

POLIGON OS RH „EUGEN KVATERNIK” SLUNJ

REZULTATI PRAĆENJA LOKALNE SEIZMIČKE AKTIVNOSTI U 2016. 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

dr.sc. Josip Stipčević, dipl.ing. fizike

Danijel Štih, ing.

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet

Geofizički odsjek



Zagreb, listopad 2017

Voditelj Projekta:

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

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. METODE RADA	2
3. REZULTATI RADA	7
<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 2016. godine</i>	27
4 . ZAKLJUČAK	31
5. LITERATURA	34

1. UVOD

Ovo istraživanje nastavak je istraživanja koja se na VP „E. Kvaternik“ Slunj odvijaju od 2006. godine kada je sklopljen Okvirni sporazum između Ministarstva obrane Republike Hrvatske i Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, i time omogućeno sklapanje Ugovora o nabavi usluge praćenja stanja okoliša - seizmološki monitoring na VP „E. Kvaternik“ Slunj. Lokalna seizmičnost Poligona i okolice, dakle, prati se od 2006. godine naovamo. Kao i do sada, glavni ciljevi istraživanja ostali su nepromijenjeni, najvažniji od njih su:

- 1) Upotpunjavanje saznanja o recentnoj seizmičkoj i seismotektonskoj aktivnosti šireg prostora oko Poligona
- 2) Eliminiranje eventualnih dvojbi oko pojave šteta na civilnim objektima šireg područja oko Poligona
- 3) Jasno određivanje uzroka potencijalno nastalih oštećenja.

Tijekom 2016. godine provedeno je instrumentalno praćenje lokalne seizmičke aktivnosti na seizmološkoj postaji Slunj na Kuranovom vrhu kao nastavak navedenih istraživanja (uz nepromijenjene uvjete, dakle, na istoj lokaciji i sa istom opremom).

Seizmološka postaja Slunj opremljena je 2006. godine modernim digitalnim širokopojasnim trokomponentnim seismografom engleske firme Guralp. Takvi visokoosjetljivi seismografi omogućuju precizno i jednoznačno određivanje osnovnih parametara potresa lokalnog područja oko Poligona, što se može vidjeti iz tehničkih karakteristika uređaja koje navodimo malo niže u ovom tekstu.

Rezultati rada postaje Slunj tijekom 2016. godine pokazani su u ovoj Studiji.

2. METODE RADA

Kao što je već spomenuto u Uvodu, seizmološka postaja Slunj postavljena je krajem 2006. godine i od samog početka rada opremljena je digitalnim mjernim sustavom engleskog proizvođača Guralp Systems Ltd. U samom početku bile su dvije postaje, jedna unutar Poligona i jedna na njegovom rubu (u mjestu Kukača). Postaja unutar Poligona se vremenom sa lokacije Čatrњa izmakla na lokaciju Kuranov vrh, ali oprema se nije mijenjala, tj. cijelo vrijeme je praćena širokopojasnim trokomponentnim seizmometrom. Kao i prošlih godina i ove, 2016. godine, postaja je locirana na Kuranovom vrhu.

Promatrano razdoblje (od 1. siječnja do 31. prosinca 2016. godine) oprema koja je bila postavljena na postaji je bila: širokopojasni trokomponentni seizmometar tipa *CMG-3ESP*, 24-bitni analogno-digitalni (AD) pretvornik tipa *CMG-DM24 S3* te GPS (Global Positioning System) vremenski modul.

Navedeni model seizmometra ima ukupno tri senzora, od kojih je jedan vertikalni (Z) i dva horizontalna senzora, jedan usmjeren sjever-jug (N-S) i drugi usmjeren istok-zapad (E-W). Svi senzori su međusobno okomiti s točnošću boljom od 0.1 stupnja (tj. odstupanje od pravog kuta među senzorima je manje od 0.1 °). Takav razmještaj senzora omogućava istovremeno mjerjenje gibanja tla u smjerovima gore-dolje (Z), sjever-jug (N-S) i istok-zapad (E-W). Sam instrument radi po principu naponske vase, koristeći silu povratne sveze za uravnoteženje mase njihala za vrijeme gibanja uzrokovanih potresom. Drugim riječima, radi se o aktivnom senzoru koji nastoji strujom održavati mase u stanju mirovanja unatoč gibanjima tla. 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.

Kako bi se osigurala autonomija rada postaje u što je moguće dužem vremenskom intervalu, na postaji je postavljen sustav autonomnog napajanja koji omogućuje rad opreme u slučaju nestanka električne energije (npr. zbog udara groma, radova na održavanju mreže i sl.). Trenutni postav osigurava neprekidan rad instrumenta od nekoliko dana nakon ispada mreže. Nakon povratka električne energije kao izvor napajanja ponovno se koristi javna elektronaponska mreža.

Prikupljeni podaci se satelitskim sustavom podatkovne veze prenose u približno realnom vremenu u centar za obradu seismoloških podataka koji se nalazi na Geofizičkom odsjeku PMF-a u Zagrebu, Horvatovac 95. Time je osigurana bolja kontrola rada seismološke postaje Slunj, trenutni uvid u probleme u protoku podataka, kao i rana detekcija kvara postaje, što značajno skraćuje vrijeme reakcije na eventualne probleme u radu postaje.

Zapis gibanja tla se na sljedeći način digitalizira i prenosi do centra: tri senzora seismometra kao izlazni signal daju električni napon koji je proporcionalan brzini gibanja tla (drugim riječima, mjeri se brzina gibanja tla). Zatim se taj, analogni signal digitalizira pomoću 24-bitnog trokanalnog AD pretvornika za svaku od tri komponente istovremeno. Vremenski niz mjerenih 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 mjerenih podataka pridjeljuje točno vrijeme. Upareni podaci o gibanju tla i točnom vremenu spremni su za pohranu na računalu, šalju se sustavom podatkovne veze u centar u Zagrebu, te su spremni za daljnju računalnu obradu.

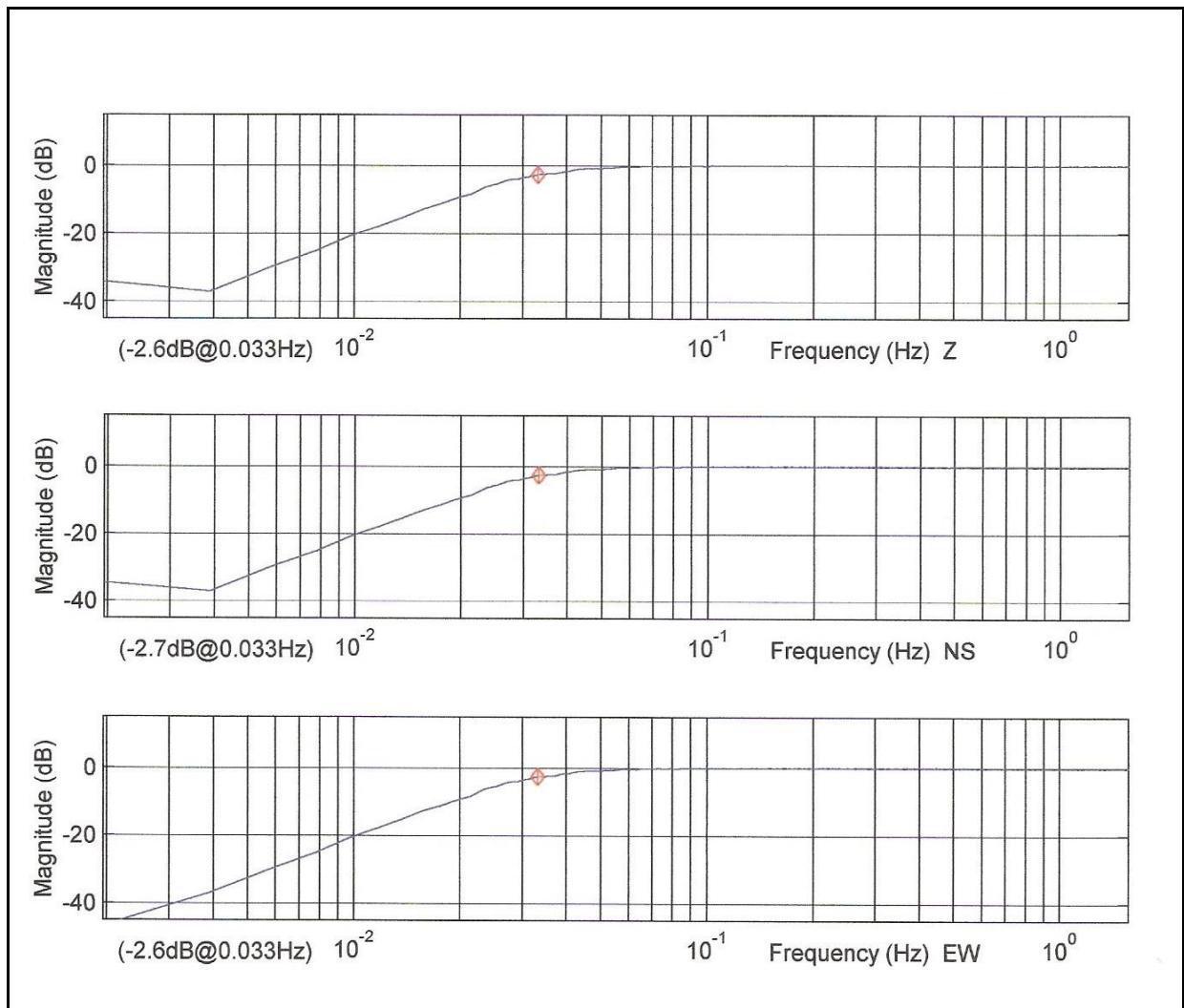
Prikupljeni digitalni zapisi seismograma seismološke postaje Slunj analiziraju se od strane seismologa programom SANDI2 koji je u tu svrhu razvijen na Geofizičkom zavodu. Kao što je već navedeno, točno vrijeme je primano GPS uređajem, a nastupna vremena su mjerena točno do na 0.001 s.

Osnovni parametri potresa (koordinate epicentra, dubina žarišta, vrijeme nastanka potresa) se određuju iz podataka sa postaje Slunj i ostalih postaja seizmološke mreže Republike Hrvatske (po potrebi i šire okolice, tj. podataka iz okolnih zemalja). Sam izračun osnovnih parametara potresa vrši se HYPOSEARCH programom (Herak, 1989), pri čemu su, kao što je već napomenuto, uz registraciju seismografa na Poligonu, korišteni podaci stalnih i privremenih seizmoloških postaja na području Republike Hrvatske, kao i svi dostupni podaci postaja iz susjednih i drugih država.

