

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Petrin, T., 2013. Analiza možnosti določitve premikov zemeljskega površja med in po potresih na osnovi opazovanj GNSS. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Stopar, B., somentor Sterle, O.): 31 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Petrin, T., 2013. Analiza možnosti določitve premikov zemeljskega površja med in po potresih na osnovi opazovanj GNSS. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Stopar, B., co-supervisor Sterle, O.): 31 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
PRVE STOPNJE GEODEZIJE
IN GEOINFORMATIKE

Kandidatka:

TANJA PETRIN

**ANALIZA MOŽNOSTI DOLOČITVE PREMİKOV
ZEMELJSKEGA POVRŠJA MED IN PO POTRESIH NA
OSNOVI OPAZOVANJ GNSS**

Diplomska naloga št.: 36/GIG

**ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF IDENTIFYING
THE MOVEMENT OF THE EARTH'S SURFACE
DURING AND AFTER EARTHQUAKES BASED ON
GNSS OBSERVATIONS**

Graduation thesis No.: 36/GIG

Mentor:

Prof. dr. Bojan Stopar

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Dušan Kogoj

Somentor:

asist. mag. Oskar Sterle

Ljubljana, 20. 09. 2013

Ta stran je namenoma prazna.

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo
-----------------------	-------------------------	----------------	---------------

IZJAVE

Podpisana **TANJA PETRIN** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom: »**Analiza možnosti določitve premikov zemeljskega površja med in po potresih na osnovi opazovanj GNSS**«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Rečica ob Savinji, 9. 9. 2013

Tanja Petrin

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.236(497.4)(436)(043.2)
Avtor:	Tanja Petrin
Mentor:	prof. dr. Bojan Stopar
Somentor:	asist. Mag. Oskar Sterle
Naslov:	Analiza možnosti določitve premikov zemeljskega površja med in po potresih na osnovi opazovanj GNSS
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	31 str., 10 pregl., 23 sl., 1 en.
Ključne besede:	GNSS, permanentna postaja, potres, premiki

Izvelek:

V diplomski nalogi smo raziskali morebitne premike permanentnih postaj v času potresov v Gornjem Gradu in Obirskem. Za namen določitve premikov smo na območju Slovenije in Avstrije izbrali 9 permanentnih postaj GNSS, 6 iz omrežja SIGNAL in 3 iz avstrijskega omrežja APOS. Na podlagi izbranih postaj GNSS smo nato določili vektorje, ki smo jih obdelali posebej in sicer za čas pred, med in po obeh potresih. S temi obdelavami smo ugotovili, ali je prišlo do sprememb koordinatnih komponent in dolžin vektorjev, ki bi lahko bile posledica obeh potresov. Da bi lahko določili premike v smereh sever-jug in vzhod-zahod ter spremembo višine točk, smo na podlagi znanih elipsoidnih koordinat treh referenčnih postaj v lokalnem geodetskem koordinatnem sistemu izvedli transformacijo vektorjev. Glede na to, da sta bila potresa magnitude 3,8 in 4,2 po Richterjevi lestvici, smo pričakovali veliko manjše premike točk. Pokazalo se je, da sta se na vektorjih BLEI→CELJ, BLEI→DLBG, BLEI→SLOG, BOVE→KLAG, MARI→CELJ in MARI→DLBG zaznala potresa. Glede na to, da so bila opazovanja GPS pomanjkljiva, smo pri statični metodi dobili dovolj natančne rezultate, da smo lahko določili tako majhne premike, ki so verjetno posledica potresov v Gornjem Gradu in Obirskem.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	528.236(497.4)(436)(043.2)
Author:	Tanja Petrin
Supervisor:	prof. dr. Bojan Stopar
Co-advisor:	assist. Mag. Oskar Sterle
Title:	Analysis of the possibility of identifying the movement of the Earth's surface during and after earthquakes based on GNSS observations
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Notes:	31 p., 10 tab., 23 fig., 1 eq.
Key words:	earthquake, GNSS, movements, permanent station

Abstract:

In this thesis we studied the possible movements of permanent GPS stations during the earthquakes in Gornji Grad and Obirsko. For the purpose of determining the movements in Slovenia and Austria we selected 9 of permanent GNSS stations, six from Slovenian network SIGNAL and 3 from Austrian network APOS. On the basis of the selected stations GNSS we determined vectors, which were treated separately and, for the time before, during and after each earthquake. Through these processes, we determined whether there has been a change of coordinate components and lengths of vectors, which may be a consequence of both earthquakes. In order to determine the movements in direction of North-South and East-West, and change in height of points we, based on the known ellipsoidal coordinates of the three reference stations in the local geodetic coordinate system, carried out the transformation of vectors. Given the fact that there were two earthquakes of magnitude 3,8 and 4,2 on the Richter scale, we expect a much smaller movements of points. It has been shown that on vectors BLEI→CELJ, BLEI→DLBG, BLEI→SLOG, BOVE→KLAG, MARI→CELJ and MARI→DLBG we could perceive the earthquakes. Given that the observations are lacking GPS, we got in the static method sufficiently accurate results and were able to determine such small movements, which were probably caused by earthquakes in Gornji Grad and Obirsko.

ZAHVALA

Za pomoč in koristne nasvete pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorju prof. dr. Bojanu Stoparju in somentorju asist. mag. Oskarju Sterletu. Za dodatno pomoč pri obdelavi opazovanj v programu Leica Geo Office se zahvaljujem asist. Gašperju Štebetu.

Zahvaljujem se tudi družini in Metodu, ki so mi v času študija stali ob strani, in sošolcem za pomoč in družbo.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA	III
IZJAVE	IV
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	V
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT.....	VI
ZAHVALA.....	VII
1 UVOD.....	1
2 GNSS.....	2
2.1 Splošno o GNSS	2
2.2 Signal GNSS in vplivi na opazovanja GNSS	2
2.2.1 Vplivi z izvorom v satelitu	4
2.2.2 Vplivi z izvorom v atmosferi.....	5
2.2.3 Vplivi z izvorom v sprejemniku in njegovi okolici	6
2.3 Metode določitve položaja v GNSS.....	6
2.4 Omrežje permanentnih postaj SIGNAL	7
3 OBDELAVA OPAZOVANJ V PROGRAMU LEICA GEO OFFICE	9
3.1 Izbira ustreznih postaj in baznih vektorjev.....	9
3.2 Statična metoda	11
3.3 Kinematična metoda	12
4 TRANSFORMACIJA VEKTORJEV V LOKALNI GEODETSKI KOORDINATNI SISTEM	13
5 REZULTATI OBDELAVE OPAZOVANJ	14
6 ZAKLJUČEK	30
VIRI	31

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Lastnosti efemerid IGS.....	5
Preglednica 2: Rezultati obdelave statične metode za vektor BLEI→CELJ pri potresu v Gornjem Gradu	21
Preglednica 3: Rezultati obdelave statične metode za vektor BLEI→CELJ pri potresu v Obirskem....	22
Preglednica 4: Rezultati obdelave statične metode za vektor BLEI→SLOG pri potresu v Obirskem ..	22
Preglednica 5: Rezultati obdelave statične metode za vektor BLEI→DLBG pri potresu v Obirskem ..	23
Preglednica 6: Rezultati obdelave statične metode za vektor BOVE→KLAG pri potresu v Gornjem Gradu	24
Preglednica 7: Rezultati obdelave statične metode za vektor BOVE→KLAG pri potresu v Obirskem	24
Preglednica 8: Rezultati obdelave statične metode za vektor MARI→DLBG pri potresu v Gornjem Gradu	25
Preglednica 9: Rezultati obdelave statične metode za vektor MARI→DLBG pri potresu v Obirskem	26
Preglednica 10: Rezultati obdelave statične metode za vektor MARI→CELJ pri potresu v Obirskem	26

KAZALO SLIK

Slika 1: Pogreški položaja satelita (Rizos, 1999)	4
Slika 2: Prikaz pojava večpotja (Subirana, 2011).....	6
Slika 3: Skica omrežja permanentnih postaj (Služba za GPS)	8
Slika 4: Prikaz izbranih permanentnih postaj in lokaciji potresov	9
Slika 5: Prikaz vektorjev, primernih za obdelavo v programu LGO	10
Slika 6: Prikaz sprememb komponent vektorja BLEI-->CELJ med potresoma (kinematični način)	15
Slika 7: Prikaz sprememb komponent vektorja BLEI-->CELJ med potresoma (statični način)	15
Slika 8: Prikaz sprememb komponent vektorja BLEI-->DLBG med potresoma (kinematični način) ..	16
Slika 9: Prikaz sprememb komponent vektorja BLEI-->DLBG med potresoma (statični način)	16
Slika 10: Prikaz sprememb komponent vektorja BLEI-->SLOG med potresoma (kinematični način).	17
Slika 11: Prikaz sprememb komponent vektorja BLEI-->SLOG med potresoma (statični način).....	17
Slika 12: Prikaz sprememb komponent vektorja BOVE→KLAG med potresoma (kinematični način)	18
Slika 13: Prikaz sprememb komponent vektorja BOVE→KLAG med potresoma (statični način)	18
Slika 14: Prikaz sprememb komponent vektorja MARI→CELJ med potresoma (kinematični način)..	19
Slika 15: Prikaz sprememb komponent vektorja MARI→CELJ med potresoma (statični način).....	19
Slika 16: Prikaz sprememb komponent vektorja MARI→DLBG med potresoma (kinematični način)	20
Slika 17: Prikaz sprememb komponent vektorja MARI→DLBG med potresoma (statični način)	20
Slika 18: Prikaz spreminjanja položaja točke CELJ pri potresu v Gornjem Gradu, določeno iz dveh referenčnih točk	27
Slika 19: Prikaz spreminjanja položaja točke KLAG pri potresu v Gornjem Gradu, določeno iz dveh referenčnih točk	28
Slika 20: Prikaz spreminjanja položaja točke DLBG pri potresu v Gornjem Gradu, določeno iz dveh referenčnih točk	28
Slika 21: Prikaz spreminjanja položaja točke CELJ pri potresu v Obirskem, določeno iz dveh ref. točk	28
Slika 22: Prikaz spreminjanja položaja točke DLBG pri potresu v Obirskem, določeno iz dveh ref. točk	29
Slika 23: Prikaz spreminjanja položaja točke KLAG pri potresu v Obirskem, določeno iz dveh ref. točk	29

1 UVOD

Zemlja je dinamičen planet, ki jo nenehno spreminjajo notranji (tektonika, vulkanizem) in zunanji procesi (erozija in sedimentacija). Litosfera je sestavljena iz približno 20 plošč, ki so podane z obrisi današnjih celin in večjih otokov, in se stalno premikajo. Na mejah med tektonskimi ploščami zaradi njihovega stalnega premikanja nastajajo različni geološki procesi, kot so nastanek novih gorskih verig, vulkanov, potresov... (Kuhar, 2011)

Ob premikih na meji dveh plošč se dogajajo potresi, nekateri so komaj zaznavni, drugi imajo katastrofalne posledice. Znanstveniki za potrebe napovedovanja močnejših potresov raziskujejo metode, s katerimi bi lahko ugotovili trenutek, lokacijo in moč potresa. Tektonske premike lahko spremljamo s tehnologijo GNSS z uporabo stalno delujočih postaj. Ugotovili so, da lahko z analizo opazovanj GNSS permanentnih postaj določijo deformacije zemeljskega površja do 90 dni pred samim večjim potresom (Solarić, 2012).

V Sloveniji in v Avstriji smo imeli v kratkem časovnem razmiku (decembra 2012 in februarja 2013) dva potresa, enega v Gornjem Gradu in drugega v Obirskem v Avstriji. Potresa so čutili na skoraj celotnem območju Slovenije in na avstrijskem Koroškem. Čeprav potresa nista imela večjih posledic, nas je zanimalo, koliko se je zemeljsko površje deformiralo med in po potresih ter ali so pred potresom nastali premiki, ki bi jih lahko določili. Tovrstni podatki bodo, skupaj z drugimi podatki, v prihodnosti verjetno omogočali tudi napovedovanje potresov.

