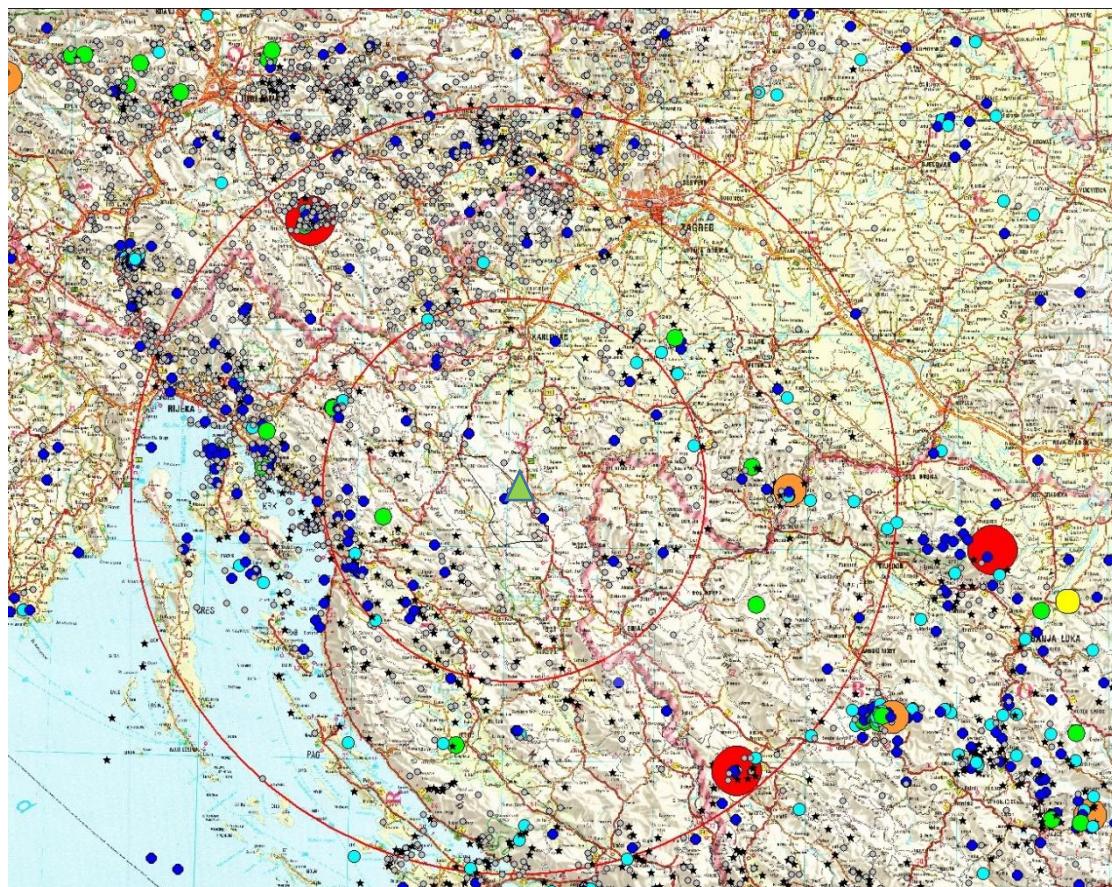
kao potresa. S druge pak strane, ako su žarišta potresa plitka, relativno blizu seismografa i malih magnituda, to može ukazivati na njihovo umjetno porijeklo.



**Slika 3.3.** *Dnevni hod čestina lokalnih potresa iz epicentralnih udaljenosti do 100 km od Slunja lociranih u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2014. godine.*

Iz dnevnog hoda čestina potresa lociranih tijekom 2014. godine (slika 3.3.) vidljivo je da je broj lociranih potresa ujednačen kroz cijeli dan, uz manja odstupanja. Tijekom noćnih sati maksimalan broj potresa zabilježen je tijekom 21 i 22 sata (79 potresa). Tijekom dnevnih sati uočava se povećanje broja lociranih potresa u razdoblju od 11 do 14 sati, s najvećim brojem potresa lociranih tijekom 13 sati kada je lociran 81 potres. Tijekom 2014. godine zabilježeno je 23 potresa bliskih epicentralnih udaljenosti koji su imali iznimno malu dubinu žarišta (manju od 2 km) i male magnitudo, od ukupno zabilježenih 253 takvih potresa. Svi 23 potresa bilo je tijekom dnevnih sati. Stoga se može zaključiti kako je utjecaj eksplozija na broj potresa sveden na minimum.

**4. - Karta epicentara potresa** lociranih unutar kruga radijusa 100 km od Slunja u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2014. godine prikazana je na slici 3.4.



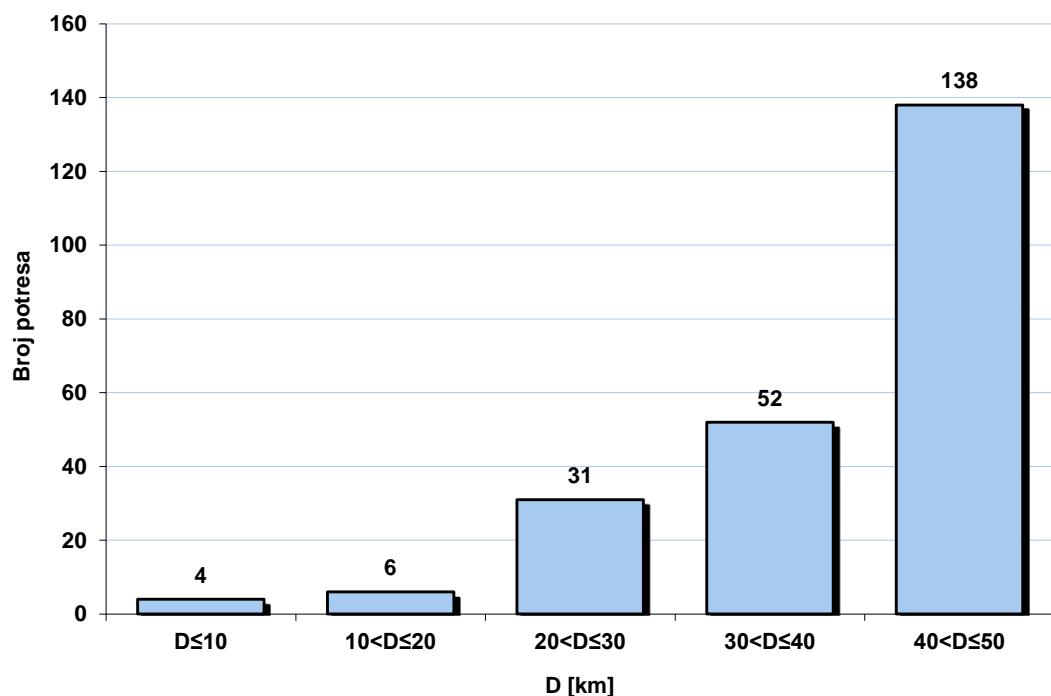
**Slika 3.4.** Karta epicentara potresa lociranih unutar kruga radijusa 100 km od Slunja u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2014. godine. Seizmološka postaja Slunj označena je zelenim trokutom. Granice poligona OS RH „Eugen Kvaternik“ Slunj iscrtane su plavom linijom. Crvene kružnice odgovaraju kružnicama radijusa 50 i 100 km od seizmološke postaje Slunj.