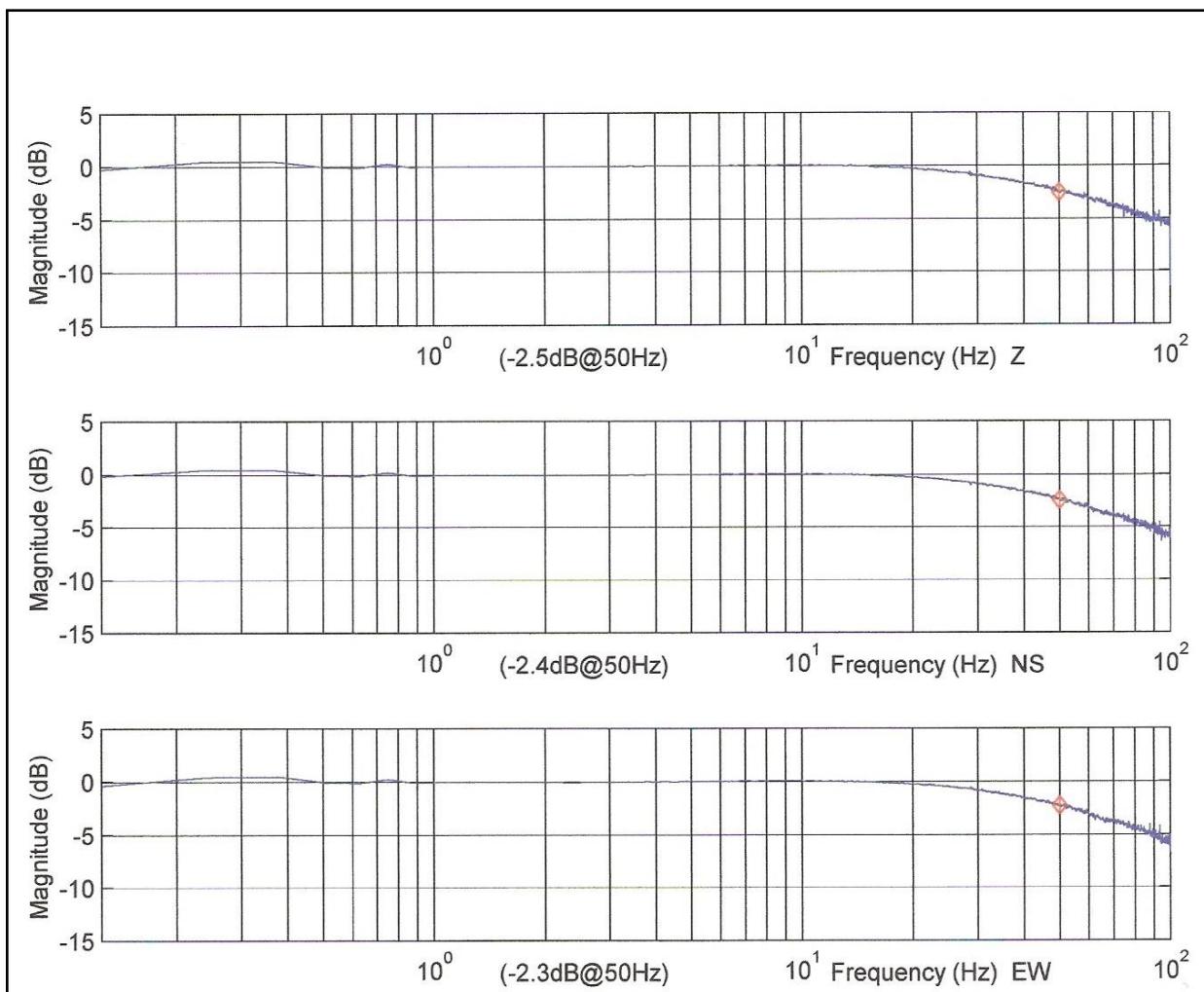
Na zahtjev MORH-a 2011. godine izvršeno je izmjještanje postaje s dotadašnje lokacije (Čatrnja) na novu lokaciju (Kuranov vrh), gdje se i sada nalazi.

Također, do 2011. godine za potrebe istraživanja lokalne seizmičnosti Poligona radila je i seizmološka postaja Kukača. Prestankom rada te postaje smanjena je kvaliteta i mogućnost detaljnijeg izučavanja lokalne seizmičnosti Poligona.

Na temelju maksimalne amplitude brzine osciliranja tla određuje se magnituda potresa. Maksimalna amplituda brzine osciliranja tla određuje se iz zapisa registracije potresa pa je nužno poznavati značajke seismometra za svaki period osciliranja tla (povećanje seismometra, u ovom slučaju). 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 seizmološkoj 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 seizmometar postavljen na seismološkoj postaji Slunj na vojnom poligonu „Eugen Kvaternik”.

Instrument postavljen na seismološkoj postaji Slunj namijenjen je radu u terenskim uvjetima (otporan je na vlagu, širok raspon temperatura i sl.). Sam uređaj zahtjeva vrlo malo održavanja, no, kako se radi o iznimno preciznim mjerjenjima, za uredan i kvalitetan rad nužan je obilazak, kontrola ispravnosti rada i umjeravanje seizmometra od strane stručnih osoba, što je redovito obavljano i 2016. godine. Umjeravanje je provedeno korištenjem pomoću dvije metode: metode simulacije potresa sinusnom strujom iz AD pretvornika

(Willmore, 1959) i metode primijene funkcije skoka akceleracije na njihalo seizmometra (Wielandt, 2002).

3. REZULTATI RADA

Rezultati će biti prikazani tako da se odvoje dvije osnovne skupine potresa, oni do 100 km od Postaje, i oni iz bliže udaljenosti od Postaje (do 50 km udaljenosti). Potresi locirani unutar kruga radijusa 100 km oko seizmološke postaje Slunj (u dalnjem tekstu samo Slunj), a koji su se dogodili u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2016. godine su izdvojeni. Spomenuti potresi nalaze se u Katalogu potresa Hrvatske i susjednih područja, koji je sačinjen na temelju zapisa seizmografa Slunj (smještenog unutar Poligona na Kuranovom vrhu) te ostalih naših i inozemnih seizmoloških postaja. Prema epicentralnim udaljenostima locirani potresi razdijeljeni su u dvije grupe. 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.

Unutar kruga radijusa 100 km oko Slunja locirano je sveukupno 2090 potresa u 2016. godini. Od toga je:

- 379 potresa iz epicentralnih udaljenosti do 50 km (**bliži lokalni potresi**)
i
- 1711 potresa iz epicentralnih udaljenosti od 50 do 100 km (**dalji lokalni potresi**).

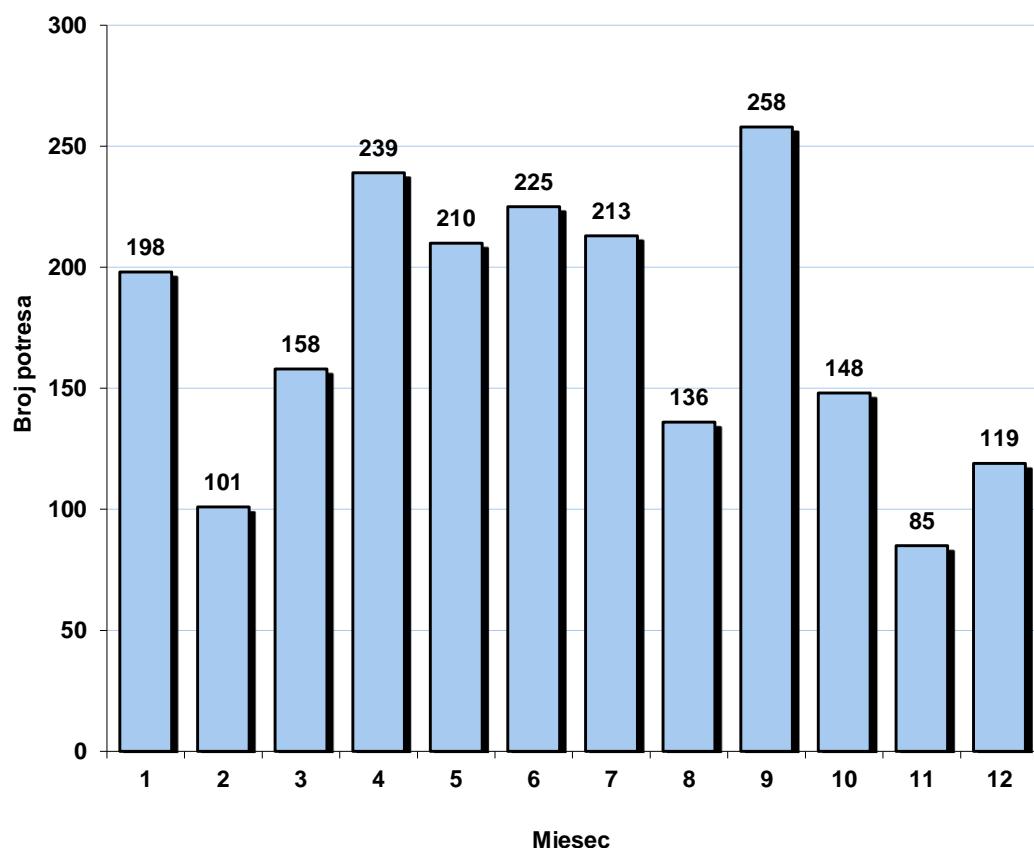
Analiza, kako vremenske, tako i prostorne raspodjele navedenih potresa provedena je kako bismo stekli kvalitetniji i temeljitiji uvid u najosnovnije značajke lokalne seizmičnosti Poligona i okolice.

1. - Mjesečna razdioba čestina potresa lociranih u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2016. godine prikazana je u obliku histograma na slici 3.1.

Broj potresa lociranih po pojedinim mjesecima varira od 85 potresa, koliko je locirano tijekom studenog do 258 potresa, koliko je locirano tijekom rujna. Vidljiva je ponešto nejednolika raspodjela potresa, koja je posebno izražena u drugom polugodištu. U prvom polugodištu locirano je ukupno 1131

potresa, a u drugom 959 potresa. Varijabilnost broja lociranih potresa po mjesecima izraženija je tijekom drugog polugodišta, posebice zbog studenog koji je mjesec sa najmanje zabilježenih potresa tijekom 2016. godine.

Prvo polugodište ima ravnomjernije raspoređene čestine lociranih potresa izuzev veljače koja je sa 101 lociranih potresa drugi po redu mjesec s najmanje lociranih potresa u 2016. godini.



Slika 3.1. Histogram razdiobe lociranih lokalnih potresa po mjesecima iz epicentralnih udaljenosti do 100 km od Slunja, koji su se dogodili u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2016. godine.