2 GNSS

Od izstrelitve prvega umetnega satelita SPUTNIK-1 leta 1957 se je satelitska geodezija razvila v samostojno področje geodezije, ki se tesno povezuje z drugimi področji geodezije in znanosti na splošno. Satelitska geodezija spada v področje globalne geodezije. V regionalnih in lokalnih problemih je del geodetske izmere, detajlne izmere in geoinformatike.

2.1 Splošno o GNSS

Satelitska geodezija obsega tehnike opazovanj in njihovo računsko obdelavo, ki omogočajo reševanje nalog geodezije z uporabo natančnih meritev do, od ali med sateliti. Zaradi vse višje natančnosti in hitrosti pridobitve rešitve problemov, se satelitska geodezija vse bolj uporablja v geofiziki, oceanografiji, navigaciji in geoinformatiki (Stopar, 2012).

Pojem GNSS (angl. Global Navigation Satellite System) predstavljajo vsi satelitski navigacijski sistemi. To so sistemi za določanje koordinat točk na Zemlji s pomočjo satelitov. Poznamo več takšnih sistemov, in sicer:

- ameriški GPS (angl. Global Positioning System)
- ruski GLONASS (rus. GLObal'naya NAvigatsionnaya Sputnikovaya Sistema)
- evropski GALILEO in
- kitajski Compass.

Podatke različnih navigacijskih sistemov lahko kombiniramo med sabo. Pri tem skrajšamo čas inicializacije, določimo neznan število celih valov na terenu z omejeno vidnostjo ter dosežemo višjo natančnost zaradi večjega števila satelitov (Čadež, 2010).

Največja prednost izmere GNSS je, da so lahko točke daleč stran (tudi na različnih celinah), njihova vidnost med sabo ni potrebna, z metodo RTK GNSS lahko določimo koordinate točke v realnem času. Zaradi teh lastnosti lahko uporabimo metode GNSS tudi za geodinamične raziskave, tudi za spremljanje potresov, saj nam statična metoda izmere GNSS da zelo natančne rezultate in lahko pri tem uporabimo stalno delujoče postaje, ki stalno izvajajo meritve na satelitskem signalu.

2.2 Signal GNSS in vplivi na opazovanja GNSS

V geodeziji na splošno nikoli ne dobimo popolnoma enakih rezultatov meritev, ker jih »kvarijo« razni vplivi na opazovanja. Nekateri vplivi poznamo in jim lahko določimo matematično-fizikalno povezavo z opazovanji, drugih ne moremo določiti. Pri izmeri GNSS je merska količina čas, ki ga potrebuje signal GNSS, da prepotuje iskano razdaljo od satelita do sprejemnika.

Signal GNSS je generiran na satelitu in s satelita tudi oddan. Generiran je z atomskimi urami, ki zagotavljajo dolgotrajno časovno stabilnost urinega teka. Satelitski signal GNSS je sestavljen v treh nivojih oziroma korakih. Na nivoju podatkovne zveze se generirajo podatki, ki se nato množi z mersko kodo, generirano v nivoju merskih kod. To modulirano valovanje se nato množi še z nosilnim valovanjem, ki je neprekinjeno generirano na fizičnem nivoju.

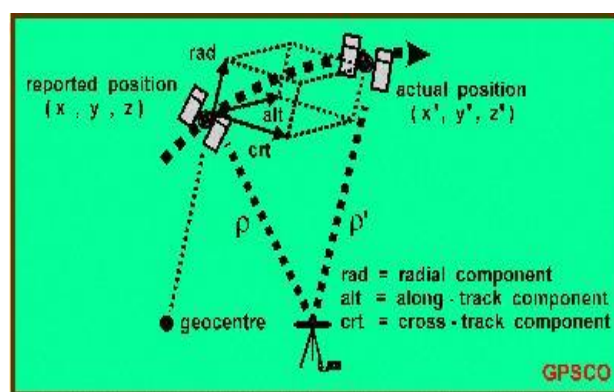
Osnovna frekvenca nosilnega valovanja v sistemu GPS je 10,23 MHz. Nosilna valovanja L1, L2 in L5 so desnosučno krožno polarizirana, določena z množenjem osnovne frekvence. Tako je frekvenca nosilnega valovanja L1 1575,42 MHz, frekvenca L2 1227,60 MHz in frekvenca L5 1176,45 MHz. Na nosilni valovanji L1 in L2 sta nanešeni merski kodi, na L1 tudi navigacijsko sporočilo. Merski kodi sta C/A koda in P koda. C/A koda je nanešena na L1 nosilno valovanje, generirana je s kombinacijo dveh 10-bitnih linearnih povratnih registrov z binarnim izhodom. Informacija, ki jo vsebuje C/A koda, je čas nastanka kode, določen s satelitovo uro. P koda je generirana s kombinacijo dveh bitnih zaporedij, kjer je vsako zaporedje generirano z dvema registroma, in je nanešena na L1 in L2 nosilni valovanji. Nepooblaščen uporabnik nima dostopa do P kode. Navigacijsko sporočilo, nanešeno na nosilno valovanje L1, vsebuje podatke o efemeridah satelita, parametre urinega teka satelitovih ur, almanah (efemeride vseh satelitov v sistemu), informacije o stanju ionosfere in splošne podatke o stanju sistema (Stopar, 2012).

Do sprejemnika, ki je na površju Zemlje, mora signal prepotovati velike razdalje. Satelitski signal od satelita v vesolju do sprejemnika na Zemlji prenaša elektromagnetno valovanje (EMV). Na satelitski signal tako vplivajo vplivi, ki izvirajo v satelitu (kakovost tirnice in ure satelita), v mediju oziroma atmosferi (ionosferska in troposferska refrakcija, zmanjšana hitrost razširjanja moduliranega EMV glede na hitrost v vakuumu) in v sprejemniku (šum, spreminjanje faznega centra antene) ter okolici sprejemnika (večpotje signala oziroma *multipath*) (Stopar, 2012).

2.2.1 Vplivi z izvorom v satelitu

Na določitev položaja sprejemnika vpliva kakovost določitve tirnic oziroma položaja satelitov. Pri kakovosti določitve tirnic satelitov obravnavamo razliko med dejanskim položajem satelita in položajem, ki je določen na osnovi efemerid satelita (Stopar, 2012).

Pogrešek položaja satelita glede na njegovo pravo vrednost obravnavamo v koordinatnem sistemu z izhodiščem v točki pravega položaja satelita in koordinatnimi osmi, ki so orientirane v smeri višine (*rad*), prečno na ravnino tirnice (*crt*) in vzdolž tirnice (*alt*) (Stopar, 2012).



Slika 1: Pogreški položaja satelita (Rizos, 1999)

Na sliki 1 pomenijo izrazi: *actual position*-trenutni položaj, *geocentre*-geocenter, *reported position*-položaj, ki ga podajajo efemeride, *radial component*-radialna komponenta, *along track component*-komponenta vzdolž tirnice, *cross track component*-komponenta prečno na tirnico. Na sliki 1 vidimo, da os radialne komponente *rad* sovpada s smerjo radij vektorja položaja satelita, os prečne komponente *crt* z normalo na pravo ravnino tirnice, os vzdolžne komponente *alt* pa leži v ravnini tirnice, pravokotno na *rad* in *crt*. Tako je pogrešek položaja satelita sestavljen iz treh komponent: radialne, prečne in vzdolžne. Različne študije so pokazale, da je najtočnejše določen položaj v radialni smeri (v primeru *broadcast* efemerid 1 do 2 m), najslabše pa v prečni smeri (5-krat slabše kot v radialni smeri) (Stopar, 2012).

Nekaj let so se uporabljale samo efemeride, oddane s satelitov, danes pa efemeride satelitov ponujajo analizni centri službe IGS v povezavi z drugimi storitvami. Precizne efemeride izdaja več analiznih centrov, od teh so najvišje kakovosti efemeride IGS (International GNSS Service). Efemeride IGS glede na natančnost delimo na več skupin: efemeride, oddane s satelita (*broadcast*), ki jih samo posreduje, ultra hitre (*ultra rapid*), hitre (*rapid*) in končne (*final*).

Preglednica 1: Lastnosti efemerid IGS

Lastnosti efemerid IGS			
		Natančnost	Latenca
Broadcast	Tirnica	~100 cm	Realni čas
	Ura	~5 ns	
Ultra rapid	Tirnica	~5 cm	Realni čas
	Ura	~3 ns	
Rapid	Tirnica	~2,5 cm	17-41 ur
	Ura	~75 ps	
Final	Tirnica	~2,5 cm	12-18 dni
	Ura	~50 ps	

2.2.2 Vplivi z izvorom v atmosferi

Dele Zemljine atmosfere, ki imajo skupne lastnosti (temperatura, kemijska sestava, ioniziranost, itd.), obravnavamo skupaj v okviru posameznih plasti. Glede na vpliv razširjanja elektromagnetnega valovanja delimo atmosfero na dve plasti: troposfero in ionosfero.

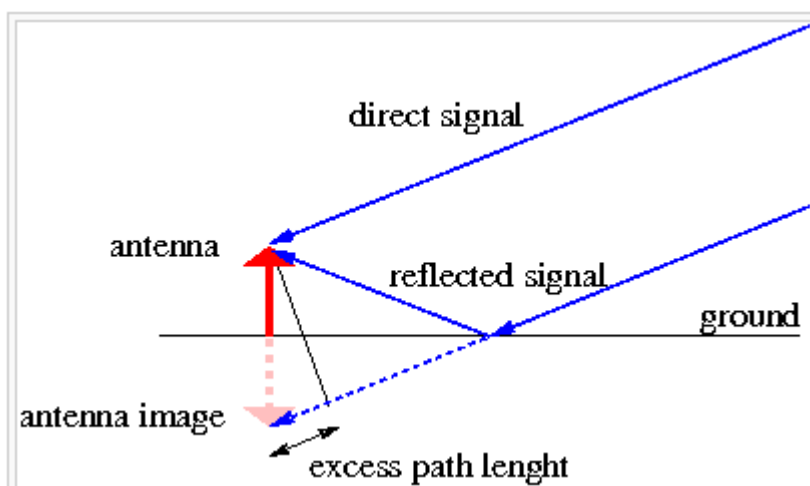
V troposferi se nahaja zelo malo električno nabitih delcev, refrakcijski koeficient je večji od 1 in upada z višino, kakor upada tudi gostota plina. Refrakcijski koeficient je odvisen od zračnega tlaka, temperature in parcialnega tlaka vodne pare. Zaradi premikanja zračnih mas se refrakcijski koeficient težko določi.

Ionosfera je plast atmosfere na višini med 50 in 1500 km. Že samo ime nam pove, da so v tej plasti prisotni ioni oziroma pozitivno nabiti atomi in molekule ter prosti elektroni, ki nastanejo zaradi UV sevanja (ionizacije). Na razširjanje elektromagnetnega valovanja vplivajo negativno nabiti prosti elektroni in disperzivnost ionosfere. Skozi ionosfero lahko prehajajo samo frekvence EMV, ki so večje od 30 MHz, valovanja nižjih frekvenc pa se od ionosfere odbijejo (Stopar, 2012).

Ker na EMV vedno vpliva medij, skozi katerega se razširja, se njegova hitrost v mediju razlikuje od hitrosti razširjanja v vakuumu. Pri signalih GNSS se vpliv medija oziroma atmosfere odraža v tem, da potuje signal od satelita do sprejemnika po krivulji, tako da opravi daljšo pot kot v vakuumu in je hitrost potovanja signala počasnejša. Gre za dva različna vpliva, ukrivljenost signala in navidezno podaljšanje poti. Ionosfera vpliva na modulirano valovanje, ki se v atmosferi razširja počasneje kot v vakuumu, in nosilno valovanje, ki je obremenjeno s t.i. prehitevanjem faze.