Karta predstavlja detaljni prikaz prostorne razdiobe epicentara potresa i na njoj se uočavaju područja na kojima se dogodila većina potresa tijekom 2014. godine. Ta područja obuhvaćaju područje Sjevernog Jadrana i Sjevernog Velebita između Rijeke i Senja, zatim područje Gospića, Siska, Prijedora u BiH te šire

područje Novog Mesta u Sloveniji. Najjači potres koji se dogodio unutar kruga radijusa 100 km od Slunja tijekom 2014. godine bio je magnitudo  $M = 4.2$ , s epicentrom lociranim nedaleko mjesta Seč, u zaleđu Kočevja, u Sloveniji. Tijekom 2014. godine dogodio se još jedan potres magnitute veće od 4, također magnitudo  $M = 4.2$ , s epicentrom istočno od Martin Broda u BiH.

### 3.1. Potresi epicentralnih udaljenosti do 50 km od Slunja

Od ukupno 1576 potresa lociranih tijekom 2014. godine unutar kruga radijusa 100 km od Slunja, njih 231 (14.7%) bilo je iz područja epicentralnih udaljenosti do 50 km. Histogram čestina tih potresa prema epicentralnim udaljenostima prikazan je na slici 3.5.

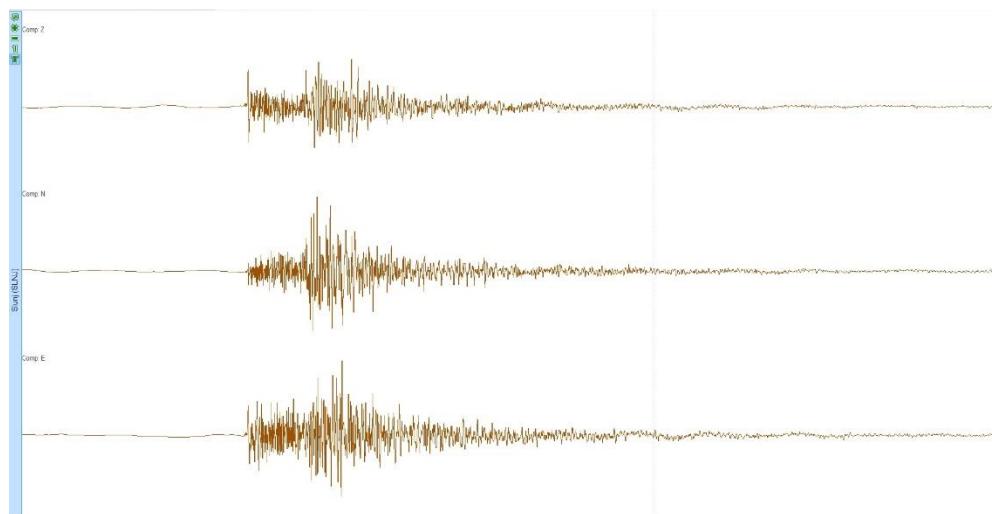


**Slika 3.5.** Histogram čestina potresa po epicentralnim udaljenostima do 50 km od Slunja lociranih u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2014. godine.

Seizmička aktivnost prema broju lociranih potresa vrlo je slabo izražena unutar područja epicentralnih udaljenosti do 20 km, te postaje sve izraženija kako razredi obuhvaćaju veće epicentralne udaljenosti, što je bio slučaj i prethodnih godina uključenih u ovo istraživanje. Više od polovice svih potresa lociranih unutar kruga radijusa 50 km od Slunja locirano je unutar područja epicentralnih udaljenosti od 40 do 50 km, njih 138.

Kao seizmički najaktivnije područje unutar kruga radijusa 50 km od Slunja izdvaja se područje koje obuhvaća zaleđe Senja te potez Lički Osik – Ličko Cerje. Unutar navedenog područja locirano je preko 11% svih potresa lociranih

unutar promatranog područja epicentralnih udaljenosti. Također, na tom se području dogodio i najjači potres unutar kruga radijusa 50 km od Slunja. Taj potres magnitude  $M=2.8$  dogodio se dana 26. veljače 2014. godine u  $16^h\ 37^{min}\ 20.7^s$  (UTC) nedaleko Vodoteča u općini Brinje, na epicentralnoj udaljenosti od 34 km jugoistočno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.058^\circ N$  i  $\lambda = 15.095^\circ E$ . Seizmogram ovog najjačeg potresa zabilježenog na seismološkoj postaji Slunj prikidan je na slici 3.6.



**Slika 3.6.** *Seizmogram potresa magnitude  $M = 2.8$  koji se dogodio 26. veljače 2014. godine u  $16^h\ 37^{min}\ 20.7^s$  (UTC), epicentralne udaljenosti  $D = 34$  km jugoistočno od Slunja, zemljopisnih koordinata epicentra  $\varphi = 45.058^\circ N$  i  $\lambda = 15.095^\circ E$ , zabilježen na seismološkoj postaji Slunj.*

Izdvajanjem potresa s najvećim magnitudama stječe se uvid u energetske značajke seizmičnosti promatranog područja. Izdvojeni su potresi s magnitudom većom ili jednakom 2.0. Tijekom 2014. godine od ukupno 231 lociranih potresa unutar kruga radijusa 50 km oko Slunja dogodilo se šest takvih potresa.

Uz navedeni najjači potres u promatranom području epicentralnih udaljenosti, u zaleđu Senja i Novog Vinodolskog dogodio se još 1 potres magnitude veće ili jednake 2.0:

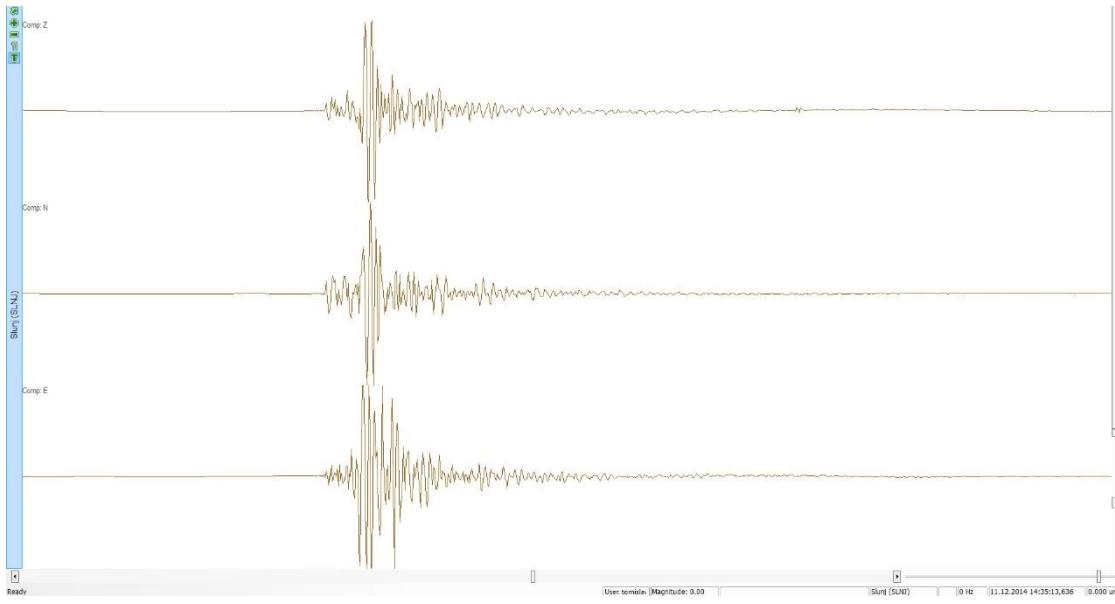
- 28. veljače 2014. godine u  $14^h\ 34^{\text{min}}\ 36.3^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.1$ , epicentralne udaljenosti 48 km od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.973^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 14.999^\circ\text{E}$ .