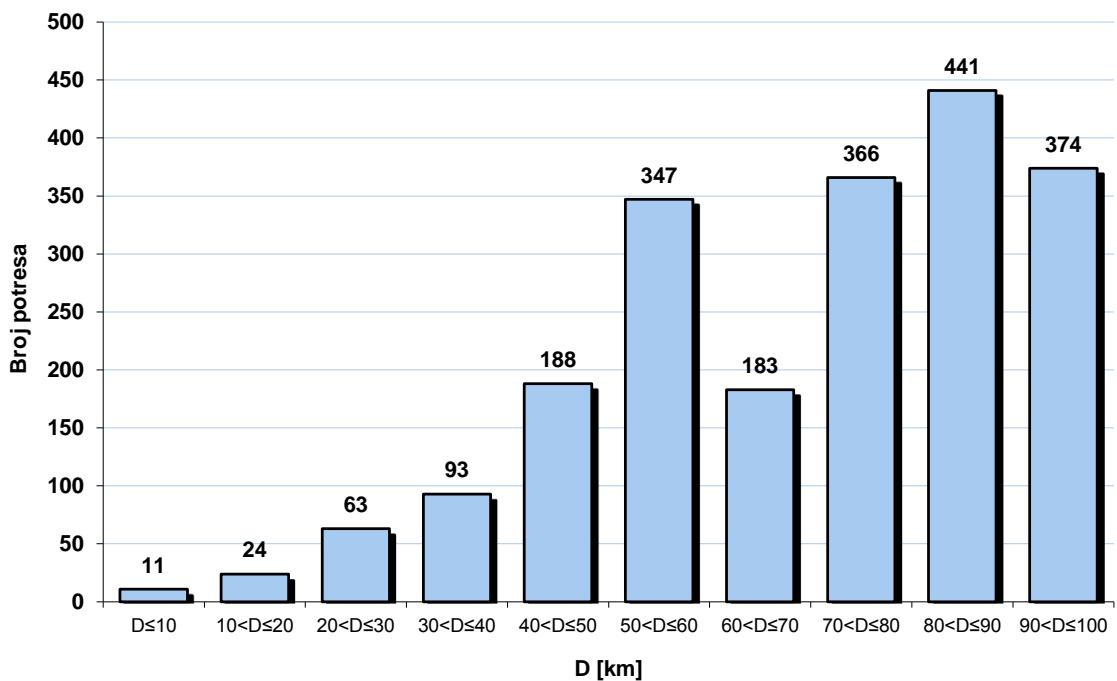
Mjesečna razdioba potresa po epicentralnim udaljenostima (bliži i dalji lokalni potresi) prikazana je u tablici 3.1. Kao što je bio slučaj i prethodnih godina uključenih u ovo istraživanje, postoji velika razlika u udjelu bližih i daljih

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. Razlozi za to su dvojaki: jednim dijelom su posljedica činjenice kako se seizmički najaktivnija područja nalaze upravo unutar epicentralnih udaljenosti od 50 do 100 km od Slunja, drugim dijelom posljedica su činjenice kako je seizmološka postaja Slunj jedina postaja unutar područja epicentralnih udaljenosti do 50 km od Slunja. Ta činjenica je razlog znatno smanjene mogućnosti registriranja i lociranja slabijih potresa koji se dogode unutar područja do 50 km od Postaje. Broj bližih lokalnih potresa po pojedinim mjesecima kreće se u rasponu 15 (veljača) do 58 (svibanj) lociranih potresa, dok se broj daljih lokalnih potresa kreće u rasponu od 65 (studenji) do 220 (rujan) lociranih potresa.

Tablica 3.1. *Mjesečna razdioba čestina lokalnih potresa po epicentralnim udaljenostima D (km) od Slunja, lociranih u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2016. godine.*

Mjesec	0<D≤50	50<D≤100	Ukupno
Siječanj	18	180	198
Veljača	15	86	101
Ožujak	25	133	158
Travanj	44	195	239
Svibanj	58	152	210
Lipanj	45	180	225
Srpanj	38	175	213
Kolovoz	34	102	136
Rujan	38	220	258
Listopad	22	126	148
Studeni	20	65	85
Prosinac	22	97	119
Ukupno	379	1711	2090

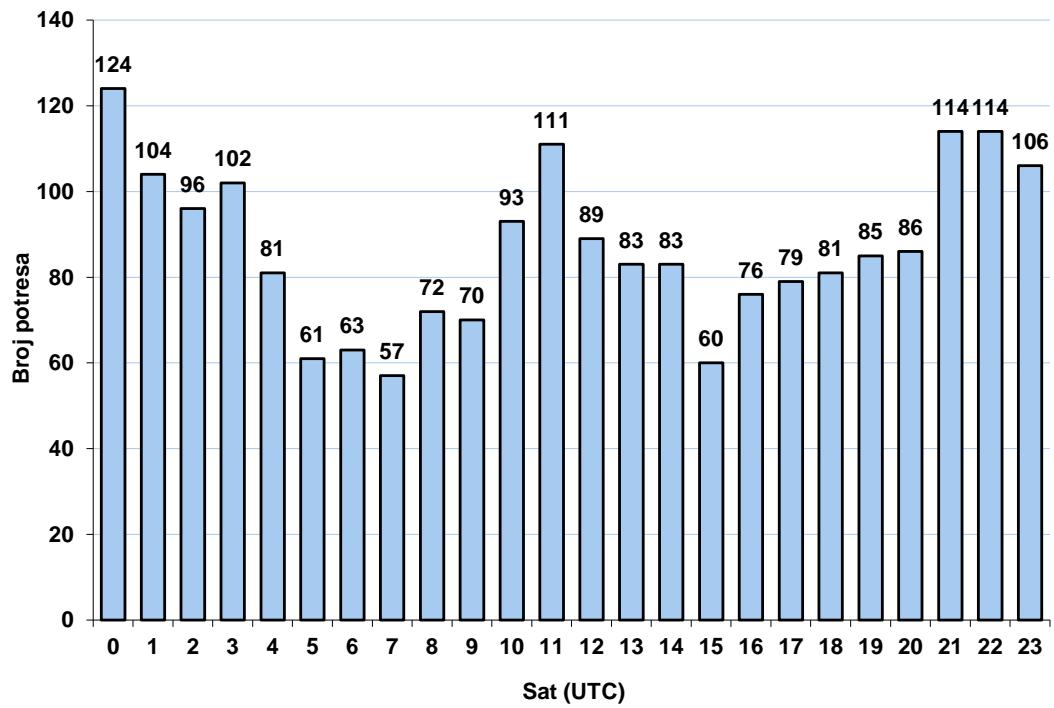
2. - Histogram čestina lociranih potresa po epicentralnim udaljenostima do 100 km od Slunja, koji su se dogodili u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2016. godine, prikazan je na slici 3.2. Kao širina razreda epicentralnih udaljenosti odabrana je širina od 10 km. Trend općeg porasta broja lociranih potresa unutar razreda kako se udaljujemo od postaje Slunj vidljiv je i ove godine. Izražena razlika u seizmičkoj aktivnosti prema broju lociranih potresa bližih i daljih epicentralnih udaljenosti jasno je vidljiva i u 2016. godini. U području epicentralnih udaljenosti do 50 km locirano je svega 379 potresa, što čini tek 18.1 % od ukupnog broja lociranih potresa. U području epicentralnih udaljenosti od 50 do 100 km locirano je 1711 potresa, što čini 81.9 % od ukupnog broja potresa. Slična prostorna razdioba potresa po razredima epicentralnih udaljenosti vidljiva je i u Studijama iz prošlih godina (vidi poglavlje 3.3), a posljedica je rasporeda seizmički najaktivnijih područja upravo na epicentralnim udaljenostima većim od 40 km. Ta seizmički najaktivnija područja 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 2016. godine.

3. - **Dnevni hod čestina potresa** lociranih unutar epicentralnih udaljenosti do 100 km od Slunja, u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2016. godine prikazan je na slici 3.3. Iz dnevnog hoda čestina potresa mogu se pronaći korisne informacije o mogućim umjetno izazvanim potresima (eksplozijama). Umjetne potrese potrebno je prepoznati i izdvojiti prije provođenja analize kako bi se stekao što kvalitetniji uvid u stvarnu seizmičnost promatranog područja. Da bi se isključile eksplozije, tj. umjetni potresi od stvarnih, potrebno je proučiti seismograme navedenih zapisa. Seismogrami eksplozija slični su seismogramima prirodnih potresa. Ipak, moguće ih je 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. Također, ako su žarišta potresa plitka, relativno blizu seismografa i malih magnituda, to može ukazivati na njihovo umjetno porijeklo.