2.2.3 Vplivi z izvorom v sprejemniku in njegovi okolici

Na signal GPS vpliva okolica, kjer se nahaja sprejemnik z anteno. Če se antena nahaja v bližini »odbojnih« površin, ki odbijajo nosilno valovanje, pride do pojava *multipath*-a ali večpotja signala. Takrat do antene prispe eden ali več signalov, ki so se odbili od bližnjih objektov, večinoma od tal (na sliki 2: ang. *ground*), stavb, vodnih površin, vozil. Odbiti signal (ang. *reflected signal*) prispe do antene (ang. *antenna*) pozneje kot neposredni signal (ang. *direct signal*) (slika 2). Na sliki 2 je prikazana slika antene (ang. *antenna image*), ki je rezultat vpliva večpotja in posledično dodatne dolžine odbitega signala (ang. *excess path length*).



Slika 2: Prikaz pojava večpotja (Subirana, 2011)

Odboj signala je odvisen predvsem od okolice, odstranimo pa ga s povečanjem višinskega kota, uporabo antenskega obroča ali t.i. »choke-ring« antene in uporabo dobrih filtrov pri obdelavi opazovanj v sprejemniku. Večpotje je odvisno od geometrijske razporeditve satelitov in geometrije okolice antene in se v kratkem časovnem obdobju obnaša kot sistematični vpliv. To je najbolj problematično pri kinematičnih opazovanjih, ker zaradi krajšega časa opazovanja ne moremo ugotoviti velikosti vpliva (Stopar, 2012).

2.3 Metode določitve položaja v GNSS

V splošnem delimo metode GNSS izmere na absolutne in relativne. V geodeziji se za natančno določitev položaja uporabljajo relativne metode izmere, za katere je značilno, da sta za določitev

položaja potrebna vsaj dva sprejemnika. Eden od sprejemnikov je lociran na točki z znanimi koordinatami, drugi pa na novi točki. Relativne metode se delijo naprej na izmero v dejanskem času in izmero z naknadno obdelavo opazovanj (Čadež, 2007).

Statična metoda GNSS izmere je osnovna metoda za določanje relativnega položaja. Temelji na dolgotrajnih opazovanjih. Glavni namen te metode je zanesljiva določitev položaja ob dobrem upoštevanju sistematičnih vplivov na opazovanja. Opazovanja se tipično izvajajo v trajanju 30 min z dodatnimi 5 min za vsak kilometer dolžine baznega vektorja (Stopar, 2012).

Hitra statična metoda GNSS izmere temelji na prefinjenih postopkih določitve fazne nedoločenosti na osnovi kratkotrajnih opazovanj. Metoda se uporablja kot statična metoda s krajšim časom trajanja opazovanj, večinoma 10 min z dodatno minuto do 2 min za vsak kilometer dolžine baznega vektorja.

Kinematične metode so metode, pri katerih referenčni sprejemnik med izmero miruje na točki z znanim položajem, mobilni sprejemnik pa se ves čas premika. Kakovost določitve položaja točk je odvisna od kakovosti inicializacije, ki se izvede pred pričetkom meritev. Med kinematične metode izmere spadata metoda »Stop and Go« in metoda RTK GNSS. Metoda »Stop and Go« je kombinacija kinematične in statične metode. Metoda RTK GNSS izmera je v osnovi kinematična metoda in je lahko kombinacija kinematične in hitre statične metode GNSS izmere. Pri izmeri potrebujemo radijsko ali GSM povezavo med referenčnim in premičnim sprejemnikom GNSS in ustrezno programsko opremo za obdelavo teh opazovanj v času trajanja izmere (Stopar, 2012).

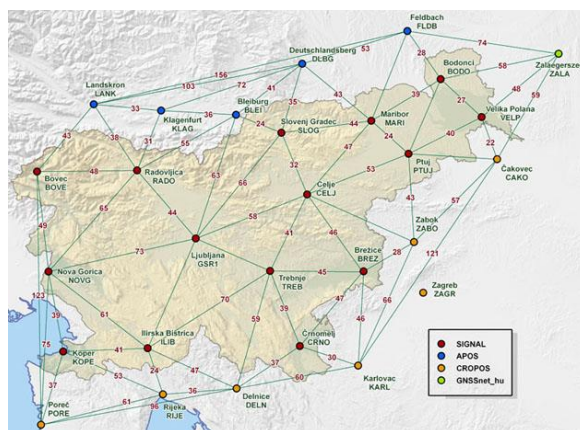
2.4 Omrežje permanentnih postaj SIGNAL

SIGNAL je slovensko državno omrežje stalno delujočih GPS-postaj. Omrežje SIGNAL in najbližje postaje omrežij sosednjih držav je prikazano na sliki 3. Sestavljeno je iz 15 stalnih (permanentnih) postaj, ljubljanska postaja GSR1 pa je vključena v evropsko mrežo permanentnih postaj EPN - European Permanent Network. (Služba za GPS)

Omrežje permanentnih postaj omogoča kakovostno določitev položaja uporabnikovega sprejemnika znotraj omrežja. V uporabi je več metod določitve položaja v omrežju stalno delujočih postaj. Vse te metode pa omogočajo določitev relativnega položaja. Tako določen položaj je natančnejši kot absolutno določen položaj.

Na vsaki permanentni postaji v omrežju je instaliran dvofrekvenčni sprejemnik GNSS in antena, ki stalno sprejema, beleži in izvaja meritve na satelitskem signalu. Podatki meritev se nato prenašajo preko spleta v center Službe za GPS, ki se nahaja na Geodetskem inštitutu Slovenije. V centru se podatki meritev obdelujejo s programsko opremo GPSNet in pretvorijo v od tipa sprejemnika neodvisen format RINEX (Receiver INdependent Exchange format). Istočasno se tvori podatkovni tok v formatu RTCM, ki se posreduje pogodbenim distributerjem in uporabnikom. Distributer lahko podatkovni tok RTCM posreduje uporabniku na terenu preko klicne CSD in spletne povezave GPRS in UMTS (Služba za GPS).

Omrežja stalno delujočih postaj GNSS se tako uporabljajo kot referenčni sprejemnik pri določitvi relativnega položaja točke. Uporablja se tako za osnovna geodetska dela (zakoličba objekta, katastrska izmera...) kot za spremljanje premikov površja.



Slika 3: Skica omrežja permanentnih postaj (Služba za GPS)

3 OBDELAVA OPAZOVANJ V PROGRAMU LEICA GEO OFFICE

V diplomski nalogi nas zanimajo morebitni premiki točk oziroma permanentnih postaj v času potresov v Gornjem Gradu in Obirskem. Najprej smo obdelali opazovanja 9 permanentnih postaj na statični in kinematični način. Kot rezultat te obdelave smo dobili 12 vektorjev, ki smo jih nato transformirali iz globalnega geodetskega v lokalni geodetski koordinatni sistem, da bi določili odstopanja koordinatnih komponent vektorjev v ravnini referenčnih točk vektorjev. Iz odstopanj vektorjev 21-dnevnih opazovanj bi ugotovili, če se da napovedati potres. Pri kinematičnem načinu obdelave opazovanj pa nas je zanimalo, kako so se spreminjale koordinatne komponente vektorjev pred, med in po potresu.

3.1 Izbira ustreznih postaj in baznih vektorjev

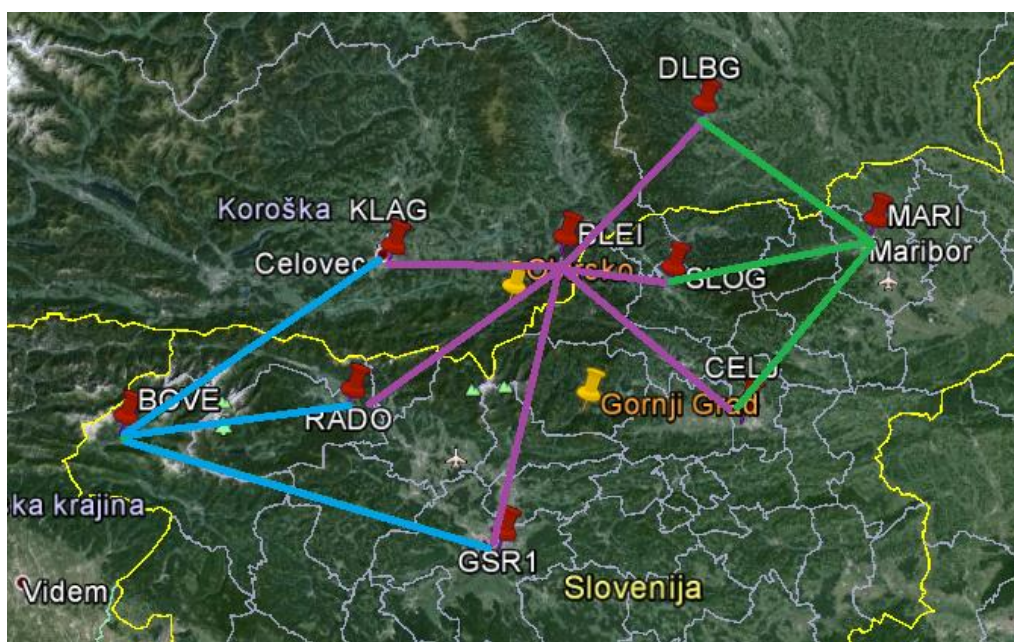
Za namen določitve premikov zemeljskega površja med in po potresih v Gornjem Gradu in v Obirskem smo na območju Slovenije in Avstrije izbrali 9 permanentnih postaj GNSS, 6 iz omrežja SIGNAL in 3 iz avstrijskega omrežja APOS. Območje izbire postaj smo zmanjšali na območje, prikazano na sliki 4. Na sliki 4 sta še poleg izbranih permanentni postaj prikazani približni lokaciji potresov v Gornjem Gradu in Obirskem.



Slika 4: Prikaz izbranih permanentnih postaj in lokaciji potresov

Na podlagi izbranih postaj GNSS smo nato določili vektorje, ki smo jih obdelali posebej in sicer za čas pred, med in po obeh potresih. S temi obdelavami želimo ugotoviti, ali je prišlo do sprememb koordinatnih komponent in dolžin vektorjev, ki bi lahko bile posledica obeh potresov. Opazovanja,

pridobljena na spletni strani Službe za GPS, smo obdelali, da smo pridobili vektorje v globalnem koordinatnem sistemu med postajami. Pridobljene vektorje smo nato transformirali v tri lokalne geodetske sisteme točk BLEI, MARI in BOVE, ker tako bolje in lažje predstavimo spremembe vrednosti koordinatnih komponent vektorjev. V terestričnem oziroma globalnem geodetskem koordinatnem sistemu namreč težko prikažemo premike glede na zemeljsko površje. Šele po obdelavi in transformaciji smo nato izračunali spremembe komponent izbranih vektorjev. Ti vektorji so prikazani na sliki 5.



Slika 5: Prikaz vektorjev, primernih za obdelavo v programu LGO

V mreži izbranih permanentnih postaj smo tako določili 3 referenčne točke, to so omenjene permanentne postaje Bovec (BOVE), Maribor (MARI) in Pliberk (BLEI). Slednja je služila tudi kot referenčna točka pri obdelavi opazovanj GNSS v programu Leica Geo Office (v nadaljevanju LGO). Položaj postaj Radovljica (RADO), Celovec (KLAG), Ljubljana (GSR1), Deutschlandsberg oziroma v slovenščini Lonč (DLBG), Slovenj Gradec (SLOG) in Celje (CELJ) bo tako določen dvakrat neodvisno, zaradi morebitnih vplivov dolžine vektorjev od referenčnih postaj do omenjenih postaj na opazovanja GNSS.

Pri obdelavi opazovanj statične in kinematične metode smo uporabili za določitev položaja precizne efemeride satelitov GPS službe IGS, signale, ki so do sprejemnikove antene potovali po daljši poti skozi atmosfero (nizek višinski kot), smo odstranili iz obdelave z določitvijo minimalnega višinskega kota 15° . S tem smo tudi zmanjšali ali odstranili signale, ki so se odbili od površin v okolici antene.

Vpliv ionosferske refrakcije smo odstranili v programu LeicaGeoOffice z linearno kombinacijo satelitovih signalov L3, ki je bila že nastavljena v programu.