Na širem području Korduna dogodila su se dva potresa magnitude veće ili jednake 2. Prvi, jači potres magnitude  $M = 2.5$ , dogodio se na granici Korduna i Pokuplja 23. rujna 2014. godine u  $15^h\ 15^{\text{min}}\ 6.8^s$  (UTC), na epicentralnoj udaljenosti od 45 km sjeveroistočno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.419^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 15.935^\circ\text{E}$ . Drugi, slabiji potres magnitude  $M = 2.3$ , dogodio se nedaleko Slunja 6. travnja 2014. godine u  $18^h\ 20^{\text{min}}\ 6.7^s$  (UTC), na epicentralnoj udaljenosti od 48 km sjeveroistočno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.225^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 16.124^\circ\text{E}$ .

Unutar promatranog područja epicentralnih udaljenosti do 50 km od Slunja dogodila su se još dva potresa magnitude veće ili jednake 2. Prvi potres magnitude  $M = 2.5$  dogodio se na u okolici Črnomelja u Sloveniji 29. rujna 2014. godine u  $07^h\ 01^{\text{min}}\ 1.3^s$  (UTC), na epicentralnoj udaljenosti od 48 km zapadno – sjeverozapadno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.518^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 15.240^\circ\text{E}$ .

Drugi potres, magnitude  $M = 2.0$  dogodio se u blizini Ravne Gore 19. veljače 2014. godine u  $20^h\ 45^{\text{min}}\ 6.9^s$  (UTC), na epicentralnoj udaljenosti od 49 km zapadno – sjeverozapadno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.331^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 14.961^\circ\text{E}$ .

Najbliži potres postoji Slunj dogodio se 11. prosinca 2014. godine u  $14^h\ 35^{\text{min}}\ 14.1^s$  (UTC), na epicentralnoj udaljenosti od 2 km zapadno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.119^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 15.514^\circ\text{E}$ . Potres je imao magnitudu  $M = 1.3$  prema Richteru.

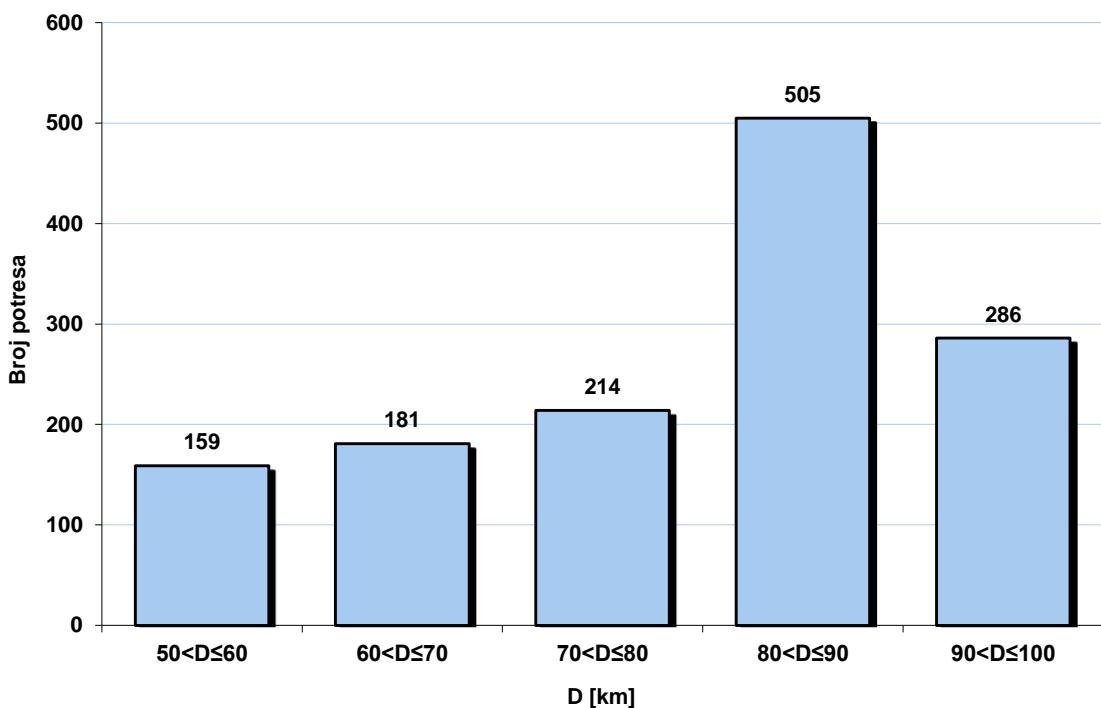


**Slika 3.7.** Seizmogram potresa magnitude  $M = 1.3$  koji se dogodio 11. prosinca 2014. godine u  $14^h 35^{min} 14.1^s$  (UTC), epicentralne udaljenosti  $D = 2$  km zapadno od Slunja, zemljopisnih koordinata epicentra  $\varphi = 45.119^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 15.514^\circ\text{E}$ , zabilježen na seizmološkoj postaji Slunj.

S obzirom na energetsku karakteristiku seizmičnosti promatranog područja unutar kruga radijusa 50 km od Slunja, tijekom 2014. godine zabilježeno je nešto manje potresa magnitude veće ili jednake 2.0 u razdoblju od kraja 2006. godine, od kada traju istraživanja lokalne seizmičnosti Poligona.

### 3.2. Potresi epicentralnih udaljenosti od 50 do 100 km od Slunja

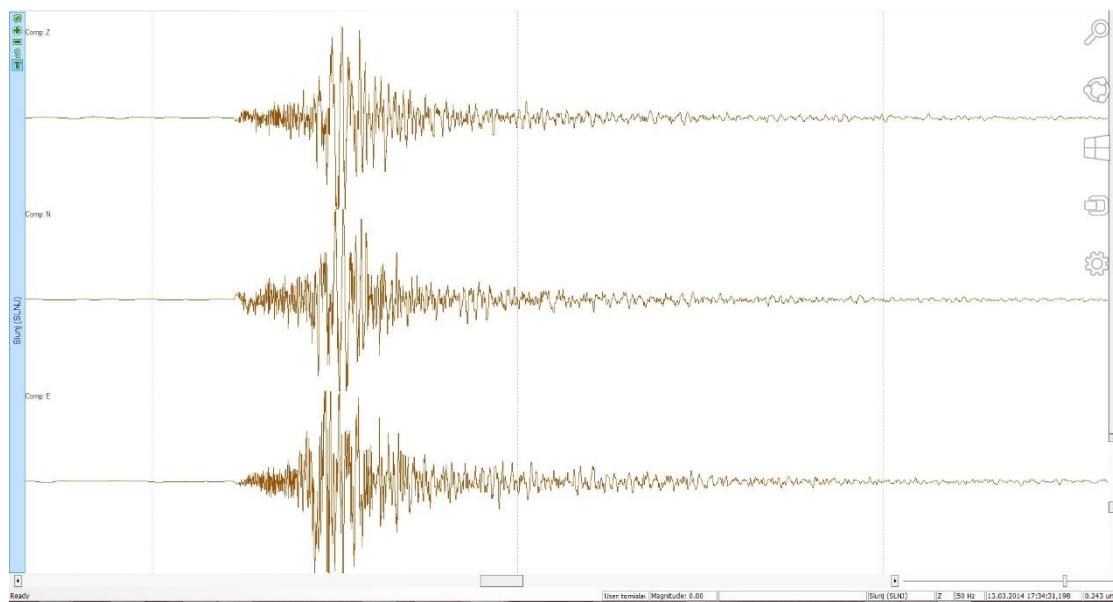
Od ukupno 1576 potresa koji su locirani na cjelokupnom analiziranom području u 2014. godini, njih 1345, odnosno 85.3%, pripada grupi daljih lokalnih potresa čija je epicentralna udaljenost između 50 i 100 km od Slunja. Na slici 3.8 prikazan je histogram čestina tih potresa s obzirom na epicentralnu udaljenost.