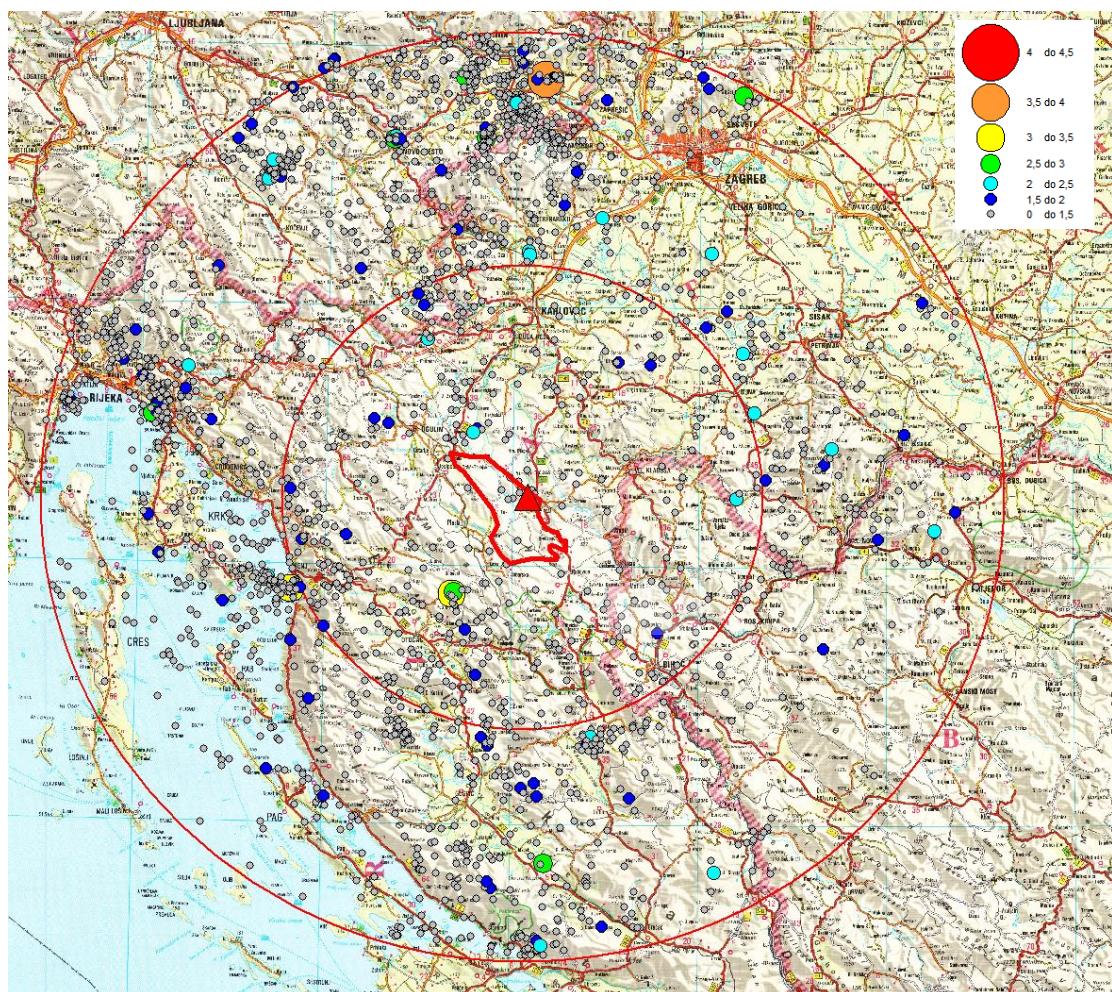


Slika 3.3. Dnevni hod čestina lociranih lokalnih potresa iz epicentralnih udaljenosti do 100 km od Slunja koji su se dogodili u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2016. godine.

Iz dnevnog hoda čestina potresa koji su se dogodili tijekom 2016. godine (slika 3.3.) vidljivo je da broj lociranih potresa pokazuje raspodjelu koja nalikuje na val s maksimumom u ponoć, minimumom tijekom ranih jutarnjih sati, ponovnim porastom prema podnevu (s maksimum u 11 sati), ponovnim padom s minimumom u 15 sati i rastom nakon toga. Zanimljivo je primjetiti da su u vremenu maksimalne ljudske aktivnosti minimumi raspodjele potresa. Tijekom noćnih sati maksimalan broj potresa zabilježen je tijekom 21, 22, 23 sata te u ponoć (458 potresa). Tijekom dnevnih sati uočava se povećanje broja lociranih potresa u razdoblju od 10-12 sati, s najvećim brojem potresa lociranih u 11 sati – tada je ukupno locirano 111 potresa. Tijekom 2016. godine zabilježeno je 103 potresa bliskih epicentralnih udaljenosti koji su imali iznimno malu dubinu

žarišta (manju od 2 km) i male magnitude. Potresi su bili ravnomjerno raspoređeni tijekom cijelog dana, 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 2016. godine prikazana je na slici 3.4.

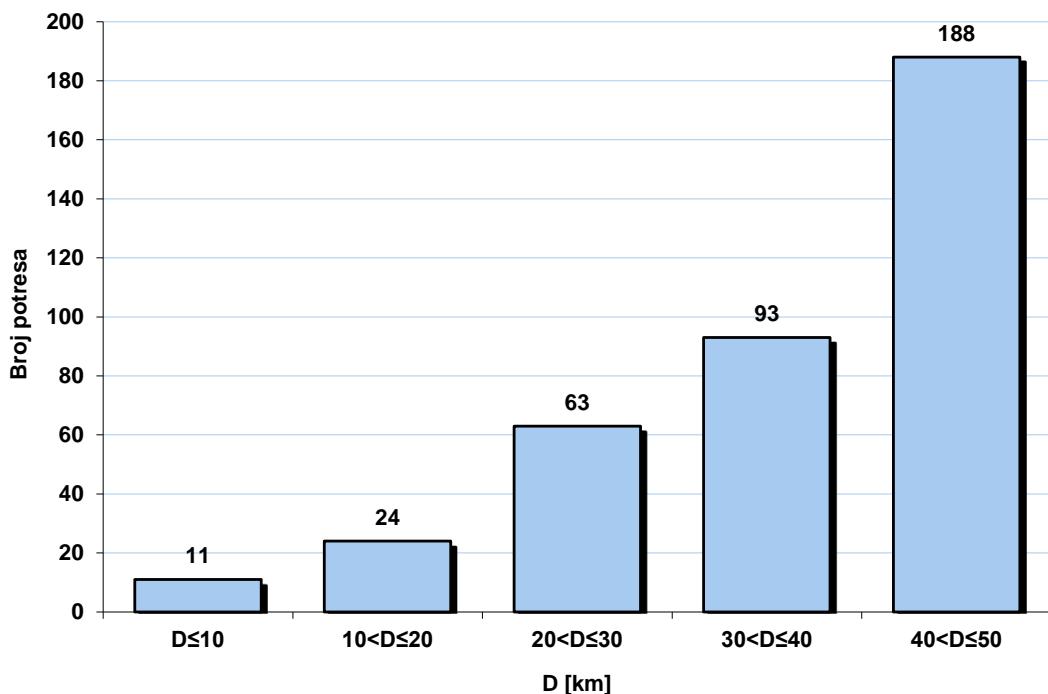


Slika 3.4. Karta epicentara potresa lociranih unutar kruga radijusa 100 km od Slunja u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2016. godine. Seismološka postaja Slunj označena je crvenim trokutom. Granice poligona OS RH „Eugen Kvaternik“ Slunj iscrtane su crvenom debljom linijom. Crvene kružnice odgovaraju kružnicama radijusa 50 i 100 km od seismološke postaje Slunj.

Karta predstavlja detaljni prikaz prostorne razdiobe epicentara potresa i na njoj se uočavaju područja na kojima se dogodila većina potresa tijekom 2016. godine. Ta područja obuhvaćaju područje Sjevernog Jadrana i Sjevernog Velebita između Rijeke i Senja, zatim područje Siska, Zrinske Gore te šire područje Novog Mesta u Sloveniji. Najjači potres koji se dogodio unutar kruga radijusa 100 km od Slunja tijekom 2016. godine bio je magnitude $M = 3.6$, s epicentrom lociranim nedaleko mjesta Brežice, u Sloveniji. Tijekom 2016. godine dogodila su se još dva potresa magnitude veće od 3. Prvi je bio magnitude $M = 3.2$, s epicentrom u blizini Otočca, relativno blizu Slunja (26 km od postaje), dok je drugi bio magnitude $M = 3.3$, s epicentrom kod Senja, u moru (52 km od postaje).

3.1. Potresi epicentralnih udaljenosti do 50 km od Slunja

Od ukupno 2090 potresa lociranih tijekom 2016. godine unutar kruga radijusa 100 km od Slunja, njih 379 (18.1%) 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 koji su se dogodili u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2016. 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. Gotovo polovica svih potresa lociranih unutar kruga radijusa 50 km od Slunja locirano je unutar područja epicentralnih udaljenosti od 40 do 50 km, njih 188.

U okolini *Ogulina* tijekom 2016. godine locirano je 33 potresa, s najjačim potresom magnitude 2.2 po Richteru. Navedeni potres dogodio se

- 17. lipnja 2016. godine u $19^h\ 30^{\text{min}}\ 32.1^s$ (UTC), magnitude $M = 2.2$, epicentralne udaljenosti 15 km od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra $\varphi = 45.246^\circ\text{N}$ i $\lambda = 15.400^\circ\text{E}$.

Od jačih potresa u tom području spomenimo i potres magnitude $M = 1.7$, koji se dogodio

- 30. studenog 2016. godine u $11^h\ 41^{\text{min}}\ 48.0^s$ (UTC), magnitude $M = 1.7$, epicentralne udaljenosti 30 km od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra $\varphi = 45.264^\circ\text{N}$ i $\lambda = 15.173^\circ\text{E}$.

U široj okolini *Otočca* dogodilo se 120 potresa, od kojih je najjači potres bio

- 8. svibnja 2016. godine u $1^h\ 45^{\text{min}}\ 29.5^s$ (UTC), magnitude $M = 3.2$, epicentralne udaljenosti 26 km od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra $\varphi = 44.934^\circ\text{N}$ i $\lambda = 15.337^\circ\text{E}$.

Slijedi ga potres koji je također bitno spomenuti sa sljedećim podacima:

- 10. svibnja 2016. godine u $13^h\ 54^{\text{min}}\ 14.1^s$ (UTC), magnitude $M = 2.8$, epicentralne udaljenosti 26 km od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra $\varphi = 44.937^\circ\text{N}$ i $\lambda = 15.343^\circ\text{E}$.

Područje zaleđa *Senja* je sa 57 potresa također bilo aktivno, s najjačim potresom magnitude $M = 1.6$,

- 13. studenog 2016. godine u $17^h\ 52^{\text{min}}\ 17.0^s$ (UTC), magnitude $M = 1.6$, epicentralne udaljenosti 48 km od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra $\varphi = 45.139^\circ\text{N}$ i $\lambda = 14.911^\circ\text{E}$.

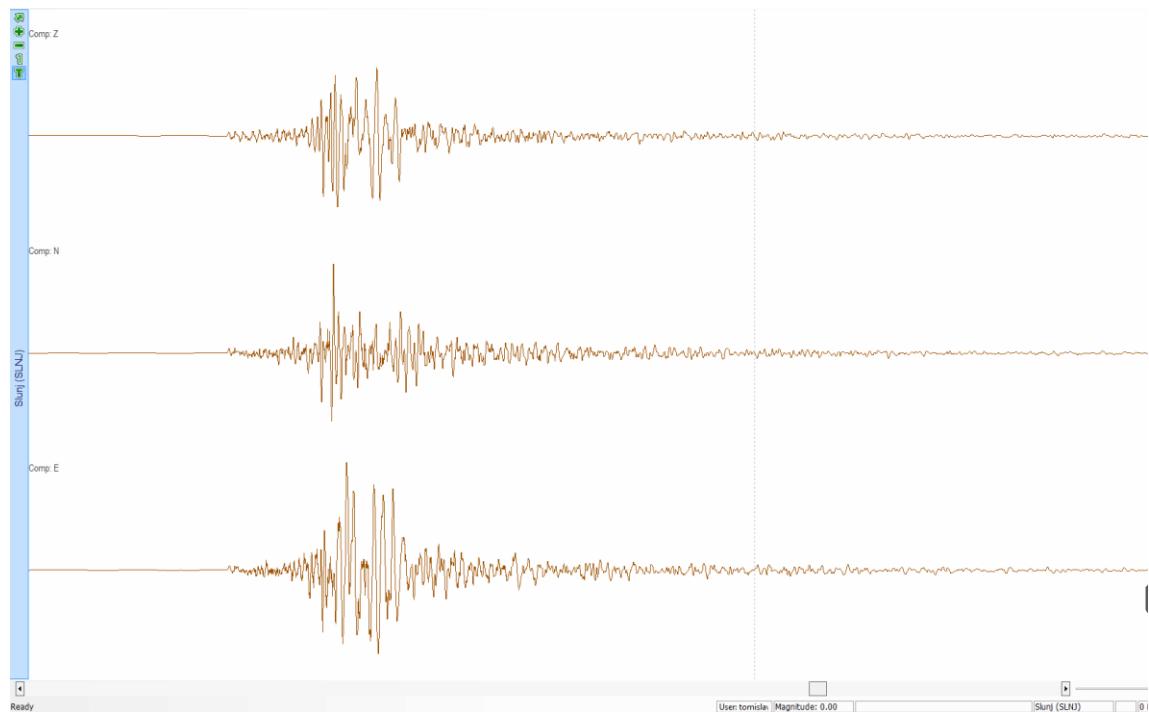
Šire *Karlovačko područje* bilježi 23 potresa, od kojih je najjači

- 24. ožujka 2016. godine u $2^h\ 56^{\text{min}}\ 58.9^s$ (UTC), magnitude $M = 1.5$, epicentralne udaljenosti 48 km od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra $\varphi = 45.510^\circ\text{N}$ i $\lambda = 15.811^\circ\text{E}$.