3.2 Statična metoda

S statično metodo izmere smo hoteli pridobiti povprečne dnevne vrednosti vektorjev v 21-dnevem obdobju opazovanj. S tem smo hoteli na osnovi odstopanj komponent vektorjev po končani obdelavi ugotoviti, pri katerih vektorjih se prepozna vpliv potresa na položaj točke.

Za oba termina potresov smo na spletni strani SIGNAL pridobili opazovanja z intervalom registracije 30 sekund vseh naštetih postaj v RINEX obliki in sicer za 21 dni opazovanj, za vsak potres posebej. Interval opazovanj smo določili tako, da je bil dan potresa na sredini, da bi lažje ločili vpliv morebitnih premikov referenčnih postaj ob potresih od ostalih vplivov na opazovanja GNSS. Dodatno smo iz spletnih strani IGS (International GNSS Service) in NGS (National Geodetic Survey) pridobili končne precizne efemeride za satelite sistema GPS in podatke o kalibraciji anten na permanentnih postajah.

V programu LGO smo obdelali vsa pridobljena opazovanja. Pri tem smo določili višinski kot 15° in kot referenčno postajo izbrali postajo BLEI (Pliberk). Uporabili smo opazovanja v formatu zapisa RINEX. Obdelali smo vse možne kombinacije opazovanj izbranih 9 permanentnih postaj, le da smo uporabili enosmerna opazovanja (zaradi zelo majhnih razlik med vektorji med enakima postajama).

Kot rezultat obdelave smo izvozili vse vektorje v datoteki *.cst, kamor so se nam izpisale komponente vektorja v globalnem koordinatnem sistemu in členi matrike kofaktorjev. Posebej smo še izvozili elipsoidne koordinate točk oziroma permanentnih postaj, ker smo pri transformaciji vektorjev iz globalnega v lokalni geodetski koordinatni sistem potrebovali elipsoidne koordinate treh referenčnih postaj.

Z obdelavo statičnih opazovanj smo pridobili vektorje med vsemi izbranimi postajami. Izbor vektorjev smo nato zmanjšali, ker smo v nadaljevanju pri kinematični metodi v programu LGO obdelali izbrane vektorje, ki so imeli začetne točke BLEI, MARI in BOVE. Tako smo določili koordinate točk CELJ, KLAG, DLBG, SLOG, GSR1 in RADO iz dveh smeri (iz točke BLEI in točk MARI ter BOVE glede na oddaljenost od točk). Obdelali smo 21-dnevna opazovanja 9 permanentnih postaj GNSS, pri tem smo dobili za vsak dan opazovanj 12 vektorjev med postajami GNSS. Vektorje smo pri statičnem načinu določili na milimeter natančno.

V nadaljevanju smo opazovanja na dan potresa obdelali še na kinematični način. Vse dobljene rezultate smo transformirali iz globalnega v lokalni geodetski koordinatni sistem.

3.3 Kinematična metoda

Zanimalo nas je tudi, kako in koliko so se točke premikale na dan potresa. S kinematično metodo smo lahko določili na dan potresa opazovanja za vsako sekundo in po transformaciji dobili odstopanja komponent vektorjev od povprečne vrednosti.

Pri kinematični metodi smo potrebovali opazovanja permanentnih postaj za interval registracije 1 sekundo samo za izbrana dneva. Obdelava opazovanj je potekala podobno kot pri statični metodi, le da je bilo potrebno v RINEX datotekah za vse postaje, razen treh referenčnih, v prvi epohi opazovanj pred navedbo satelitov (*event flag*) spremeniti iz 0 na 2 (vrednost 2 pomeni, da se antena premika (Gurtner, 2007)). Uporabili smo precizne efemeride satelitov sistema GPS, ki smo jih predhodno dobili na spletni strani službe IGS. Podobno kot pri statičnem načinu smo obdelali 12 vektorjev z začetnimi točkami BLEI, MARI in BOVE. Natančnost dobljenih vektorjev je 3 cm z nekaj izjemami s pod centimetrsko natančnostjo.

Pri obdelavi smo poleg rešitev na osnovi faznih opazovanj dobili tudi nekaj kodnih rešitev, večinoma za prvo ali zadnjo uro opazovanj in pri skoraj vsaki polni uri po štiri ali pet epoh s kodno rešitvijo. Ker so kodne rešitve slabše natančnosti (približno od 20 cm do 1 m), jih pri obdelavi v programu Matlab ne bomo upoštevali.

4 TRANSFORMACIJA VEKTORJEV V LOKALNI GEODETSKI KOORDINATNI SISTEM

Premike točk lažje prikažemo v obliki, ki smo je bolj vajeni. Tak prikaz je prikaz v lokalnem geodetskem koordinatnem sistemu, v katerem so smeri koordinatnih osi orientirane v smereh sever-jug, vzhod-zahod in v smer normale na referenčni elipsoid. Obdelava opazovanj v programu LGO pa nam ne zagotavlja rezultatov v lokalnem geodetskem koordinatnem sistemu, ampak so komponente vektorjev določene v globalnem geodetskem koordinatnem sistemu. Zaradi tega sta sledili transformacija iz globalnega geodetskega v lokalni geodetski koordinatni sistem in izračun odstopanj koordinatnih komponent in dolžine vektorjev v programu Matlab.

Kot rezultat obdelave v statičnem načinu v LGO smo dobili posamezne vektorje med postajami, ki imajo koordinatne razlike dane v globalnem geodetskem koordinatnem sistemu. Da bi lahko določili premike v smereh sever-jug in vzhod-zahod ter spremembo višine točk (permanentnih postaj), smo na podlagi znanih elipsoidnih koordinat treh referenčnih postaj v lokalnem geodetskem koordinatnem sistemu izvedli transformacijo vektorjev z enačbo (1).

$$\begin{bmatrix} \Delta n \\ \Delta e \\ \Delta h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin\varphi\cos\lambda & -\sin\varphi\sin\lambda & \cos\varphi \\ -\sin\lambda & \cos\lambda & 0 \\ \cos\varphi\cos\lambda & \cos\varphi\sin\lambda & \sin\varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{bmatrix} \quad (1)$$

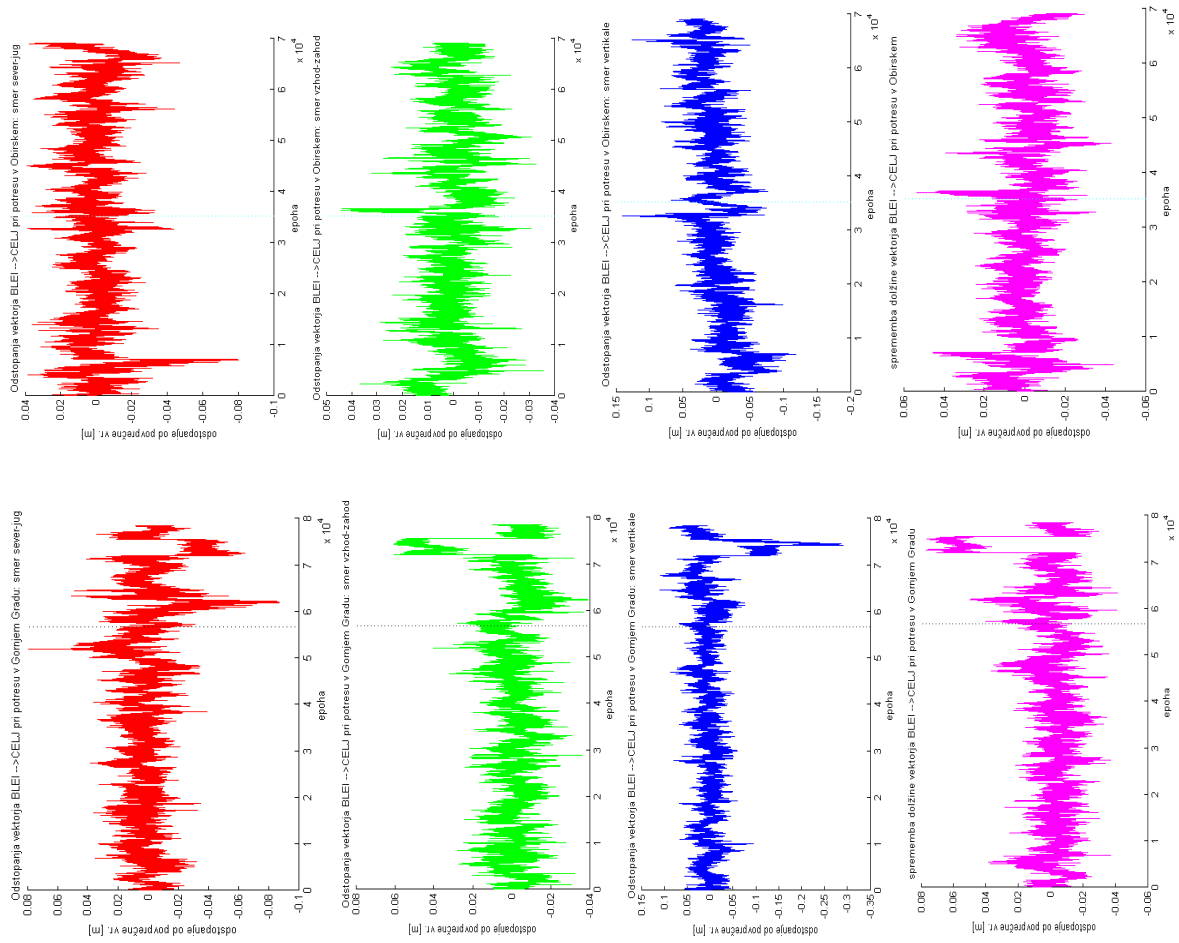
Za transformacijo vektorjev iz geodetskega v lokalni geodetski koordinatni sistem potrebujemo poleg kartezičnih koordinat vektorja v ETRS89 še prej omenjene elipsoidne koordinate referenčnih točk (izhodišč vektorjev) v ETRS89. Za postajo BLEI smo uporabili koordinate, ki so bile navedene v RINEX datoteki, za postaji BOVE in MARI pa povprečne vrednosti koordinat, pridobljenih po obdelavi opazovanj v programu LGO.

Kot rezultat transformacije smo pridobili komponente vseh vektorjev med referenčnimi postajami v smereh sever-jug, vzhod-zahod in v smeri navpičnice glede na izhodišče vektorja. Komponenta vektorja v smeri višine ima po transformaciji nekoliko drugačne vrednosti, kot bi lahko pričakovali, ker je transformacija (1) transformacija v lokalni geodetski koordinatni sistem referenčne točke, pri tem pa ni upoštevan vpliv ukrivljenosti Zemlje.

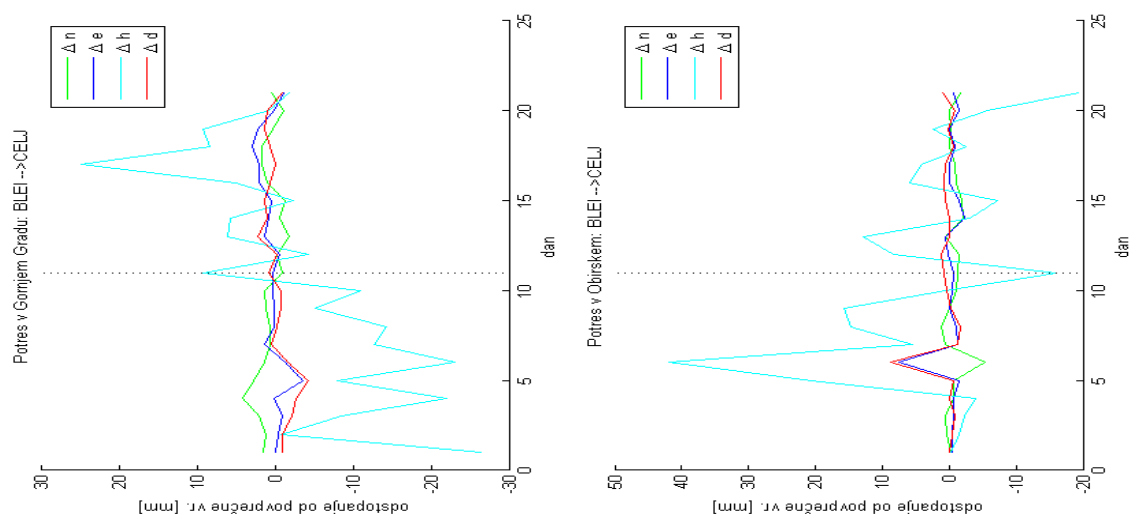
5 REZULTATI OBDELAVE OPAZOVANJ

Po transformaciji vektorjev iz globalnega v lokalni geodetski koordinatni sistem smo izračunali odstopanja vektorjev po posameznih koordinatnih komponentah in dolžini od povprečnih vrednosti. Spremembe koordinatnih komponent in dolžine vektorjev smo grafično prikazali. Vsi grafi so opremljeni z dodatno črtkano črto črne barve, ki prikazuje dan potresa.