**Slika 3.8.** Histogram čestina potresa po epicentralnim udaljenostima  $D$  (km) od 50 do 100 km od Slunja lociranih u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2014. godine.

Seizmička aktivnost prema broju lociranih potresa postaje sve izraženija kako razredi obuhvaćaju veće epicentralne udaljenosti, što je bio slučaj i prethodnih godina uključenih u ovo istraživanje. Specifičnost ove, 2014. godine je u izrazitoj dominaciji razreda udaljenosti od 80-90 km. U toj udaljenosti, najaktivnija područja su bila Krk – Bakar – Gerovo, Vrbovec (Slovenija) – Hinje (Slovenija) – Smuka (Slovenija), Novo Mesto – Otočec (Slovenija), Krško – Brežice (Slovenija) – Zaprešić. Promatraljući kartu prostorne raspodjele potresa na slici 3.4, kao seizmički najaktivnija ističu se sljedeća područja: šire područje koje se proteže od Ilirske Bistrice preko Rijeke i Novog Vinodolskog do Senja, Goli Otok –

Rajinac, Starigrad - Ričice, Ribnica-Žužemberk u Sloveniji, zatim područje Žumberak – Brežice – Krško, šire područje Novog Mesta (naročito potez Trebnje-Novo Mesto) u Sloveniji, Pojatno – Jakovlje kod Zaprešića. Seizmički je aktivno bilo i područje koje se proteže od Pokupskog preko Siska prema Lonjskom polju te područje koje se proteže od Gline preko Zrinske gore do Prijedora u susjednoj Republici BiH. Najjači dalji lokalni potres bio je magnitude 4.2 i dogodio se 13. ožujka 2014. godine u  $17^h\ 31^{min}\ 59.3^s$  (UTC) u Sloveniji, kod mjesta Seč, na epicentralnoj udaljenosti od 86 km sjeverozapadno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.751^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 14.851^\circ\text{E}$ . Seismogram navedenog potresa zabilježenog na seismološkoj postaji Slunj prikazan je na slici 3.9.



**Slika 3.9.** *Seismogram najjačeg daljeg lokalnog potresa magnitude  $M = 4.2$  koji se dogodio 13. ožujka 2014. godine u  $17^h\ 31^{min}\ 59.3^s$  (UTC), epicentralne udaljenosti  $D = 86$  km sjeverozapadno od Slunja, zemljopisnih koordinata epicentra  $\varphi = 45.751^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 14.851^\circ\text{E}$ , zabilježen na seismološkoj postaji Slunj.*

Slijedi ga potres iste magnitude 4.2 koji se dogodio 30. kolovoza 2014. godine u  $18^h\ 16^{min}\ 45.0^s$  (UTC) u BiH na pola puta između Ocijeva i Gruborskog naslona, na epicentralnoj udaljenosti od 95 km jugoistočno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.464^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 16.266^\circ\text{E}$ .

Kako bismo stekli uvid u energetske značajke seizmičnosti promatranog područja, izdvajamo potrese s najvećim magnitudama. Izdvojeni su potresi s magnitudom većom ili jednakom 2.0. Tijekom 2014. godine od ukupno 1345 daljih lociranih potresa dogodilo se 45 takvih potresa. U sljedećim odlomcima navest ćemo ih sukladno područjima u kojima su se dogodili.

U širem području Zrinske gore i Kozare, locirano je 7 potresa magnitude veće ili jednake 2.0, a navedeni su prema jačini:

- *2. listopada 2014. godine u  $4^h\ 43^{min}\ 34.8^s$  (UTC), magnitude  $M = 4.0$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.121^\circ N$  i  $\lambda = 16.444^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 73 km,*
- *5. svibnja 2014. godine u  $15^h\ 47^{min}\ 16.9^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.5$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.175^\circ N$  i  $\lambda = 16.318^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 63 km,*
- *4. prosinca 2014. godine u  $18^h\ 49^{min}\ 10.5^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.3$ , sa zemljopisnim koordinatama  $\varphi = 45.095^\circ N$  i  $\lambda = 16.656^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 89 km,*
- *2. listopada 2014. godine u  $10^h\ 18^{min}\ 7.2^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.3$ , sa zemljopisnim koordinatama  $\varphi = 45.097^\circ N$  i  $\lambda = 16.510^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 78 km,*
- *2. listopada 2014. godine u  $11^h\ 54^{min}\ 2.0^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.3$ , sa zemljopisnim koordinatama  $\varphi = 45.107^\circ N$  i  $\lambda = 16.436^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 72 km,*
- *30. lipnja 2014. godine u  $4^h\ 20^{min}\ 48.7^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.3$ , sa zemljopisnim koordinatama  $\varphi = 45.030^\circ N$  i  $\lambda = 16.767^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 99 km,*
- *2. listopada 2014. godine u  $4^h\ 50^{min}\ 40.8^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.1$ , sa zemljopisnim koordinatama  $\varphi = 45.106^\circ N$  i  $\lambda = 16.439^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 72 km.*

U blizini Sunje, dogodio se jedan potres magnitude veće ili jednake 2.0:

- 8. siječnja 2014. godine u  $6^h\ 52^{min}\ 33.1^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.1$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.336^\circ N$  i  $\lambda = 16.433^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 75 km.

U okolici Bosanske Krupe, lociran je jedan potres magnitude veće ili jednake 2.0:

- 4. listopada 2014. godine u  $16^h\ 53^{min}\ 47.4^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.9$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.852^\circ N$  i  $\lambda = 16.333^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 71 km.

U okolici Martin Broda, locirana su tri potresa magnitude veće ili jednake 2.0:

- 30. kolovoza 2014. godine u  $18^h\ 16^{min}\ 45.0^s$  (UTC), magnitude  $M = 4.2$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.464^\circ N$  i  $\lambda = 16.266^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 95 km,
- 1. rujna 2014. godine u  $8^h\ 11^{min}\ 46.6^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.2$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.495^\circ N$  i  $\lambda = 16.329^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 96 km,
- 4. rujna 2014. godine u  $8^h\ 23^{min}\ 19.6^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.2$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.482^\circ N$  i  $\lambda = 16.262^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 93 km.

U zaleđu Starigrada, locirana su dva potresa magnitude veće ili jednake 2.0 i to redom:

- 14. veljače 2014. godine u  $18^h\ 47^{min}\ 14.4^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.2$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.303^\circ N$  i  $\lambda = 15.544^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 92 km,
- 13. veljače 2014. godine u  $11^h\ 5^{min}\ 46.2^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.2$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.336^\circ N$  i  $\lambda = 15.562^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 89 km.