Područje *Zrinske gore* bilježi 44 potresa, s najjačim potresom koji se dogodio

- 2. svibnja 2016. godine u $12^{\text{h}} 59^{\text{min}} 38.8^{\text{s}}$ (UTC), magnitude $M = 2.0$, epicentralne udaljenosti 46 km od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra $\varphi = 45.116^{\circ}\text{N}$ i $\lambda = 16.102^{\circ}\text{E}$.

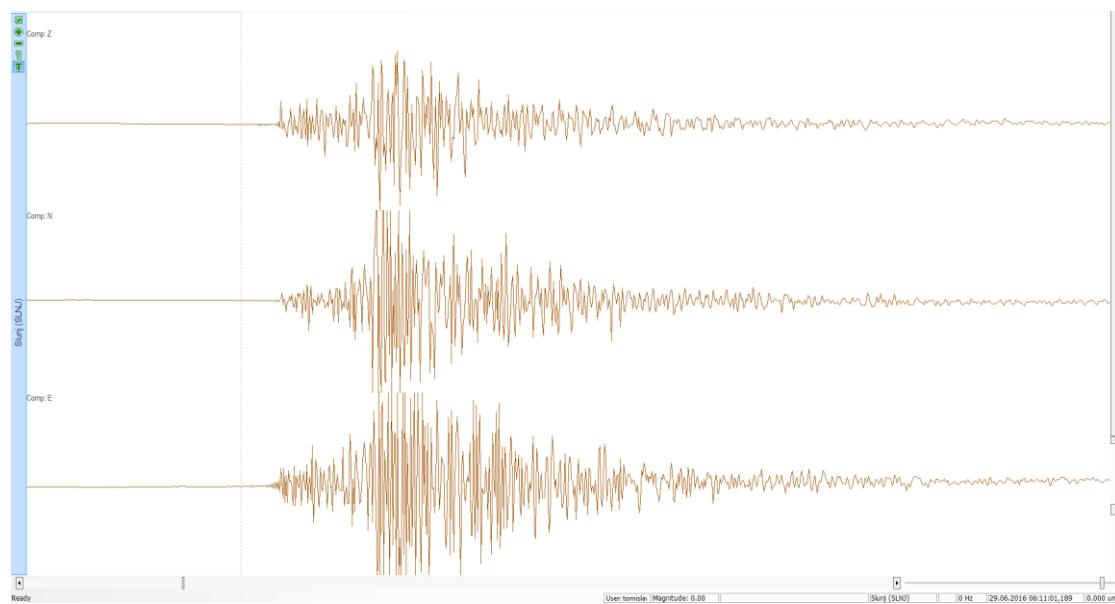
Kao seizmički najaktivnije područje unutar kruga radijusa 50 km od Slunja izdvaja se područje koje obuhvaća zaleđe Senja te širu okolicu Otočca. Unutar navedenog područja locirano je 177 potresa što je 46.7% od svih potresa lociranih unutar promatranog područja epicentralnih udaljenosti do 50 km od postaje Slunj . Najjači potres zabilježen u ovom području imao je magnitudu 3.2 prema Richteru.



Slika 3.6. Seizmogram potresa magnitude $M = 3.2$ koji se dogodio 8. svibnja 2016. godine u $1^h 45^{min} 29.5^s$ (UTC), epicentralne udaljenosti $D = 26$ km od Slunja, zemljopisnih koordinata epicentra $\varphi = 44.934^\circ\text{N}$ i $\lambda = 15.337^\circ\text{E}$, zabilježen na seizmološkoj 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 2016. godine od ukupno 379 lociranih potresa unutar kruga radijusa 50 km oko Slunja dogodila su se četiri takva potresa.

Najbliži potres postaji Slunj dogodio se 29. lipnja 2016. godine u $6^h 10^{min} 58.0^s$ (UTC), na epicentralnoj udaljenosti od 1.7 km sjeveroistočno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra $\varphi = 45.134^\circ\text{N}$ i $\lambda = 15.554^\circ\text{E}$. Potres je imao magnitudu $M = 0.5$ prema Richteru.

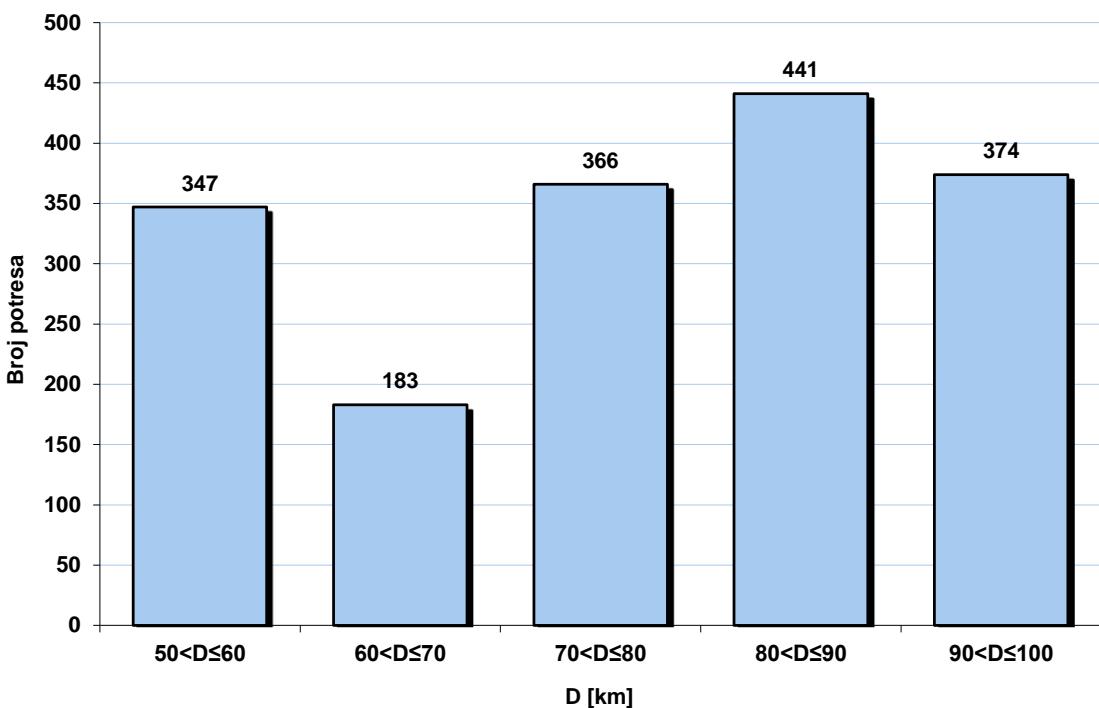


Slika 3.7. *Seizmogram potresa magnitude $M = 0.5$ koji se dogodio 29. lipnja 2016. godine u $6^h 10^{min} 58.0^s$ (UTC), epicentralne udaljenosti $D = 1.7$ km sjeveroistočno od Slunja, zemljopisnih koordinata epicentra $\varphi = 45.134^\circ N$ i $\lambda = 15.554^\circ E$, zabilježen na seizmološkoj postaji Slunj.*

S obzirom na energetsku karakteristiku seizmičnosti promatranog područja unutar kruga radijusa 50 km od Slunja, tijekom 2016. godine zabilježeno je relativno malo potresa magnitude veće ili jednake 2.0 usporedivo s razdobljem od kraja 2006. godine do kraja 2016. godine.

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

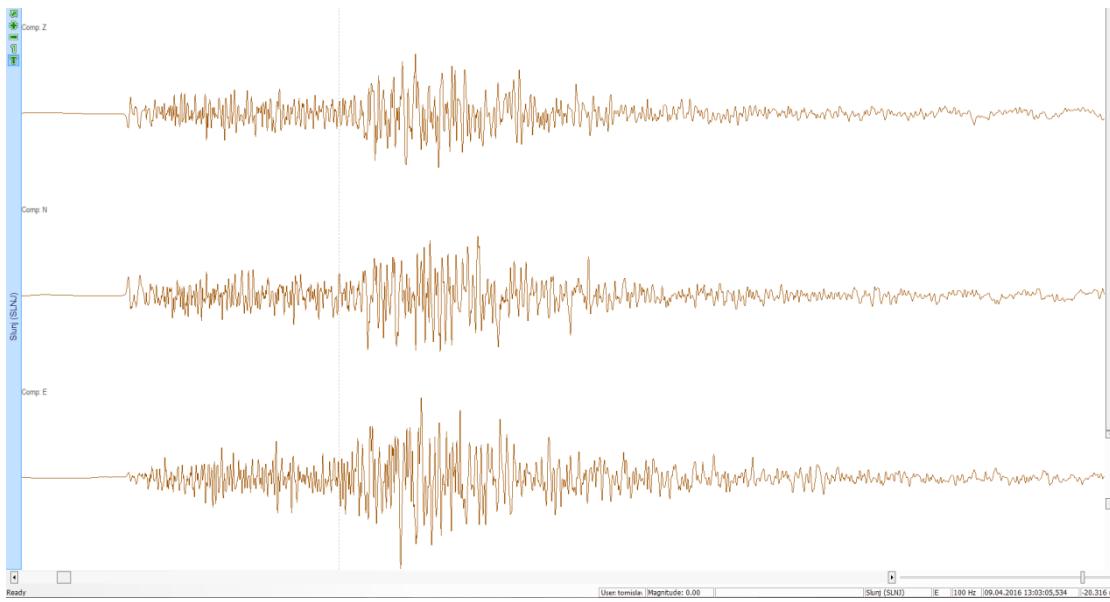
Od ukupno 2090 potresa koji su locirani na cijelokupnom analiziranom području u 2016. godini, njih 1711, odnosno 81.9%, pripada grupi daljih lokalnih potresa čija je epicentralna udaljenost između 50 i 100 km od Slunja. Na slici 3.8 prikazan je histogram čestina tih potresa s obzirom na epicentralnu udaljenost.