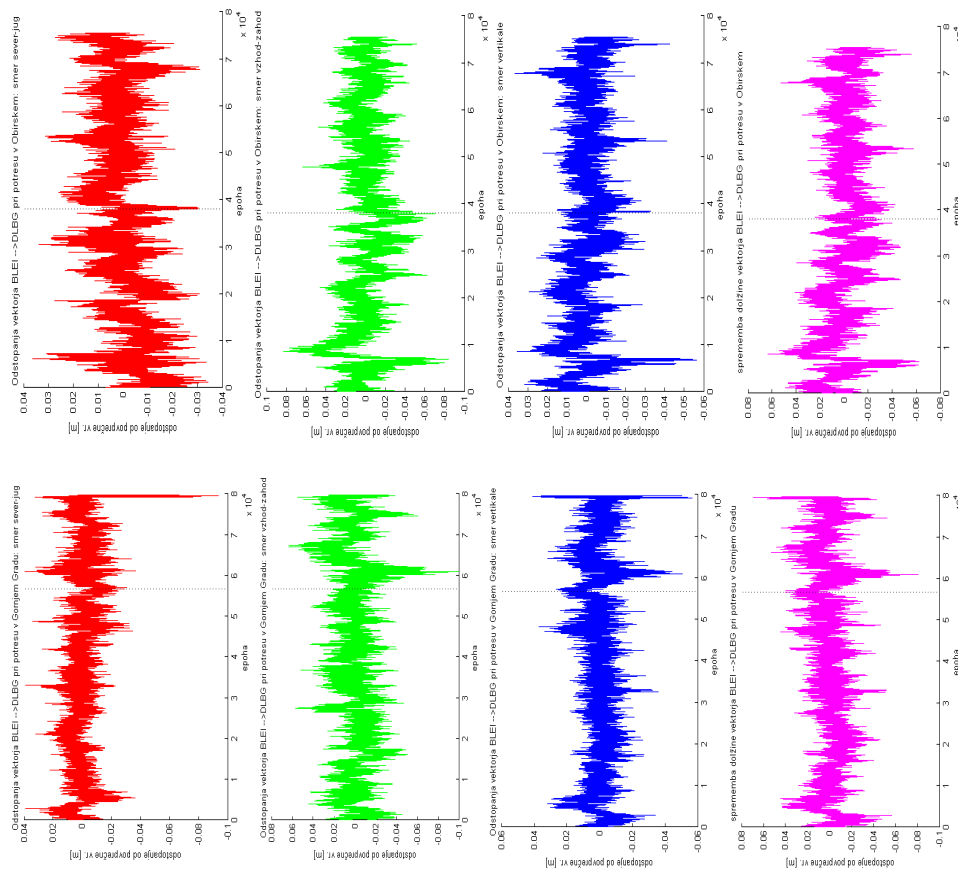
Poleg obdelave dveh nizov 21-dnevnih opazovanj smo za dneva potresov transformirali in analizirali opazovanja kinematične metode, ki smo jih predhodno obdelali v programu LGO. Po transformaciji, opisani v poglavju 5, smo za vsak vektor izračunali odstopanja od povprečnih vrednosti koordinatnih komponent in dolžine vektorja ločeno za opazovanja obeh potresov. Pri vektorjih BOVE→KLAG, BLEI→CELJ in BOVE→RADO smo za trenutka pojava potresov pridobili le kodne rešitve, pri vektorju BOVE→GSR1 pa smo za celoten interval opazovanj pridobili samo kodne rešitve. Pri vektorjih s pomanjkanjem dobrih opazovanj v »kritičnem« intervalu (v okviru 30 min pred in po potresu) smo na grafikonih prikazali ločilno črto svetlo modre barve epohe eno uro pred trenutkom potresa. Po podatkih Agencije RS za okolje, Urada za seizmologijo in geologijo, se je potres v Gornjem Gradu zgodil 3.12.2012 ob 4:46 po UTC času, potres v Obirskem pa 2.2.2013 ob 13:35 po UTC času.



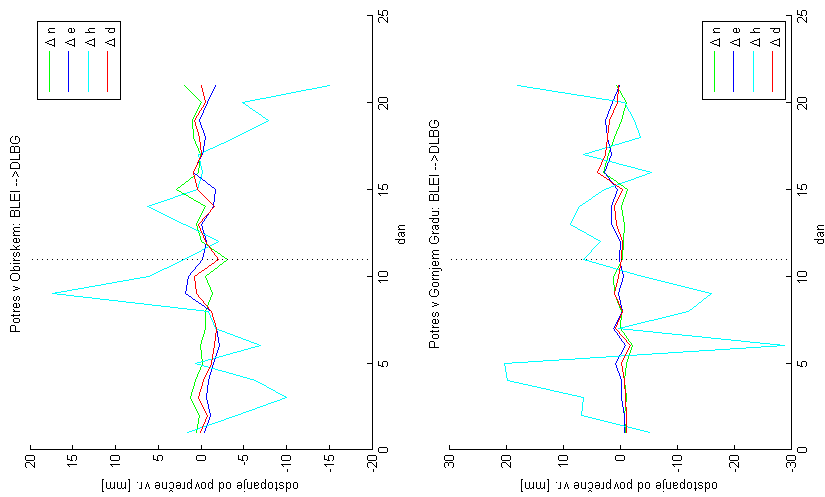
Slika 6: Prikaz sprememb komponent vektorja BLEI->CELJ med potresoma (kinematični način)



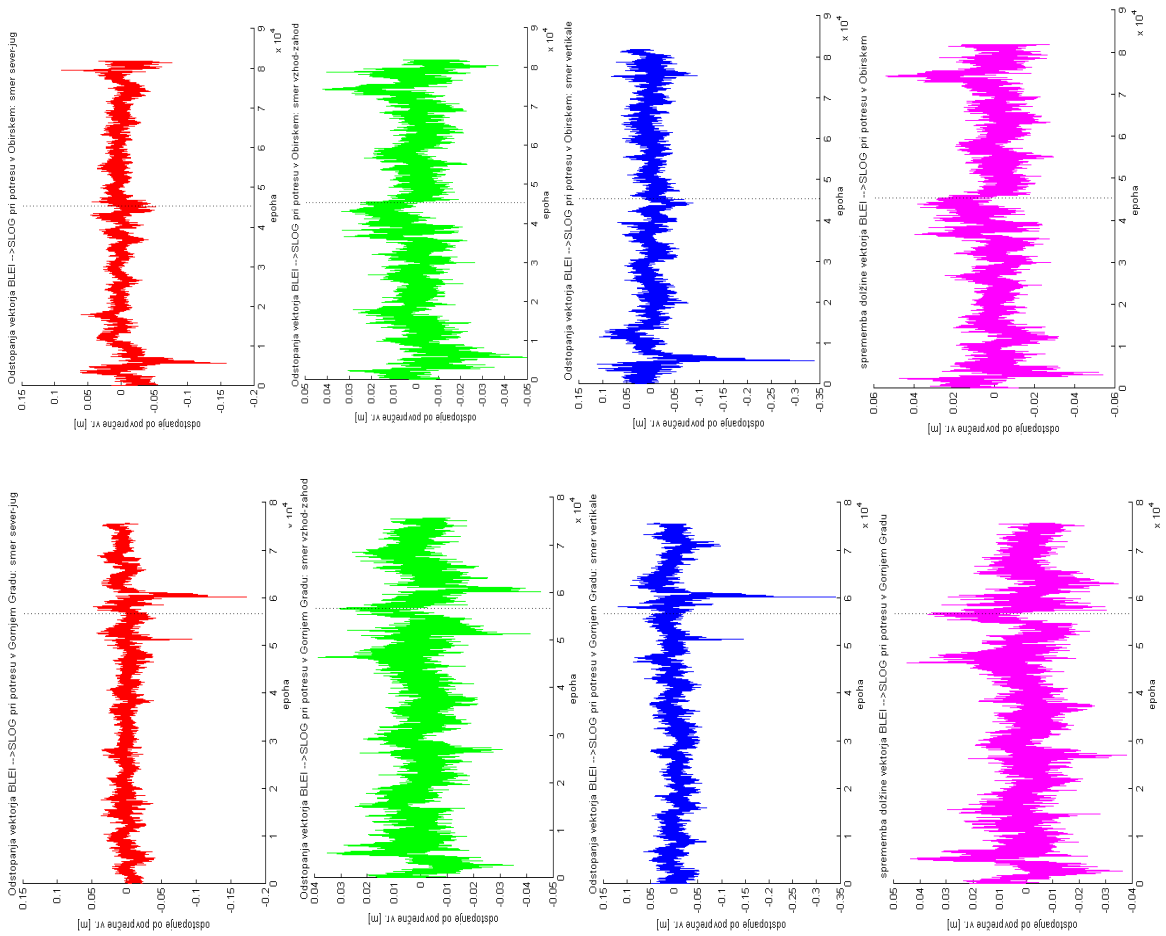
Slika 7: Prikaz sprememb komponent vektorja BLEI->CELJ med potresoma (statični način)



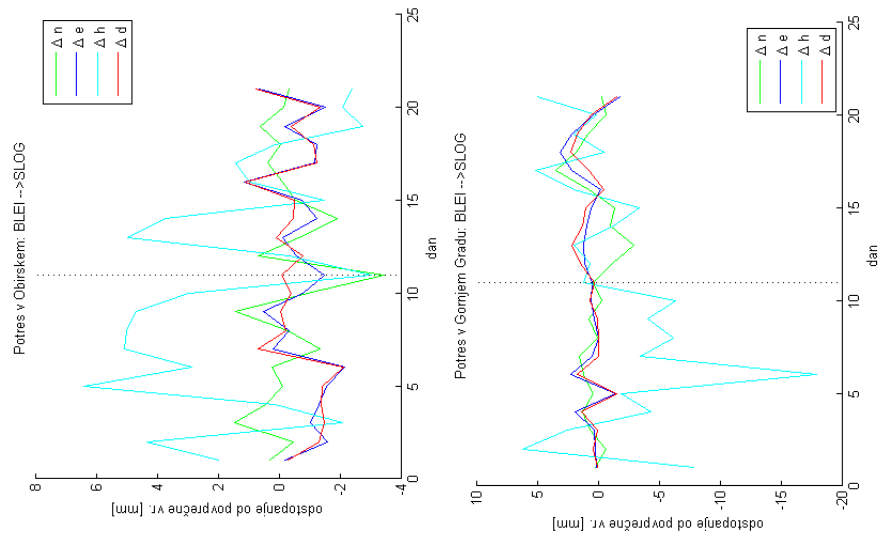
Slika 8: Prikaz sprememb komponent vektorja BLEI-->DLBG med potresoma (kinematični način)