U okolici Gospića, locirana su tri potresa magnitude veće ili jednake 2.0:

- 26. veljače 2014. godine u  $18^h\ 8^{min}\ 7.2^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.9$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.525^\circ N$  i  $\lambda = 15.335^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 69 km,
- 28. svibnja 2014. godine u  $12^h\ 59^{min}\ 30.6^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.1$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.550^\circ N$  i  $\lambda = 15.548^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 65 km,
- 27. veljače 2014. godine u  $22^h\ 46^{min}\ 35.9^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.1$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.529^\circ N$  i  $\lambda = 15.293^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 70 km.

Na otoku Pagu, u blizini Novalje, lociran je jedan potres magnitude veće ili jednake 2.0, i to:

- 26. travnja 2014. godine u  $23^h\ 18^{min}\ 10.3^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.4$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.530^\circ N$  i  $\lambda = 14.976^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 79 km.

Kod Krasnog Polja, u općini Senj, lociran je jedan potres magnitude veće ili jednake 2.0:

- 13. travnja 2014. godine u  $2^h\ 42^{min}\ 26.6^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.2$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.816^\circ N$  i  $\lambda = 15.067^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 50 km.

Kod Baške na otoku Krku, u podmorju, locirana su dva potresa magnitude veće ili jednake 2.0 dok je na samom otoku lociran jedan takav potres (ukupno tri potresa):

- 4. ožujka 2014. godine u  $23^h\ 22^{min}\ 57.6^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.7$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.212^\circ N$  i  $\lambda = 14.554^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 76 km (na samom otoku kod Omišlja),
- 22. veljače 2014. godine u  $0^h\ 12^{min}\ 58.6^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.4$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.904^\circ N$  i  $\lambda = 14.696^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 70 km (podmorje),

- 16. ožujka 2014. godine u  $14^h\ 10^{min}\ 52.0^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.0$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.944^\circ N$  i  $\lambda = 14.616^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 74 km (podmorje).

U okolici Crikvenice, locirana su tri potresa magnitude veće ili jednake 2.0:

- 6. listopada 2014. godine u  $6^h\ 3^{min}\ 13.2^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.6$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.175^\circ N$  i  $\lambda = 14.697^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 64 km,
- 3. listopada 2014. godine u  $8^h\ 27^{min}\ 11.7^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.1$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.188^\circ N$  i  $\lambda = 14.707^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 64 km,
- 3. listopada 2014. godine u  $6^h\ 41^{min}\ 7.4^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.0$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.193^\circ N$  i  $\lambda = 14.713^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 63 km.

U zaleđu Drivenika dogodila su se dva potresa magnitude veće ili jednake 2.0:

- 30. studenog 2014. godine u  $1^h\ 37^{min}\ 57.9^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.5$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.258^\circ N$  i  $\lambda = 14.708^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 65 km,
- 11. prosinca 2014. godine u  $19^h\ 40^{min}\ 38.2^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.3$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.266^\circ N$  i  $\lambda = 14.659^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 69 km.

Kod Gornjeg Jelenja zabilježen je jedan potres magnitude veće ili jednake 2.0:

- 16. ožujka 2014. godine u  $23^h\ 11^{min}\ 51.0^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.4$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.383^\circ N$  i  $\lambda = 14.610^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 76 km.

Kod Begovog Razdolja, locirana su dva potresa magnitude veće ili jednake 2.0:

- 19. veljače 2014. godine u  $20^h\ 44^{min}\ 13.6^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.8$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.312^\circ N$  i  $\lambda = 14.929^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 50 km,
- 19. veljače 2014. godine u  $20^h\ 36^{min}\ 9.0^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.8$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.314^\circ N$  i  $\lambda = 14.926^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 50 km.

U Sloveniji, u blizini Ribnice, locirano je jedanaest potresa magnitude veće ili jednake 2.0:

- 13. ožujka 2014. godine u  $17^h\ 31^{min}\ 59.3^s$  (UTC), magnitude  $M = 4.2$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.751^\circ N$  i  $\lambda = 14.851^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 86 km (ujedno i jedan od dva najjača potresa na udaljenosti do 100 km od postaje Slunj u 2014. godini),
- 8. veljače 2014. godine u  $11^h\ 43^{min}\ 13.0^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.8$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.754^\circ N$  i  $\lambda = 14.854^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 86 km,
- 14. ožujka 2014. godine u  $5^h\ 49^{min}\ 18.8^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.6$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.739^\circ N$  i  $\lambda = 14.833^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 86 km,
- 22. veljače 2014. godine u  $15^h\ 49^{min}\ 41.3^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.3$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.775^\circ N$  i  $\lambda = 14.835^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 89 km,
- 14. veljače 2014. godine u  $7^h\ 29^{min}\ 29.8^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.2$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.769^\circ N$  i  $\lambda = 14.851^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 88 km,
- 8. veljače 2014. godine u  $0^h\ 41^{min}\ 9.1^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.2$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.757^\circ N$  i  $\lambda = 14.851^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 87 km,
- 8. veljače 2014. godine u  $11^h\ 46^{min}\ 26.8^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.2$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.769^\circ N$  i  $\lambda = 14.858^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 87 km,

- 15. ožujka 2014. godine u  $1^h\ 15^{min}\ 11.2^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.1$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.740^\circ N$  i  $\lambda = 14.846^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 85 km,
- 16. veljače 2014. godine u  $17^h\ 40^{min}\ 4.3^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.0$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.751^\circ N$  i  $\lambda = 14.853^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 86 km,
- 7. rujna 2014. godine u  $0^h\ 53^{min}\ 39.0^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.0$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.756^\circ N$  i  $\lambda = 14.862^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 86 km,
- 2. ožujka 2014. godine u  $17^h\ 29^{min}\ 59.5^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.0$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.781^\circ N$  i  $\lambda = 14.876^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 88 km.

U okolici Ozlja zabilježen je jedan potres magnitude veće ili jednake 2.0 i to:

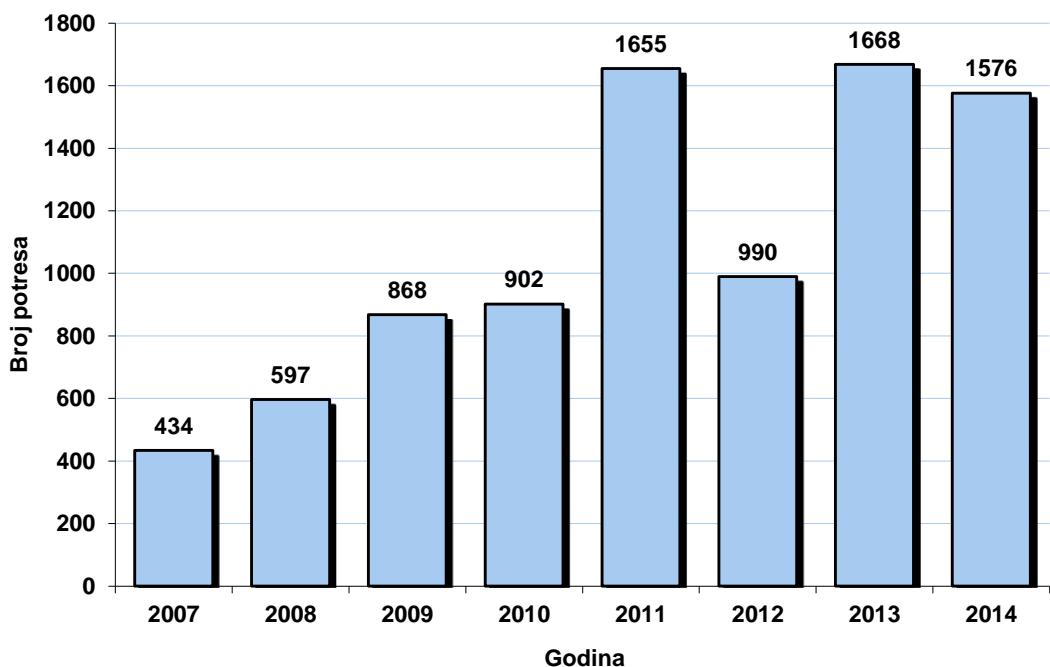
- 22. siječnja 2014. godine u  $3^h\ 9^{min}\ 43.4^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.1$ , sa zemljopisnim koordinatama  $\varphi = 45.653^\circ N$  i  $\lambda = 15.427^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 58 km.