Slika 3.8. Histogram čestina lociranih potresa po epicentralnim udaljenostima D (km) od 50 do 100 km od Slunja koji su se dogodili u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2016. 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. Kao i prethodnih godina, i ove godine očita je izrazita dominacija razreda udaljenosti od 80-90 km. Promatrajući kartu prostorne raspodjele potresa na slici 3.4, kao seizmički najaktivnija ističu se sljedeća područja: U toj udaljenosti, najaktivnija područja su bila šire područje otoka Krka, Riječko područje, u Sloveniji područja oko Ribnice, Metlike, Novog Mesta, Brežica. Nadalje, aktivno je bilo područje Medvednice, šira okolica Siska, Zrinska Gora, Krbavsko polje i potez od Rovanske do Paga, kao i Ljubovo-

Perušić-Velika Plana. Najjači dalji lokalni potres bio je magnitude 3.6 i dogodio se 9. travnja 2016. godine u $13^h 2^{min} 33.3^s$ (UTC) u Sloveniji, kod mjesta Brežice, na epicentralnoj udaljenosti od 89 km sjeverno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra $\varphi = 45.929^\circ\text{N}$ i $\lambda = 15.603^\circ\text{E}$. Seizmogram navedenog potresa zabilježenog na seismološkoj postaji Slunj prikazan je na slici 3.9.



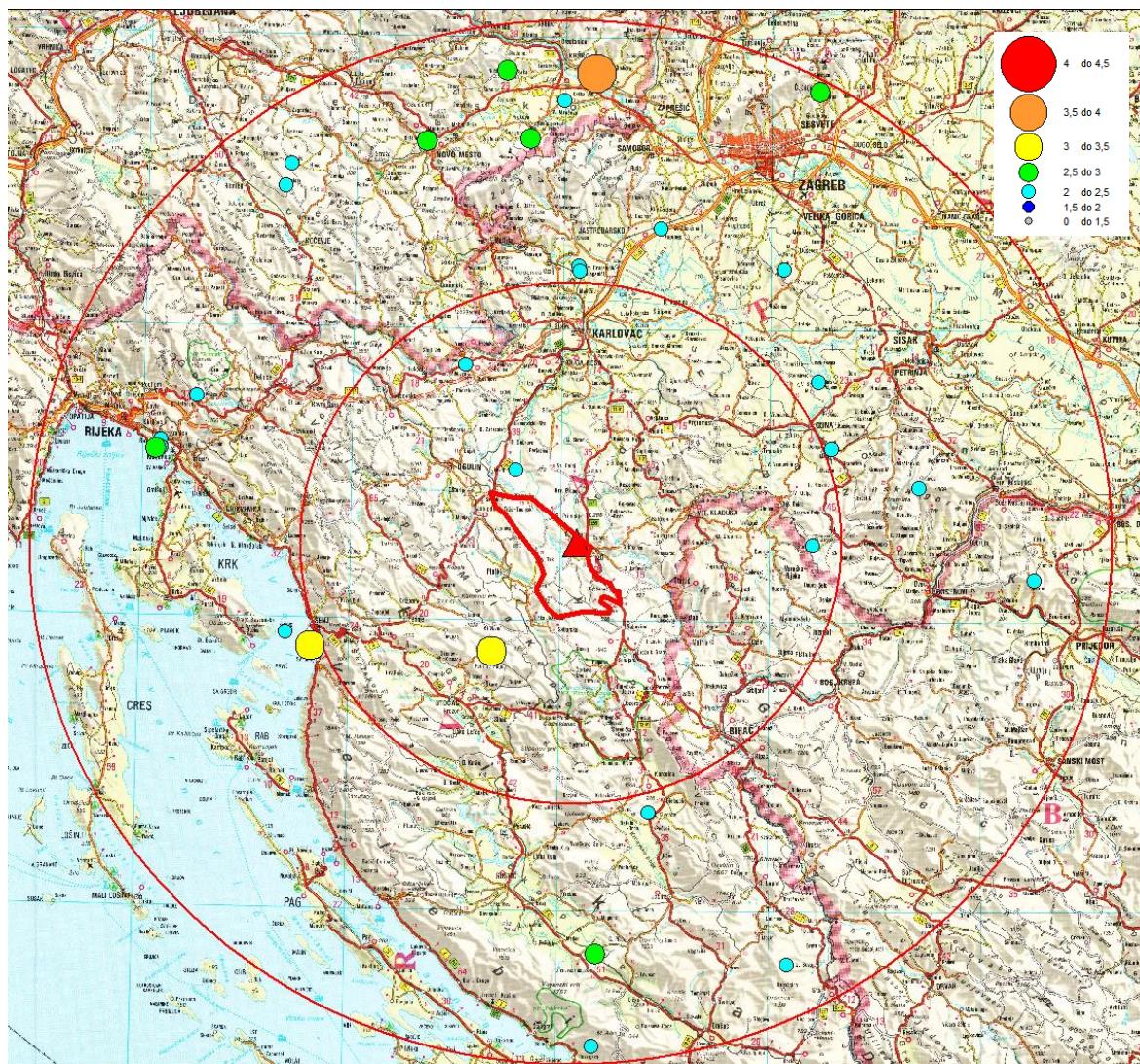
Slika 3.9. *Seizmogram najjačeg daljeg lokalnog potresa magnitude $M = 3.6$ koji se dogodio 9. travnja 2016. godine u $13^h 2^{min} 33.3^s$ (UTC), epicentralne udaljenosti $D = 89$ km sjeverno od Slunja, zemljopisnih koordinata epicentra $\varphi = 45.929^\circ\text{N}$ i $\lambda = 15.603^\circ\text{E}$, zabilježen na seismološkoj postaji Slunj.*

Od jačih potresa (preko magnitude $M=3.0$) dogodio se još samo jedan, i to:

Magnitude $M = 3.3$, 20. srpnja 2016. godine, u $6^h 36^{min} 36.8^s$ (UTC), s žarištem pod morem kod Senja, na epicentralnoj udaljenosti od 52 km južno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra $\varphi = 44.945^\circ\text{N}$ i $\lambda = 14.908^\circ\text{E}$.

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 2016. godine od ukupno 1711

daljih lociranih potresa dogodilo se 25 takvih potresa. U sljedećim odlomcima navest ćemo ih sukladno područjima u kojima su se dogodili.



Slika 3.10. Karta epicentara potresa lociranih unutar kruga radijusa 100 km od Slunja u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2016. godine. Seizmološka postaja Slunj označena je crvenim trokutom. Granice poligona OS RH „Eugen Kvaternik“ Slunj iscrtane su crvenom debljom linijom. Crvene kružnice odgovaraju kružnicama radijusa 50 i 100 km od seizmološke postaje Slunj. Prikazani su samo potresi magnitudo 2.0 po Richteru i veće.

Šira okolica *Rijeke* ima 3 locirana potresa magnitude veće ili jednake 2.0, i navodimo ih prema jačini:

- 8. siječnja 2016. godine u $5^h 57^{min} 11.0^s$ (UTC), magnitude $M = 2.7$, sa zemljopisnim koordinatama epicentra $\varphi = 45.285^\circ N$ i $\lambda = 14.545^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 78 km,
- 7. siječnja 2016. godine u $2^h 56^{min} 16.1^s$ (UTC), magnitude $M = 2.1$, sa zemljopisnim koordinatama $\varphi = 45.286^\circ N$ i $\lambda = 14.556^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 77 km.

Senj i okolica imaju 2 locirana potresa magnitude veće ili jednake 2.0, i navodimo ih prema jačini:

- 20. srpnja 2016. godine u $6^h 36^{min} 36.8^s$ (UTC), magnitude $M = 3.3$, sa zemljopisnim koordinatama epicentra $\varphi = 44.945^\circ N$ i $\lambda = 14.908^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 52 km,
- 26. srpnja 2016. godine u $18^h 24^{min} 52.0^s$ (UTC), magnitude $M = 2.2$, sa zemljopisnim koordinatama $\varphi = 44.968^\circ N$ i $\lambda = 14.848^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 56 km.

Starigrad Paklenica i *Medak* imaju locirana tri potresa magnitude veće ili jednake 2.0 i to redom:

- 25. svibnja 2016. godine u $20^h 56^{min} 40.3^s$ (UTC), magnitude $M = 2.9$, sa zemljopisnim koordinatama epicentra $\varphi = 44.413^\circ N$ i $\lambda = 15.576^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 80 km,
- 9. lipnja 2016. godine u $10^h 11^{min} 57.1^s$ (UTC), magnitude $M = 2.1$, sa zemljopisnim koordinatama $\varphi = 44.254^\circ N$ i $\lambda = 15.565^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 98 km,
- 27. srpnja 2016. godine u $15^h 1^{min} 11.4^s$ (UTC), magnitude $M = 2.1$, sa zemljopisnim koordinatama $\varphi = 44.394^\circ N$ i $\lambda = 16.030^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 92 km.

Kod *Debelog Brda* lociran je 1 potres magnitude veće ili jednake 2.0 i to:

- 26. siječnja 2016. godine u $11^h 32^{min} 45.1^s$ (UTC), magnitude $M = 2.4$, sa zemljopisnim koordinatama $\varphi = 44.656^\circ N$ i $\lambda = 15.705^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 55 km.

Na području *Zrinske gore* locirana su tri potresa magnitude veće ili jednake 2.0 i to:

- 7. siječnja 2016. godine u $13^h 43^{min} 3.1^s$ (UTC), magnitude $M = 2.4$, sa zemljopisnim koordinatama $\varphi = 45.282^\circ N$ i $\lambda = 16.150^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 52 km,
- 19. listopada 2016. godine u $16^h 5^{min} 25.0^s$ (UTC), magnitude $M = 2.3$, sa zemljopisnim koordinatama $\varphi = 45.214^\circ N$ i $\lambda = 16.356^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 66 km,
- 2. veljače 2016. godine u $1^h 8^{min} 35.2^s$ (UTC), magnitude $M = 2.1$, sa zemljopisnim koordinatama $\varphi = 45.055^\circ N$ i $\lambda = 16.629^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 88 km.