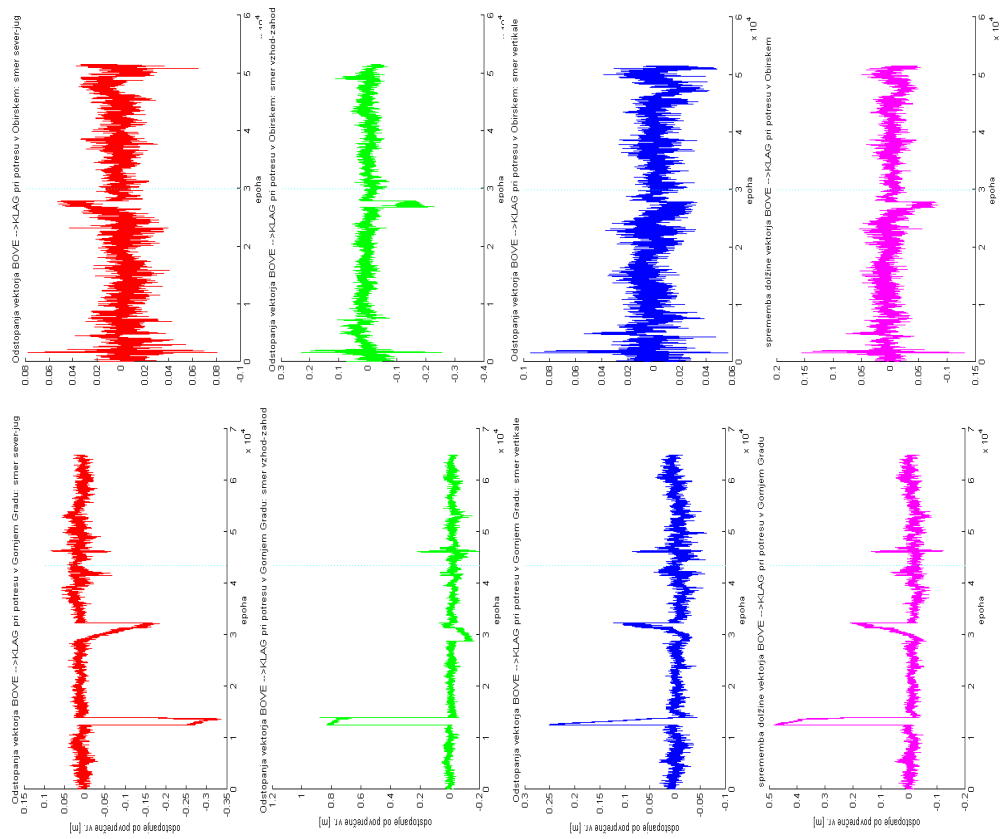
Slika 9: Prikaz sprememb komponent vektorja BLEI-->DLBG med potresoma (statični način)



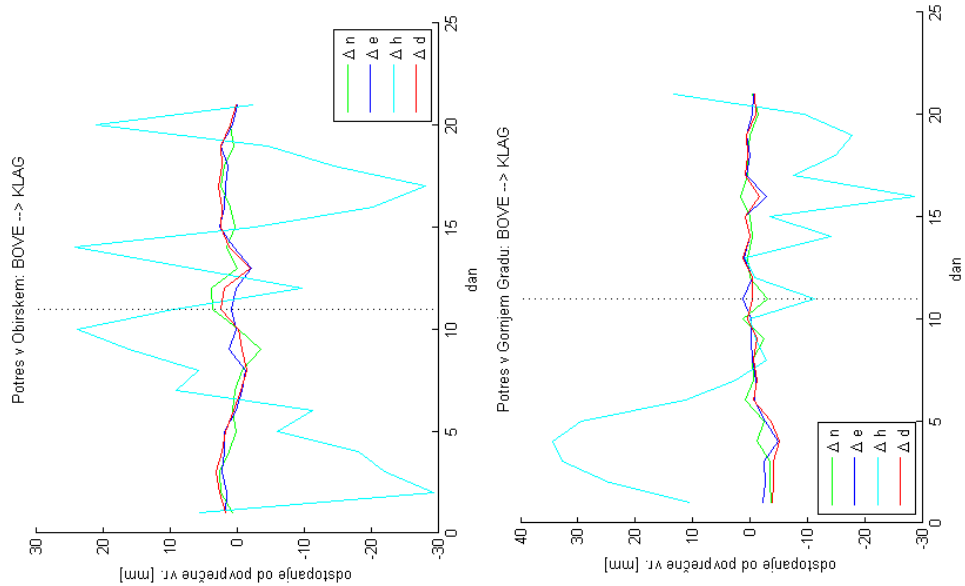
Slika 10: Prikaz sprememb komponent vektorja BLEI-->SLOG med potresoma (kinematični način)



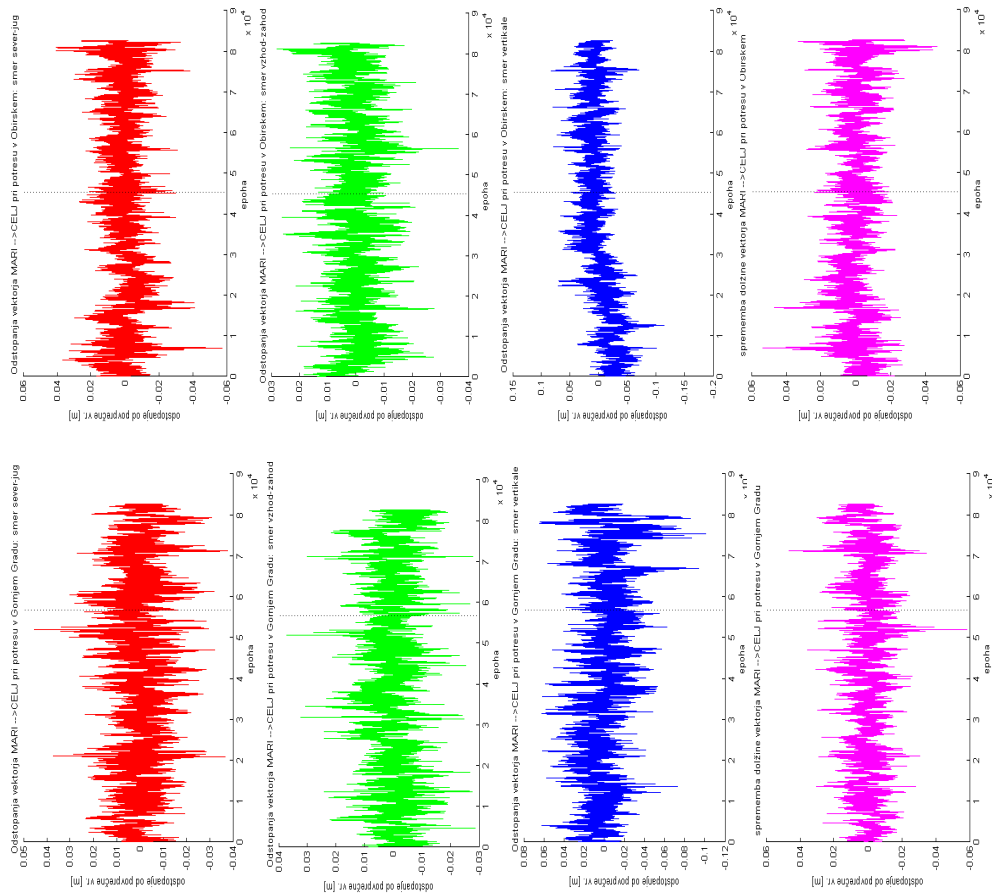
Slika 11: Prikaz sprememb komponent vektorja BLEI-->SLOG med potresoma (statični način)



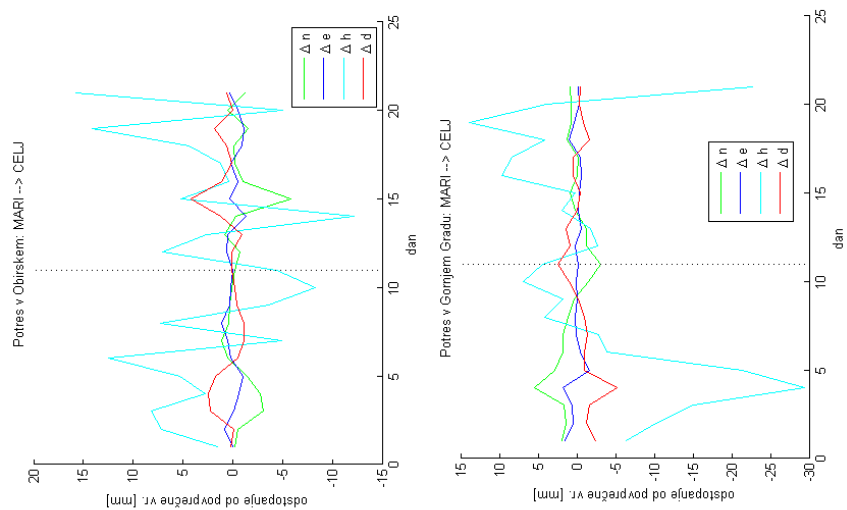
Slika 12: Prikaz sprememb komponent vektorja BOVE→KLAG med potresoma (kinematični način)



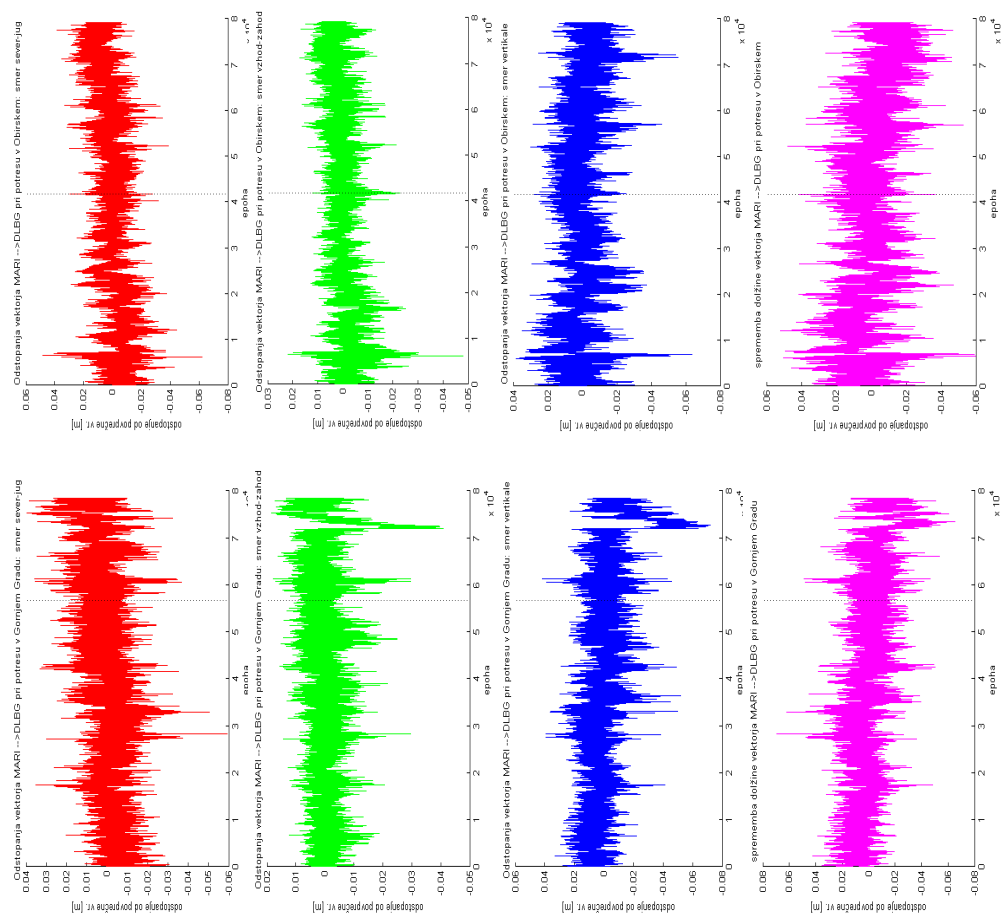
Slika 13: Prikaz sprememb komponent vektorja BOVE→KLAG med potresoma (statični način)