Kod Pokupskog zabilježena su tri potresa magnitude veće ili jednake 2.0:

- 10. prosinca 2014. godine u  $13^h\ 14^{min}\ 20.3^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.6$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.476^\circ N$  i  $\lambda = 16.061^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 57 km,
- 28. listopada 2014. godine u  $3^h\ 32^{min}\ 50.1^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.5$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.392^\circ N$  i  $\lambda = 16.071^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 52 km,
- 28. listopada 2014. godine u  $3^h\ 32^{min}\ 50.7^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.3$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.443^\circ N$  i  $\lambda = 16.017^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 52 km.

### 3.3. Lokalni potresi na području Slunja locirani u razdoblju od 1. siječnja 2007. godine do 31. prosinca 2014. godine

U razdoblju od 1. siječnja 2007. do 31. prosinca 2014. godine locirano je sveukupno **8690 potresa** iz epicentralnih udaljenosti do 100 km od Slunja. Histogram čestina tih potresa po godinama prikazan je na slici 3.10.

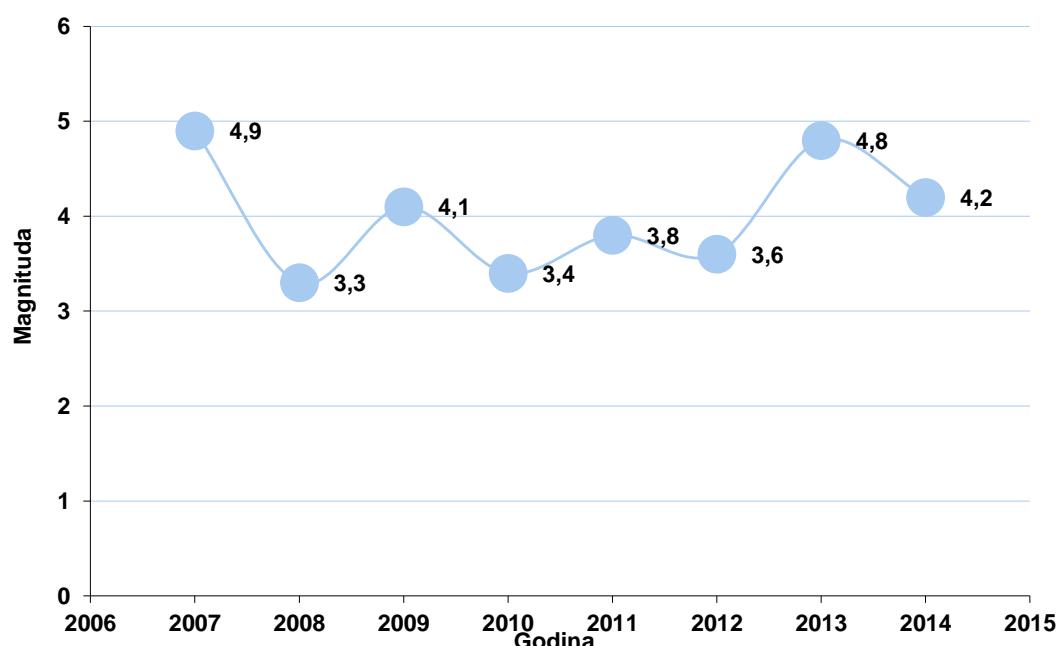


**Slika 3.10.** Histogram čestina lociranih potresa po godinama unutar kruga radijusa 100 km od Slunja u razdoblju od 1. siječnja 2007. godine do 31. prosinca 2014. godine.

U razdoblju u kojem traju istraživanja lokalne seizmičnosti područja oko Poligona, 2013. godina je godina s najvećim brojem lociranih potresa, dok je promatrana 2014. godina treća po redu, nakon 2011. i 2013. godine. Broj potresa lociranih tijekom 2014. godine neznatno je manji od broja potresa lociranih tijekom prethodne 2013. godine. Stoga se može reći kako je i dalje prisutan generalni trend porasta broja lociranih potresa po pojedinim godinama

istraživanja. Ovaj porast dijelom je posljedica stalnog poboljšanja instrumentalnog praćenja seizmičnosti i unaprjeđenja programa i aplikacija za lociranje potresa, a dijelom je posljedica porasta seizmičke aktivnosti šireg lokalnog područja Slunja u promatranom razdoblju.

Na slici 3.11. prikazane su magnitudo najjačih lokalnih potresa po pojedinim godinama u promatranom razdoblju s ciljem uvida u energetske karakteristike seizmičnosti promatranog područja. Najjači potres magnitude 4.9 dogodio se 2007. godine, a tijekom koje je ujedno locirano najmanje potresa, njih samo 434. Drugi najjači potres, magnitude 4.8 dogodio se 2013. godine. Ponovno je 2014. godina na trećem mjestu, sa potresom magnitude 4.2.



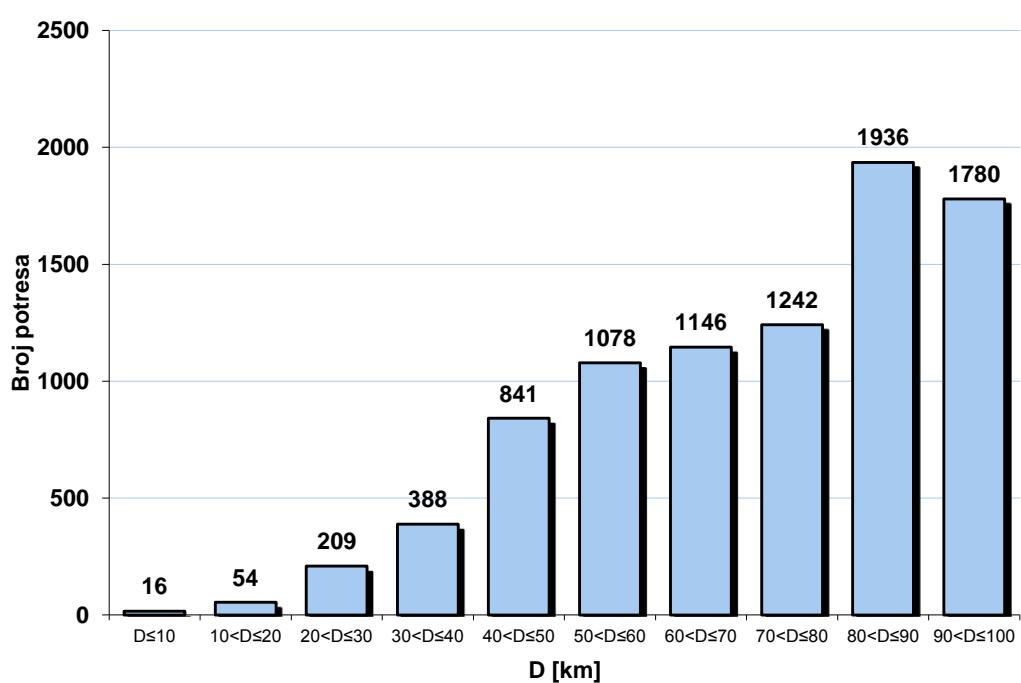
**Slika 3.11.** Maksimalne magnitudo lokalnih potresa lociranih unutar kruga radijusa 100 km od Slunja u razdoblju od 1. siječnja 2007. do 31. prosinca 2014. godine.