Na potezu *Ozali-Klinča sela-Buševac-Glinska poljana* locirana su četiri potresa magnitude veće ili jednake 2.0:

- 11. svibnja 2016. godine u $12^h 19^{min} 46.9^s$ (UTC), magnitude $M = 2.3$, sa zemljopisnim koordinatama epicentra $\varphi = 45.591^\circ N$ i $\lambda = 16.042^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 65 km,
- 22. prosinca 2016. godine u $3^h 43^{min} 43.4^s$ (UTC), magnitude $M = 2.2$, sa zemljopisnim koordinatama epicentra $\varphi = 45.589^\circ N$ i $\lambda = 15.556^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 50 km,
- 11. ožujka 2016. godine u $18^h 11^{min} 55.8^s$ (UTC), magnitude $M = 2.0$, sa zemljopisnim koordinatama $\varphi = 45.661^\circ N$ i $\lambda = 15.750^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 61 km,
- 27. ožujka 2016. godine u $17^h 51^{min} 16.7^s$ (UTC), magnitude $M = 2.0$, sa zemljopisnim koordinatama $\varphi = 45.597^\circ N$ i $\lambda = 15.554^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 51 km.

Područje *Medvednice* ima lociran jedan potres magnitude veće ili jednake 2.0 i to:

- 4. prosinca 2016. godine u $4^h\ 7^{min}\ 20.1^s$ (UTC), magnitude $M = 2.5$, sa zemljopisnim koordinatama $\varphi = 45.895^\circ N$ i $\lambda = 16.133^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 97 km.

Potez *Samobor-Brežice-Novo mesto* ima 6 lociranih potresa magnitude veće ili jednake 2.0 i to redom:

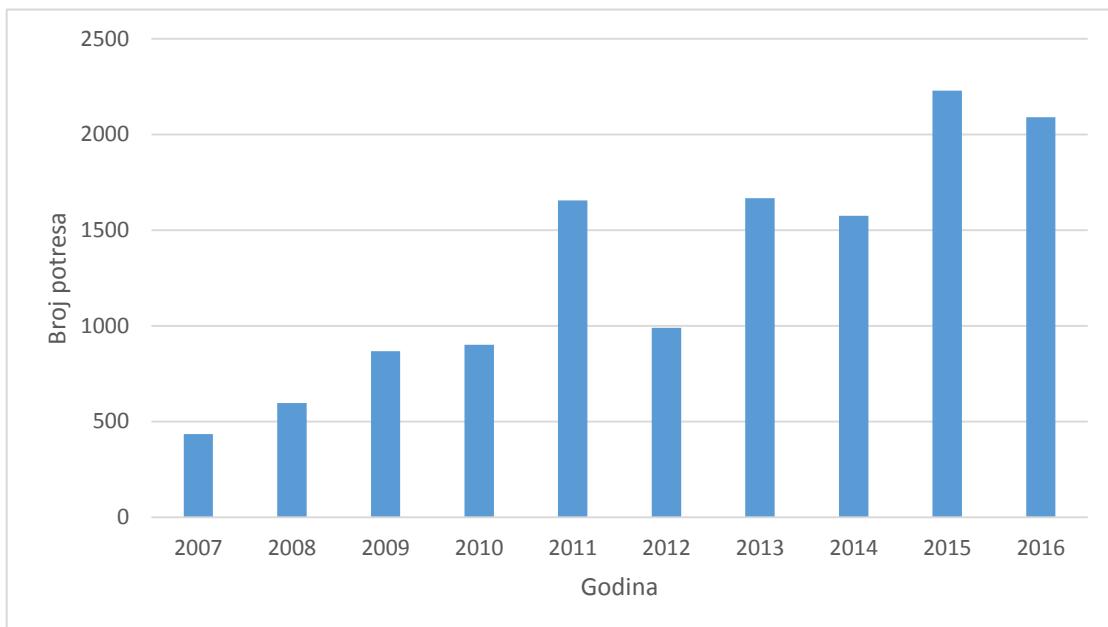
- 9. travnja 2016. godine u $13^h\ 2^{min}\ 33.3^s$ (UTC), magnitude $M = 3.6$, sa zemljopisnim koordinatama epicentra $\varphi = 45.929^\circ N$ i $\lambda = 15.603^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 89 km,
- 22. ožujka 2016. godine u $2^h\ 12^{min}\ 2.0^s$ (UTC), magnitude $M = 3.0$, sa zemljopisnim koordinatama epicentra $\varphi = 45.934^\circ N$ i $\lambda = 15.390^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 89 km,
- 25. rujna 2016. godine u $21^h\ 14^{min}\ 19.9^s$ (UTC), magnitude $M = 2.6$, sa zemljopisnim koordinatama $\varphi = 45.816^\circ N$ i $\lambda = 15.443^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 76 km,
- 7. lipnja 2016. godine u $18^h\ 10^{min}\ 37.5^s$ (UTC), magnitude $M = 2.5$, sa zemljopisnim koordinatama $\varphi = 45.813^\circ N$ i $\lambda = 15.199^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 79 km,
- 7. lipnja 2016. godine u $18^h\ 43^{min}\ 6.5^s$ (UTC), magnitude $M = 2.2$, sa zemljopisnim koordinatama $\varphi = 45.818^\circ N$ i $\lambda = 15.203^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 80 km,
- 1. srpnja 2016. godine u $7^h\ 16^{min}\ 6.9^s$ (UTC), magnitude $M = 2.1$, sa zemljopisnim koordinatama $\varphi = 45.882^\circ N$ i $\lambda = 15.526^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 83 km.

Okolica Ribnice u Sloveniji ima locirana 2 potresa magnitude veće ili jednake 2.0:

- 16. ožujka 2016. godine u $0^h\ 8^{min}\ 10.5^s$ (UTC), magnitude $M = 2.2$, sa zemljopisnim koordinatama $\varphi = 45.737^\circ N$ i $\lambda = 14.861^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 84 km,
- 5. lipnja 2016. godine u $14^h\ 10^{min}\ 40.9^s$ (UTC), magnitude $M = 2.0$, sa zemljopisnim koordinatama $\varphi = 45.774^\circ N$ i $\lambda = 14.875^\circ E$ i epicentralne udaljenosti 87 km.

- **3.3. Lokalni potresi na području Slunja locirani u razdoblju od 1. siječnja 2007. godine do 31. prosinca 2016. godine**

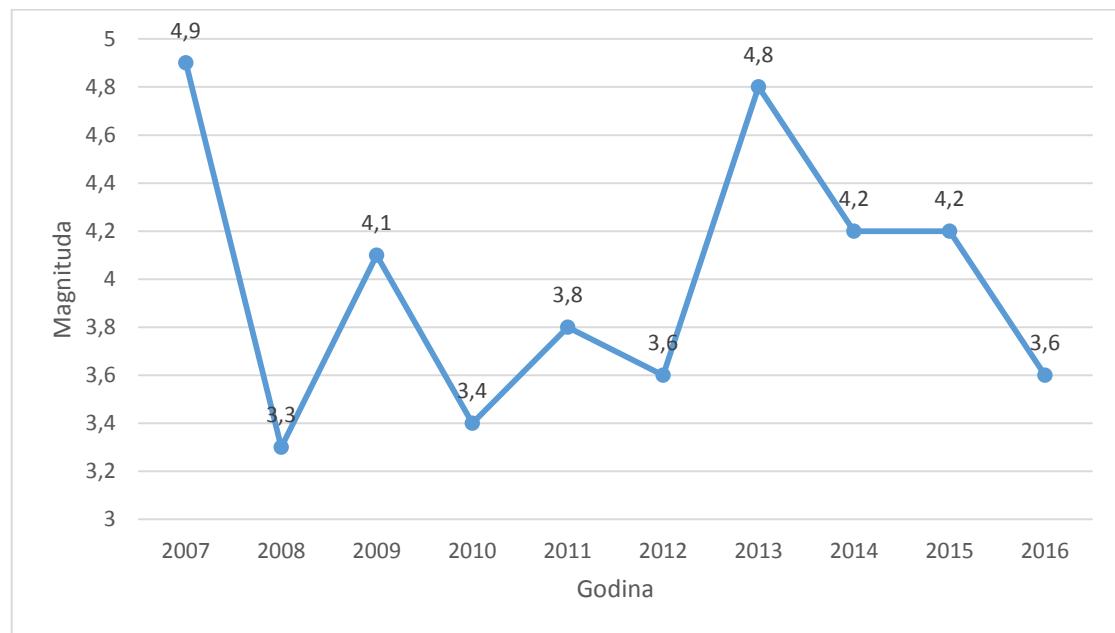
U razdoblju od 1. siječnja 2007. do 31. prosinca 2016. godine locirano je sveukupno **13009 potresa** iz epicentralnih udaljenosti do 100 km od Slunja. Histogram čestina tih potresa po godinama prikazan je na slici 3.11.



Slika 3.11. *Histogram čestina lociranih potresa po godinama unutar kruga radijusa 100 km od Slunja u razdoblju od 1. siječnja 2007. godine do 31. prosinca 2016. godine.*

Godina 2016. je druga godina s najvećim brojem lociranih potresa od kad traje praćenje lokalne seizmičnosti ovog područja. U usporedbi s prošlom 2015. godinom, ukupan broj lociranih potresa je nešto manji ali sličniji onom 2015. godine nego ostalim godinama. 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 3.12. prikazane su magnitude 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. 2015. godina dijeli treće mjesto s 2014. godinom, koje se također dogodio potres magnitude 4.2. Promatrana, 2016. godina imala je relativno slab najjači potres, magnitude 3.6, što ju stavlja u skupinu godina sa slabijim najjačim potresima poput 2008., 2010. i 2012. godine.



Slika 3.12. Maksimalne magnitude lokalnih potresa lociranih unutar kruga radijusa 100 km od Slunja u razdoblju od 1. siječnja 2007. do 31. prosinca 2016. godine.