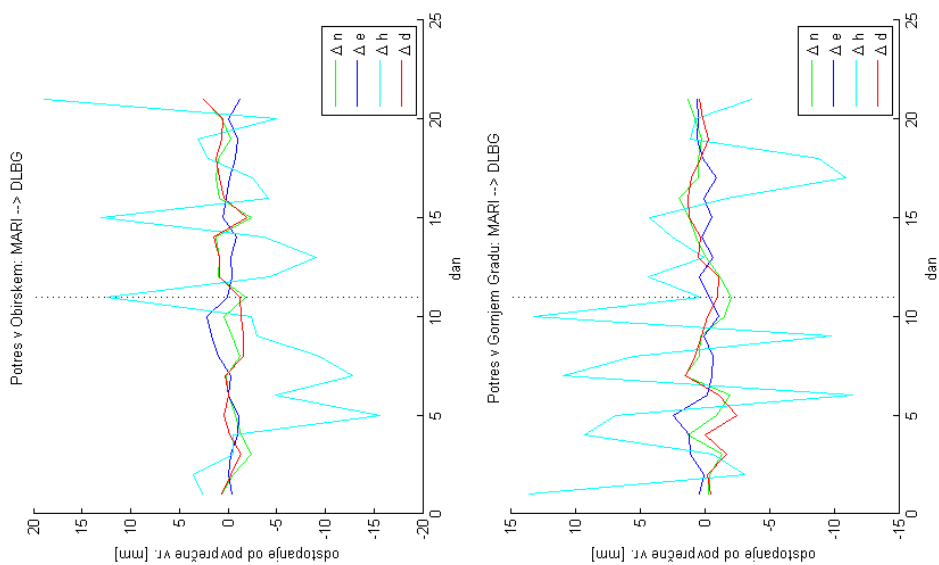
Slika 14: Prikaz sprememb komponent vektorja MARI→CELJ med potresoma (kinematični način)



Slika 15: Prikaz sprememb komponent vektorja MARI→CELJ med potresoma (statični način)



Slika 16: Prikaz sprememb komponent vektorja MARI→DLBG med potresoma (kinematični način)



Slika 17: Prikaz sprememb komponent vektorja MARI→DLBG med potresoma (statični način)

Na slikah od 6 do 17 lahko opazimo, da se višina (na levem grafu v svetlo modri barvi) zelo spreminja v 21-dnevnem obdobju, tudi do šestkratne vrednosti ostalih komponent. Posebej so prikazani grafi statične obdelave podatkov za interval opazovanj za izbran potres in grafi odstopanj posameznih komponent vektorjev, ki so rezultat kinematične obdelave opazovanj za izbrani dan potresa. Na grafih kinematične obdelave so komponente obarvane drugače kot pri statični obdelavi, grafi pa si sledijo: graf odstopanj v smeri sever-jug, graf odstopanj v smeri vzhod-zahod, graf odstopanj v smeri navpičnice in graf odstopanj dolžine vektorja.

Prikazani so vektorji BLEI→CELJ, BLEI→DLBG, BLEI→KLAG, BOVE→KLAG, MARI→CELJ in MARI→DLBG, pri katerih smo na levih grafih opazili nekako pričakovan vzorec odstopanj (nekaj dni pred potresom malenkost večja odstopanja in na dan potresa največja). Grafi vseh vektorjev so v prilogah.

Preglednica 2: Rezultati obdelave statične metode za vektor BLEI→CELJ pri potresu v Gornjem Gradu

Dan	Smer sever-jug [m]	Smer vzhod-zahod [m]	Smer normale [m]	Dolžina [m]	Odst. v smeri sever-jug [mm]	Odst. v smeri vzhod-zahod [mm]	Odst. v smeri normale [mm]	Odst. dolžine [mm]
1	-38576,2506	34528,0677	-452,8326	51773,7349	1,4826	-0,0936	-26,3686	-0,9364
2	-38576,2502	34528,0680	-452,8581	51773,7350	1,0842	-0,3776	-0,8441	-1,0523
3	-38576,2511	34528,0687	-452,8504	51773,7361	2,0525	-1,0507	-8,5628	-2,1551
4	-38576,2532	34528,0675	-452,8369	51773,7368	4,1285	0,1425	-21,9810	-2,7888
5	-38576,2519	34528,0712	-452,8510	51773,7384	2,7834	-3,5461	-7,9690	-4,3691
6	-38576,2505	34528,0690	-452,8358	51773,7357	1,3782	-1,3735	-23,1317	-1,7406
7	-38576,2497	34528,0664	-452,8462	51773,7335	0,6287	1,2892	-12,7221	0,5026
8	-38576,2497	34528,0675	-452,8446	51773,7343	0,6337	0,1201	-14,3688	-0,2663
9	-38576,2503	34528,0676	-452,8537	51773,7348	1,1687	0,0631	-5,2403	-0,7829
10	-38576,2504	34528,0674	-452,8480	51773,7347	1,2870	0,2215	-10,9551	-0,7154
11	-38576,2482	34528,0673	-452,8681	51773,7332	-0,9273	0,3089	9,2173	0,8164
12	-38576,2489	34528,0682	-452,8547	51773,7342	-0,2074	-0,5696	-4,2421	-0,1882
13	-38576,2473	34528,0664	-452,8650	51773,7319	-1,7545	1,2782	6,0900	2,1064
14	-38576,2485	34528,0669	-452,8647	51773,7331	-0,5579	0,8014	5,7547	0,8998
15	-38576,2477	34528,0672	-452,8566	51773,7327	-1,3506	0,4127	-2,3534	1,3022
16	-38576,2500	34528,0656	-452,8639	51773,7334	0,9571	2,0829	4,9956	0,6323
17	-38576,2507	34528,0657	-452,8838	51773,7341	1,6184	1,9736	24,8647	-0,1071
18	-38576,2508	34528,0647	-452,8672	51773,7334	1,7449	2,9344	8,3017	0,5842
19	-38576,2494	34528,0654	-452,8681	51773,7328	0,2711	2,2683	9,1819	1,2304
20	-38576,2479	34528,0675	-452,8598	51773,7330	-1,2133	0,1309	0,8235	0,9841
21	-38576,2494	34528,0688	-452,8570	51773,7350	0,3546	-1,1139	-1,8790	-0,9906

Preglednica 3: Rezultati obdelave statične metode za vektor BLEI→CELJ pri potresu v Obirskem

Dan	Smer sever-jug [m]	Smer vzhod-zahod [m]	Smer normale [m]	Dolžina [m]	Odst. v smeri sever-jug [mm]	Odst. v smeri vzhod-zahod [mm]	Odst. v smeri normale [mm]	Odst. dolžine [mm]
1	-38576,2489	34528,0680	-452,8587	51773,7341	-0,1808	-0,3564	-0,2477	-0,1008
2	-38576,2494	34528,0681	-452,8575	51773,7345	0,2969	-0,4892	-1,4125	-0,5351
3	-38576,2497	34528,0683	-452,8567	51773,7348	0,6180	-0,6070	-2,1947	-0,8461
4	-38576,2484	34528,0684	-452,8551	51773,7340	-0,6601	-0,7525	-3,8512	0,0237
5	-38576,2485	34528,0690	-452,8796	51773,7347	-0,5944	-1,3950	20,7107	-0,6686
6	-38576,2437	34528,0601	-452,9009	51773,7253	-5,3492	7,5753	42,0146	8,6701
7	-38576,2496	34528,0689	-452,8644	51773,7353	0,5514	-1,2845	5,4513	-1,3152
8	-38576,2502	34528,0688	-452,8736	51773,7357	1,1415	-1,1005	14,6783	-1,7128
9	-38576,2491	34528,0677	-452,8746	51773,7342	0,0521	-0,0934	15,6386	-0,2379
10	-38576,2480	34528,0682	-452,8596	51773,7335	-1,1243	-0,5484	0,6521	0,4663
11	-38576,2478	34528,0682	-452,8430	51773,7332	-1,3171	-0,5663	-15,9454	0,7432
12	-38576,2476	34528,0675	-452,8673	51773,7328	-1,5421	0,1386	8,3971	1,1680
13	-38576,2497	34528,0670	-452,8717	51773,7341	0,5683	0,6293	12,7788	-0,1155
14	-38576,2471	34528,0700	-452,8559	51773,7340	-2,0179	-2,3306	-3,0378	-0,0242
15	-38576,2472	34528,0691	-452,8518	51773,7335	-1,8955	-1,4423	-7,1551	0,5130
16	-38576,2480	34528,0676	-452,8649	51773,7332	-1,1325	0,0050	5,9460	0,7951
17	-38576,2483	34528,0678	-452,8631	51773,7335	-0,8128	-0,1029	4,1220	0,5009
18	-38576,2491	34528,0686	-452,8564	51773,7346	-0,0291	-0,9334	-2,5668	-0,5784
19	-38576,2488	34528,0678	-452,8613	51773,7339	-0,3054	-0,1233	2,3410	0,1248
20	-38576,2490	34528,0692	-452,8532	51773,7349	-0,1255	-1,5272	-5,7325	-0,8748
21	-38576,2474	34528,0683	-452,8397	51773,7329	-1,7039	-0,5981	-19,1981	1,0386

Preglednica 4: Rezultati obdelave statične metode za vektor BLEI→SLOG pri potresu v Obirskem

Dan	Smer sever-jug [m]	Smer vzhod-zahod [m]	Smer normale [m]	Dolžina [m]	Odst. v smeri sever-jug [mm]	Odst. v smeri vzhod-zahod [mm]	Odst. v smeri normale [mm]	Odst. dolžine [mm]
1	-8621,6404	21959,3967	-109,5464	23591,5193	0,2951	-0,2080	1,9932	-0,3107
2	-8621,6396	21959,3980	-109,5487	23591,5204	-0,4620	-1,5811	4,3168	-1,3229
3	-8621,6415	21959,3975	-109,5423	23591,5205	1,4664	-1,0387	-2,0861	-1,4930
4	-8621,6405	21959,3978	-109,5446	23591,5204	0,4404	-1,3259	0,1355	-1,3958
5	-8621,6399	21959,3980	-109,5508	23591,5205	-0,1314	-1,5623	6,3956	-1,4359
6	-8621,6403	21959,3986	-109,5473	23591,5211	0,2139	-2,1683	2,8491	-2,1097
7	-8621,6387	21959,3962	-109,5495	23591,5184	-1,3573	0,2105	5,0696	0,6684
8	-8621,6398	21959,3968	-109,5494	23591,5193	-0,2875	-0,3411	5,0109	-0,2357

se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 4

9	-8621,6415	21959,3960	-109,5491	23591,5191	1,4262	0,5081	4,6810	-0,0700
10	-8621,6391	21959,3973	-109,5474	23591,5194	-0,9473	-0,7927	2,9823	-0,4055
11	-8621,6366	21959,3979	-109,5414	23591,5191	-3,4707	-1,4749	-3,0348	-0,0904
12	-8621,6408	21959,3971	-109,5441	23591,5198	0,6936	-0,5907	-0,3187	-0,8018
13	-8621,6394	21959,3966	-109,5494	23591,5189	-0,6507	-0,1397	4,9613	0,0847
14	-8621,6382	21959,3977	-109,5482	23591,5195	-1,8956	-1,2357	3,7484	-0,4749
15	-8621,6395	21959,3972	-109,5429	23591,5195	-0,5470	-0,7545	-1,4920	-0,4955
16	-8621,6399	21959,3953	-109,5454	23591,5179	-0,1193	1,1367	0,9513	1,0972
17	-8621,6404	21959,3976	-109,5458	23591,5203	0,3816	-1,1652	1,4175	-1,2307
18	-8621,6400	21959,3977	-109,5445	23591,5202	-0,0571	-1,2291	0,1103	-1,1237
19	-8621,6407	21959,3967	-109,5417	23591,5194	0,5995	-0,1958	-2,7660	-0,3885
20	-8621,6399	21959,3980	-109,5423	23591,5204	-0,1543	-1,5154	-2,0970	-1,3444
21	-8621,6397	21959,3958	-109,5420	23591,5183	-0,3490	0,6660	-2,3895	0,7585

Preglednica 5: Rezultati obdelave statične metode za vektor BLEI→DLBG pri potresu v Obirskem