Lokalni potresi najveće magnitude unutar promatranog vremenskog razdoblja po godinama dogodili su se:

- **5. veljače 2007.** u  **$8^h 30^m 04.5^s$**  (UTC), magnitude  **$M = 4.9$** , epicentralne udaljenosti  **$D = 47 \text{ km}$**  zapadno od Slunja, kod Drežnice, zemljopisnih koordinata epicentra  $\varphi = 45.070^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 14.950^\circ\text{E}$ ,
- **23. svibnja 2008.** u  **$11^h 09^m 25.5^s$**  (UTC), magnitude  **$M = 3.3$** , epicentralne udaljenosti  **$D = 49 \text{ km}$**  jug-jugoistočno od Slunja, nedaleko Korenice, zemljopisnih koordinata epicentra  $\varphi = 44.713^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 15.773^\circ\text{E}$ ,
- **21. lipnja 2009.** u  **$10^h 54^m 37.1^s$**  (UTC), magnitude  **$M = 4.1$** , epicentralne udaljenosti  **$D = 96 \text{ km}$**  južno od Slunja, nedaleko Starigrad-Paklenice, zemljopisnih koordinata epicentra  $\varphi = 44.261^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 15.419^\circ\text{E}$ ,
- **3. studenog 2010.** u  **$15^h 08^m 9.0^s$**  (UTC), magnitude  **$M = 3.4$** , epicentralne udaljenosti  **$D = 68 \text{ km}$**  sjeverno od Slunja, nedaleko Jastrebarskog, zemljopisnih koordinata epicentra  $\varphi = 45.703^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 15.796^\circ\text{E}$ ,
- **6. svibnja 2011.** u  **$23^h 44^m 52.0^s$**  (UTC), magnitude  **$M = 3.8$** , epicentralne udaljenosti  **$D = 42 \text{ km}$**  zapad-jugozapadno od Slunja, u zaledju Senja, zemljopisnih koordinata epicentra  $\varphi = 44.997^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 15.023^\circ\text{E}$ ,
- **18. svibnja 2012.** u  **$20^h 38^{min} 53.0^s$**  (UTC), magnitude  **$M = 3.6$** , epicentralne udaljenosti  **$D = 41 \text{ km}$**  jugozapadno od Slunja, zemljopisnih koordinata epicentra  $\varphi = 44.913^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 15.115^\circ\text{E}$
- **30. srpnja 2013.** u  **$12^h 58^{min} 30.0^s$**  (UTC), magnitude  **$M = 4.8$** , epicentralne udaljenosti  **$D = 40 \text{ km}$**  zapadno-jugozapadno od Slunja, zemljopisnih koordinata epicentra  $\varphi = 45.068^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 15.030^\circ\text{E}$
- **13. ožujka 2014.** u  **$17^h 31^{min} 59.3^s$**  (UTC), magnitude  **$M = 4.2$** , epicentralne udaljenosti  **$D = 86 \text{ km}$**  sjeverozapadno od Slunja, zemljopisnih koordinata epicentra  $\varphi = 45.751^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 15.851^\circ\text{E}$ .

U proteklih osam godina rada seismografa (od 1. siječnja 2007. godine do 31. prosinca 2014. godine) na seismološkim postajama Slunj i Kukača načinjena je kumulativna razdioba lokalnih potresa po razredima epicentralne udaljenosti širine 10 km (Slika 3.12). Svaka godina tijekom koje se provodio monitoring istraživanja seizmičnosti povećava uzorak lociranih potresa na temelju kojeg se izučava prostorna karakteristika seizmičnosti promatranog područja. Povećanjem uzorka, uvid u prostornu karakteristiku seizmičnosti promatranog

područja postaje kvalitetniji i pouzdaniji. Uočava se kako broj lociranih potresa raste kako razredi obuhvaćaju veće epicentralne udaljenosti. Nadalje, prema broju lociranih potresa izdvajaju se dva područja epicentralnih udaljenosti. Prvo, koje obuhvaća epicentralne udaljenosti do 40 km od Slunja, okarakterizirano je znatno manjim brojem lociranih potresa. Drugo područje, koje obuhvaća epicentralne udaljenosti od 40 do 100 km, okarakterizirano je znatno većim brojem lociranih potresa. Takva razdioba broja potresa logičan je slijed prostornog rasporeda glavnih zona seizmičke aktivnosti unutar promatranog područja. Naime, glavne zone seizmotektonske aktivnosti, a koje obuhvaćaju područje Sjevernog Jadrana i Sjevernog Velebita od Rijeke do Senja, zatim područje Žumberak – Brežice – Krško i šire područje Novog Mesta u Sloveniji te Medvednicu, nalaze se upravo na tim udaljenostima.



**Slika 3.12.** Kumulativna razdioba lokalnih potresa po epicentralnim udaljenostima  $D$  (km) do 100 km od Slunja za razdoblje od 1. siječnja 2007. godine do 31. prosinca 2014. godine.

## **4. ZAKLJUČAK**

Koristeći zapise seismografa u Slunju, te ostalih naših i inozemnih seismoloških postaja, sačinjen je Katalog potresa koji predstavlja osnovu za analizu značajki lokalne seizmičke aktivnosti područja Poligona Slunj. Prema tom Katalogu, unutar kruga radijusa 100 km oko Slunja, u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2014. godine **locirano je 1576 potresa**, od kojih je:

- **231** iz epicentralnih udaljenosti do 50 km i
- **1345** iz epicentralnih udaljenosti od 50 do 100 km.

**Od 231 potresa iz epicentralnih udaljenosti do 50 km** najveći broj (njih 138) potječe iz područja epicentralnih udaljenosti  $40 < D \leq 50$  km. Kao seizmički najaktivnije izdvaja se područje koje obuhvaća zaleđe Senja i Novog Vinodolskog te potez Brinje – Otočac – Ličko Lešće, Vinice – Črnomelj (Slovenija), Dvor – Glina - Pisarovina. Unutar navedenog područja locirano je preko 1/3 svih bližih lokalnih potresa. Tijekom 2014. godine dogodilo se 6 potresa iz područja epicentralnih udaljenosti do 50 km oko Slunja magnituda većih ili jednakih 2.0, najmanje u promatranom razdoblju od kada traju istraživanja lokalne seizmičnosti područja oko Poligona.