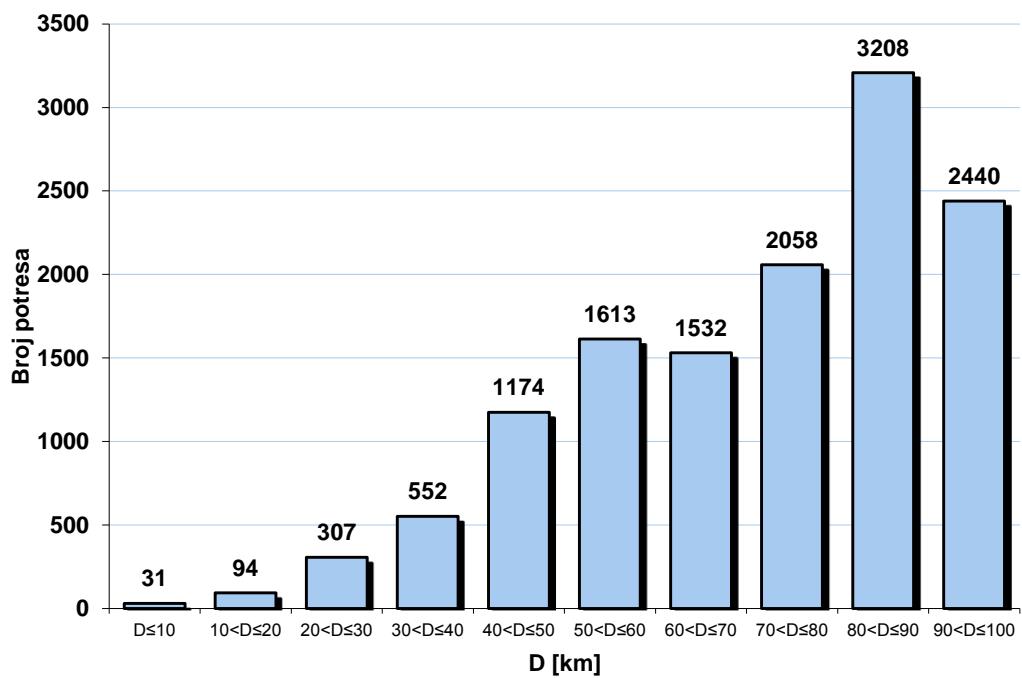
Lokalni potresi najveće magnitude unutar promatranog vremenskog razdoblja po godinama dogodili su se (poredani kronološki):

- **5. veljače 2007. u $8^h 30^m 04.5^s$ (UTC), magnitude $M = 4.9$, epicentralne udaljenosti $D = 47$ 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 **$D = 49\ km$** jug-jugoistočno od Slunja, nedaleko Korenice, zemljopisnih koordinata epicentra $\varphi = 44.713^\circ N$ i $\lambda = 15.773^\circ E$,
- **21. lipnja 2009.** u **$10^h\ 54^m\ 37.1^s$** (UTC), magnitude **$M = 4.1$** , epicentralne udaljenosti **$D = 96\ km$** južno od Slunja, nedaleko Starigrad-Paklenice, zemljopisnih koordinata epicentra $\varphi = 44.261^\circ N$ i $\lambda = 15.419^\circ E$,
- **3. studenog 2010.** u **$15^h\ 08^m\ 9.0^s$** (UTC), magnitude **$M = 3.4$** , epicentralne udaljenosti **$D = 68\ km$** sjeverno od Slunja, nedaleko Jastrebarskog, zemljopisnih koordinata epicentra $\varphi = 45.703^\circ N$ i $\lambda = 15.796^\circ E$,
- **6. svibnja 2011.** u **$23^h\ 44^m\ 52.0^s$** (UTC), magnitude **$M = 3.8$** , epicentralne udaljenosti **$D = 42\ km$** zapad-jugozapadno od Slunja, u zaledju Senja, zemljopisnih koordinata epicentra $\varphi = 44.997^\circ N$ i $\lambda = 15.023^\circ E$,
- **18. svibnja 2012.** u **$20^h\ 38^{min}\ 53.0^s$** (UTC), magnitude **$M = 3.6$** , epicentralne udaljenosti **$D = 41\ km$** jugozapadno od Slunja, zemljopisnih koordinata epicentra $\varphi = 44.913^\circ N$ i $\lambda = 15.115^\circ E$
- **30. srpnja 2013.** u **$12^h\ 58^{min}\ 30.0^s$** (UTC), magnitude **$M = 4.8$** , epicentralne udaljenosti **$D = 40\ km$** zapadno-jugozapadno od Slunja, zemljopisnih koordinata epicentra $\varphi = 45.068^\circ N$ i $\lambda = 15.030^\circ E$
- **13. ožujka 2014.** u **$17^h\ 31^{min}\ 59.3^s$** (UTC), magnitude **$M = 4.2$** , epicentralne udaljenosti **$D = 86\ km$** sjeverozapadno od Slunja, zemljopisnih koordinata epicentra $\varphi = 45.751^\circ N$ i $\lambda = 15.851^\circ E$
- **1. studenog 2015.** u **$7^h\ 52^{min}\ 32.9^s$** (UTC), magnitude **$M = 4.2$** , epicentralne udaljenosti **$D = 82\ km$** sjeverno od Slunja, zemljopisnih koordinata epicentra $\varphi = 45.868^\circ N$ i $\lambda = 15.531^\circ E$
- **9. travnja 2016.** u **$13^h\ 2^{min}\ 33.3^s$** (UTC), magnitude **$M = 3.6$** , epicentralne udaljenosti **$D = 89\ km$** sjeverno od Slunja, zemljopisnih koordinata epicentra $\varphi = 45.929^\circ N$ i $\lambda = 15.603^\circ E$.

Za desetogodišnje razdoblje rada postaje Slunj (i postaje Kukača, koja je ugašena 2011. godine) (od 1. siječnja 2007. godine do 31. prosinca 2016. godine) sačinjena je kumulativna razdioba lokalnih potresa po razredima epicentralne udaljenosti širine 10 km (Slika 3.13). 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 3.13. Kumulativna razdioba lokalnih potresa po epicentralnim udaljenostima D (km) do 100 km od Slunja za razdoblje od 1. siječnja 2007. godine do 31. prosinca 2016. godine.

4. ZAKLJUČAK

Katalog potresa (kao osnova za analizu značajki lokalne seizmičke aktivnosti područja VP „E. Kvaternik“ Slunj) sačinjen je uz pomoć zapisa seismografa u Slunju, te ostalih naših i inozemnih seismoloških postaja.

Unutar kruga radijusa 100 km oko Slunja, u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2016. godine **locirano je 2090 potresa**, od kojih je:

- **379** iz epicentralnih udaljenosti do 50 km (**bliži lokalni potresi**) i
- **1711** iz epicentralnih udaljenosti od 50 do 100 km (**dalji lokalni potresi**).

Od 379 potresa iz epicentralnih udaljenosti do 50 km najveći broj (njih 188) 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 2016. godine dogodilo se 4 potresa iz područja epicentralnih udaljenosti do 50 km oko Slunja magnituda većih ili jednakih 2.0.

Najjači potres unutar kruga radijusa 50 km od seismološke postaje Slunj dogodio se:

- 8. svibnja 2016. godine u $1^h\ 45^{\text{min}}\ 29.5^{\text{s}}$ (UTC), magnitude $M = 3.2$, epicentralne udaljenosti 26 km od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra $\varphi = 44.934^\circ\text{N}$ i $\lambda = 15.337^\circ\text{E}$.

Najbliži potres postoji Slunj dogodio se 29. lipnja 2016. godine u $6^h\ 10^{\text{min}}\ 58.0^{\text{s}}$ (UTC), na epicentralnoj udaljenosti od 1.7 km sjeveroistočno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra $\varphi = 45.134^\circ\text{N}$ i $\lambda = 15.554^\circ\text{E}$. Potres je imao magnitudu $M = 0.5$ prema Richteru.

Od 1711 potresa iz epicentralnih udaljenosti od 50 do 100 km njih 25 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 3.6 i dogodio se 9. travnja 2016. godine u $13^{\text{h}} 2^{\text{min}} 33.3^{\text{s}}$ (UTC) u Sloveniji, kod mjesta Brežice, na epicentralnoj udaljenosti od 89 km sjeverno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra $\varphi = 45.929^{\circ}\text{N}$ i $\lambda = 15.603^{\circ}\text{E}$.

U 2016. godini nije bilo potresa koji su se makroseizmički izraženije manifestirali na širemu području Slunja.

Sada već desetogodišnje razdoblje rada seismografa postavljenih na privremenim seismološkim postajama Slunj i Kukača omogućava jasniji uvid u seizmičnost lokalnog područja. U razdoblju **od 1. siječnja 2007. do 31. prosinca 2016. godine** sveukupno je locirano **13009** potresa iz epicentralnih udaljenosti do 100 km od Slunja. Iako je 2015. godine locirano najviše potresa, njih 2229, i ova, 2016. godina ne zaostaje mnogo sa 2090 lociranih potresa. Prisutan je općeniti trend porasta broja lociranih potresa po pojedinim godinama istraživanja. Navedeni porast moguće je pripisati dvama glavnim doprinosima: stalnim poboljšanjima instrumentalnog praćenja seizmičnosti i unaprijeđenja programa i aplikacija za lociranje potresa, te porastu 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 Jadran i Sjevernog Velebita od Rijeke do Senja, zatim u području Žumberak – Brežice – Krško i širem području Novog Mesta u Sloveniji te na Medvednici.

Desetogodišnje iskustvo i podaci sa seismološke postaje Slunj pokazuju da je u lokalnom području Slunja prisutna izražena seizmička aktivnost (baš što je naglašavano i u prethodnim Izvješćima). Ta aktivnost ukazuje na nužnost nastavka rada seismološke postaje Slunj. Kako bi se podaci dodatno poboljšali, preporuka je instaliranje barem još jedne seismološke postaje u okolici (npr. povratak seismološke postaje Kukača), a idealno 2 dodatne lokalne postaje, čime bi se opseg i mogućnost detaljnijeg izučavanja seizmičnosti užeg i šireg lokalnog područja oko Poligona bitno poboljšala. Time bi se značajno povećala mogućnost lociranja slabijih potresa epicentralnih udaljenosti do 50 km od same postaje. Takvi potresi predstavljaju vrlo vrijedan izvor podataka jer je za istraživanje seismoloških parametara za neku lokaciju najvažnija lokalna seizmičnost. Preporuka je stoga da je izuzetno važno nastaviti seismološka istraživanja područja Poligona iz razloga što rezultati imaju veću težinu ako je vremenski niz mikroseizmičkih mjerena duži. Dugačak niz mikroseizmičkih mjerena omogućava bolje određivanje relevantnih parametara potresa za buduća razdoblja, što je važan element za procjenu rizika. Navedeno bi omogućilo kvalitetniju analizu seizmičnosti s ciljem utvrđivanja što točnijih seismotektonskih modela, što je 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.

Fiket T. et al. (2015):

Poligon OS RH "Eugen Kvaternik" Slunj: Rezultati praćenja lokalne seizmičke aktivnosti u 2014. godini. Geofizički zavod PMF-a, Zagreb.

Fiket T. et al. (2016):

Poligon OS RH "Eugen Kvaternik" Slunj: Rezultati praćenja lokalne seizmičke aktivnosti u 2015. 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 Seismologija

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.