**Najjači potres** unutar kruga radijusa 50 km od Slunja bio je magnitudo  $M=2.8$  a dogodio se dana 26. veljače 2014. godine u  $16^h\ 37^{min}\ 20.7^s$  (UTC) nedaleko Vodoteča u općini Brinje, na epicentralnoj udaljenosti od 34 km jugoistočno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.058^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 15.095^\circ\text{E}$ .

**Najbliži potres** postoji Slunj dogodio se 11. prosinca 2014. godine u  $14^h\ 35^{min}\ 14.1^s$  (UTC), na epicentralnoj udaljenosti 2 km zapadno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.119^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 15.514^\circ\text{E}$ . Potres je imao magnitudu  $M = 1.3$  prema Richteru.

**Od 1345 potresa iz epicentralnih udaljenosti od 50 do 100 km** njih 45 imalo je magnitudu veću ili jednaku 2.0. Seizmičkom aktivnošću naročito se ističu sljedeća područja: šire područje koje se proteže od Ilirske Bistrice preko Rijeke i

Novog Vinodolskog do Senja, zatim područje Žumberak – Brežice – Krško te šire područje Novog Mesta u Sloveniji. Seizmički je aktivno bilo i područje koje se proteže od Pokupskog preko Siska prema Lonjskom polju te područje koje se proteže od Gline preko Zrinske gore do Prijedora u susjednoj Republici BiH.

Najjači dalji lokalni potres bio je magnitude 4.2 i dogodio se 13. ožujka 2014. godine u  $17^{\text{h}}\ 31^{\text{min}}\ 59.3^{\text{s}}$  (UTC) u Sloveniji, kod mjesta Seč, na epicentralnoj udaljenosti od 86 km sjeverozapadno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.751^{\circ}\text{N}$  i  $\lambda = 14.851^{\circ}\text{E}$ . To je ujedno bio i najjači potres na udaljenosti do 100 km od Slunja.

**U 2014. godini nije bilo potresa koji su se makroseizmički izraženije manifestirali na širemu području Slunja.**

U dosadašnjih osam godina rada seismografa postavljenih na privremenim seismološkim postajama Slunj i Kukača mogu se izvući neki konkretniji zaključci. U razdoblju **od 1. siječnja 2007. do 31. prosinca 2014. godine** sveukupno **je locirano 8690 potresa** iz epicentralnih udaljenosti do 100 km od Slunja. Tijekom 2013. godine locirano je najviše potresa, njih 1668. Iako je tijekom 2014. locirano manje potresa, može se zaključiti kako je i dalje prisutan generalni trend porasta broja lociranih potresa po pojedinim godinama istraživanja. Ovaj porast dijelom je posljedica stalnog poboljšanja instrumentalnog praćenja seizmičnosti i unaprjeđenja programa i aplikacija za lociranje potresa, a dijelom je posljedica porasta seizmičke aktivnosti šireg lokalnog područja Slunja u promatranom razdoblju. Lokalni potres najveće magnitude lociran je 2007. godine tijekom koje je ujedno locirano najmanje potresa. Iz razdiobe epicentara lokalnih potresa po epicentralnim udaljenostima u promatranom razdoblju, mogu se izdvojiti područja unutar kojih se dogodila većina potresa. Riječ je o područjima epicentralnih udaljenosti od 40 do 100 km od Slunja, unutar kojeg su epicentri velike većine potresa locirani u području Sjevernog Jadranu i Sjevernog Velebita od Rijeke do Senja, zatim u području Žumberak – Brežice – Krško i širem području Novog Mesta u Sloveniji te na Medvednici.

Dosadašnji rad seismografa u Slunju, kojim se proteklih osam godina prati lokalna seizmičnost područja oko Poligona, pokazao je da je i **u najužem lokalnom području oko Slunja prisutna izražena seizmička aktivnost** što je naglašavano i u prethodnim Izvješćima. Upravo ta činjenica ukazuje na potrebu nastavka rada seismološke postaje Slunj, kao i povratak seismološke postaje Kukača, čime bi se opseg i mogućnost detaljnijeg izučavanja seizmičnosti užeg i šireg lokalnog područja oko Poligona bitno poboljšala. Time bi bila povećana mogućnost lociranja slabijih potresa epicentralnih udaljenosti do 50 km od same postaje, a koji predstavljaju vrlo vrijedan izvor podataka jer je za istraživanje seismoloških parametara za neku lokaciju najvažnija lokalna seizmičnost. Stoga je neophodno nastaviti seismološka istraživanja područja Poligona iz razloga što rezultati imaju veću težinu ako je vremenski niz mikroseizmičkih mjerena duži. To posljedično omogućava bolje određivanje relevantnih parametara potresa za buduća razdoblja. Time bi bila omogućena bolja i kvalitetnija analiza seizmičnosti s osnovnim ciljem utvrđivanja što egzaktnijih seismotektonskih modela koji su osnova za sve daljnje preventivne aktivnosti.

## **5. LITERATURA**

Herak, M. (1989):

HYPOSEARCH - An earthquake location program. Computers & Geosciences, Vol.15, No.7, 1157-1162.

Katalog potresa Hrvatske i susjednih područja. Arhiv Geofizičkog odsjeka Prirodoslovno – matematičkog fakulteta, Sveučilište u Zagrebu.

Kuk V. et al. (2008):

Poligon OS RH "Eugen Kvaternik" Slunj: Rezultati praćenja lokalne seizmičke aktivnosti u 2007. godini. Geofizički zavod PMF-a, Zagreb.

Kuk V. et al. (2009):

Poligon OS RH "Eugen Kvaternik" Slunj: Rezultati praćenja lokalne seizmičke aktivnosti u 2008. godini. Geofizički zavod PMF-a, Zagreb.

Kuk V. et al. (2010):

Poligon OS RH "Eugen Kvaternik" Slunj: Rezultati praćenja lokalne seizmičke aktivnosti u 2009. godini. Geofizički zavod PMF-a, Zagreb.

Kuk V. et al. (2011):

Poligon OS RH "Eugen Kvaternik" Slunj: Rezultati praćenja lokalne seizmičke aktivnosti u 2010. godini. Geofizički zavod PMF-a, Zagreb.

Kuk V. et al. (2012):

Poligon OS RH "Eugen Kvaternik" Slunj: Rezultati praćenja lokalne seizmičke aktivnosti u 2011. godini. Geofizički zavod PMF-a, Zagreb.

Kuk V. et al. (2013):

Poligon OS RH "Eugen Kvaternik" Slunj: Rezultati praćenja lokalne seizmičke aktivnosti u 2012. godini. Geofizički zavod PMF-a, Zagreb.

Allegretti I. et al. (2014):

Poligon OS RH "Eugen Kvaternik" Slunj: Rezultati praćenja lokalne seizmičke aktivnosti u 2013. godini. Geofizički zavod PMF-a, Zagreb.

Prelogović, E., Kuk, V., Marić, K., Kuk, K. (2003):

Studija ciljanog sadržaja za Vojno vježbalište «Eugen Kvaternik» Slunj,  
Geomorfologija, Seismotektonika i Seizmologija

Wielandt, E. (2002):

Seismic sensors and their calibration. U „IASPEI New Manual of Seismological Practise“ P. Borman (Editor), Geoforschungs Zentrum, Potsdam

Willmore, P. L. (1959):

The application of the Maxwell impedance bridge to the calibration of the electromagnetic seismographs. Bull. Seism. Soc. Am., Vol.49, pp. 99-114.