Dan	Smer sever-jug [m]	Smer vzhod-zahod [m]	Smer normale [m]	Dolžina [m]	Odst. v smeri sever-jug [mm]	Odst. v smeri vzhod-zahod [mm]	Odst. v smeri normale [mm]	Odst. dolžine [mm]
1	24968,7506	31998,0894	-236,3865	40587,8320	0,5628	-0,4261	1,6014	0,0010
2	24968,7510	31998,0900	-236,3807	40587,8328	0,1955	-1,0847	-4,1933	-0,7104
3	24968,7500	31998,0896	-236,3749	40587,8317	1,2115	-0,6329	-10,0162	0,3047
4	24968,7506	31998,0898	-236,3786	40587,8323	0,6167	-0,8704	-6,3487	-0,2698
5	24968,7513	31998,0904	-236,3856	40587,8333	-0,1175	-1,4455	0,6925	-1,2159
6	24968,7511	31998,0911	-236,3780	40587,8336	0,0417	-2,1068	-6,9545	-1,5948
7	24968,7518	31998,0908	-236,3832	40587,8339	-0,5725	-1,8596	-1,6689	-1,8085
8	24968,7517	31998,0901	-236,3840	40587,8333	-0,5441	-1,1822	-0,8808	-1,2616
9	24968,7525	31998,0872	-236,4023	40587,8315	-1,2915	1,7982	17,4071	0,5217
10	24968,7517	31998,0875	-236,3911	40587,8313	-0,5314	1,4086	6,1849	0,7476
11	24968,7543	31998,0891	-236,3869	40587,8341	-3,0749	-0,1375	1,9511	-2,0114
12	24968,7512	31998,0896	-236,3828	40587,8326	-0,0445	-0,6768	-2,1030	-0,5487
13	24968,7507	31998,0890	-236,3868	40587,8318	0,4984	-0,0052	1,9289	0,2912
14	24968,7518	31998,0904	-236,3911	40587,8336	-0,5832	-1,4624	6,2322	-1,5480
15	24968,7483	31998,0906	-236,3853	40587,8316	2,8675	-1,6820	0,4072	0,4356
16	24968,7509	31998,0880	-236,3847	40587,8311	0,2752	0,9154	-0,2043	0,8922
17	24968,7511	31998,0891	-236,3851	40587,8321	0,0796	-0,1335	0,2435	-0,0577
18	24968,7503	31998,0895	-236,3809	40587,8319	0,8804	-0,5645	-4,0432	0,1201
19	24968,7502	31998,0888	-236,3770	40587,8313	0,9502	0,1949	-7,9190	0,7843
20	24968,7513	31998,0897	-236,3800	40587,8326	-0,0746	-0,7020	-4,9095	-0,5708
21	24968,7492	31998,0907	-236,3699	40587,8321	1,9496	-1,7525	-15,0502	-0,0946

Preglednica 6: Rezultati obdelave statične metode za vektor BOVE→KLAG pri potresu v Gornjem Gradu

Dan	Smer sever-jug [m]	Smer vzhod-zahod [m]	Smer normale [m]	Dolžina [m]	Odst. v smeri sever-jug [mm]	Odst. v smeri vzhod-zahod [mm]	Odst. v smeri normale [mm]	Odst. dolžine [mm]
1	30779,1878	59549,5261	-337,4412	67034,4563	-3,7746	-2,3357	10,7108	-3,8619
2	30779,1875	59549,5264	-337,4551	67034,4565	-3,4808	-2,6515	24,6394	-4,0777
3	30779,1876	59549,5263	-337,4632	67034,4565	-3,5253	-2,5585	32,7752	-4,0565
4	30779,1853	59549,5286	-337,4649	67034,4575	-1,2818	-4,8578	34,4686	-5,0774
5	30779,1864	59549,5265	-337,4598	67034,4561	-2,3867	-2,6980	29,3649	-3,6404
6	30779,1833	59549,5247	-337,4417	67034,4530	0,7340	-0,9343	11,2557	-0,5497
7	30779,1846	59549,5248	-337,4330	67034,4536	-0,5661	-1,0400	25,1300	-1,1964
8	30779,1845	59549,5242	-337,4275	67034,4530	-0,4180	-0,4444	-2,8962	-0,5721
9	30779,1864	59549,5239	-337,4294	67034,4536	-2,3704	-0,1228	-1,0572	-1,1922
10	30779,1829	59549,5239	-337,4303	67034,4520	1,1205	-0,1283	-0,1012	0,4010
11	30779,1871	59549,5227	-337,4191	67034,4528	-3,0590	1,1242	-11,3354	-0,3488
12	30779,1841	59549,5243	-337,4297	67034,4529	-0,0648	-0,4882	-0,7322	-0,4597
13	30779,1837	59549,5227	-337,4313	67034,4513	0,3465	1,0795	0,8653	1,1137
14	30779,1844	59549,5237	-337,4162	67034,4525	-0,4140	0,0337	-14,1979	-0,0887
15	30779,1840	59549,5230	-337,4269	67034,4517	0,0151	0,8093	-3,5025	0,7435
16	30779,1825	59549,5267	-337,4018	67034,4541	1,5383	-2,8925	-28,6611	-1,7190
17	30779,1836	59549,5231	-337,4229	67034,4516	0,4640	0,6949	-7,5439	0,8683
18	30779,1837	59549,5237	-337,4156	67034,4521	0,3682	0,0789	-14,8840	0,3141
19	30779,1841	59549,5231	-337,4127	67034,4518	-0,0903	0,6418	-17,7196	0,6179
20	30779,1854	59549,5242	-337,4210	67034,4534	-1,3976	-0,4511	-9,4037	-0,9951
21	30779,1845	59549,5244	-337,4437	67034,4533	-0,4873	-0,6637	13,2850	-0,8802

Preglednica 7: Rezultati obdelave statične metode za vektor BOVE→KLAG pri potresu v Obirskem

Dan	Smer sever-jug [m]	Smer vzhod-zahod [m]	Smer normale [m]	Dolžina [m]	Odst. v smeri sever-jug [mm]	Odst. v smeri vzhod-zahod [mm]	Odst. v smeri normale [mm]	Odst. dolžine [mm]
1	30779,1835	59549,5221	-337,4359	67034,4507	0,5578	1,6761	5,4800	1,7175
2	30779,1816	59549,5223	-337,4010	67034,4499	2,3986	1,4821	-29,4302	2,5661
3	30779,1815	59549,5217	-337,4084	67034,4493	2,4960	2,1223	-22,0009	3,1421
4	30779,1829	59549,5220	-337,4123	67034,4502	1,1499	1,7835	-18,1597	2,2037
5	30779,1839	59549,5219	-337,4244	67034,4507	0,1198	1,8462	-6,0500	1,7255
6	30779,1835	59549,5236	-337,4191	67034,4520	0,5308	0,1472	-11,2946	0,4313
7	30779,1837	59549,5246	-337,4395	67034,4530	0,3204	-0,8060	9,0917	-0,6147

se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 7

8	30779,1848	59549,5250	-337,4361	67034,4539	-0,8043	-1,2703	5,6949	-1,5264
9	30779,1877	59549,5226	-337,4465	67034,4532	-3,6214	1,1301	16,0906	-0,7399
10	30779,1843	59549,5237	-337,4542	67034,4526	-0,3108	0,0622	23,7858	-0,2072
11	30779,1805	59549,5230	-337,4399	67034,4501	3,5524	0,8053	9,4711	2,2988
12	30779,1803	59549,5237	-337,4207	67034,4506	3,6963	0,0932	-9,7451	1,8290
13	30779,1841	59549,5261	-337,4371	67034,4545	-0,0903	-2,2790	6,7066	-2,0998
14	30779,1825	59549,5233	-337,4546	67034,4514	1,5740	0,5107	24,1780	1,0547
15	30779,1837	59549,5212	-337,4277	67034,4500	0,3228	2,5635	-2,7305	2,4392
16	30779,1831	59549,5219	-337,4102	67034,4503	0,9539	1,8284	-20,2655	2,1642
17	30779,1817	59549,5221	-337,4023	67034,4497	2,3734	1,7041	-28,1597	2,7454
18	30779,1821	59549,5224	-337,4159	67034,4503	1,9119	1,3607	-14,4986	2,1596
19	30779,1836	59549,5214	-337,4258	67034,4500	0,4768	2,4051	-4,6605	2,3789
20	30779,1830	59549,5231	-337,4514	67034,4514	1,0414	0,6737	20,9792	0,9711
21	30779,1840	59549,5238	-337,4281	67034,4524	0,0808	-0,0345	-2,3257	0,0182

Preglednica 8: Rezultati obdelave statične metode za vektor MARI→DLBG pri potresu v Gornjem Gradu

Dan	Smer sever-jug [m]	Smer vzhod-zahod [m]	Smer normale [m]	Dolžina [m]	Odst. v smeri sever-jug [mm]	Odst. v smeri vzhod-zahod [mm]	Odst. v smeri normale [mm]	Odst. dolžine [mm]
1	28032,3367	-33245,0465	-60,5651	43486,1896	-0,2654	0,3525	13,5865	-0,4595
2	28032,3368	-33245,0462	-60,5484	43486,1894	-0,3649	0,0305	-3,1374	-0,2542
3	28032,3378	-33245,0472	-60,5508	43486,1908	-1,3534	1,0953	-0,6539	-1,7089
4	28032,3352	-33245,0473	-60,5607	43486,1892	1,2657	1,1642	9,2361	-0,0870
5	28032,3374	-33245,0486	-60,5584	43486,1916	-0,9548	2,4451	6,8626	-2,4943
6	28032,3384	-33245,0460	-60,5400	43486,1903	-2,0140	-0,1936	-11,4849	-1,1343
7	28032,3348	-33245,0455	-60,5624	43486,1877	1,5747	-0,6067	10,8974	1,4637
8	28032,3360	-33245,0455	-60,5570	43486,1884	0,3830	-0,6348	5,4987	0,7246
9	28032,3361	-33245,0462	-60,5417	43486,1889	0,3305	0,0387	-9,8054	0,1971
10	28032,3380	-33245,0450	-60,5647	43486,1893	-1,5630	-1,1123	13,2172	-0,1757
11	28032,3384	-33245,0458	-60,5518	43486,1901	-2,0187	-0,3749	0,2679	-1,0151
12	28032,3376	-33245,0465	-60,5558	43486,1902	-1,2025	0,3681	4,3295	-1,0626
13	28032,3365	-33245,0455	-60,5516	43486,1887	-0,1275	-0,6887	0,0543	0,4442
14	28032,3357	-33245,0463	-60,5540	43486,1888	0,6998	0,2013	2,4771	0,2938
15	28032,3352	-33245,0456	-60,5557	43486,1879	1,1732	-0,5712	4,2310	1,1871
16	28032,3344	-33245,0462	-60,5498	43486,1878	1,9906	0,0049	-1,6690	1,2818
17	28032,3359	-33245,0452	-60,5406	43486,1881	0,4840	-0,9116	-10,9018	1,0241
18	28032,3359	-33245,0463	-60,5427	43486,1889	0,5201	0,1083	-8,7739	0,2646
19	28032,3362	-33245,0467	-60,5526	43486,1894	0,2349	0,5772	1,0610	-0,2914
20	28032,3357	-33245,0466	-60,5522	43486,1890	0,7427	0,4521	0,6797	0,1322
21	28032,3351	-33245,0467	-60,5479	43486,1887	1,2765	0,5450	-3,6217	0,4112

Preglednica 9: Rezultati obdelave statične metode za vektor MARI→DLBG pri potresu v Obirskem

Dan	Smer sever-jug [m]	Smer vzhod-zahod [m]	Smer normale [m]	Dolžina [m]	Odst. v smeri sever-jug [mm]	Odst. v smeri vzhod-zahod [mm]	Odst. v smeri normale [mm]	Odst. dolžine [mm]
1	28032,3358	-33245,0458	-60,5541	43486,1885	0,6226	-0,3609	2,5778	0,6736
2	28032,3369	-33245,0461	-60,5550	43486,1894	-0,5188	-0,0823	3,5175	-0,2765
3	28032,3388	-33245,0459	-60,5510	43486,1904	-2,3617	-0,2825	-0,4683	-1,3058
4	28032,3378	-33245,0451	-60,5509	43486,1893	-1,3854	-1,0047	-0,5487	-0,1242
5	28032,3372	-33245,0450	-60,5358	43486,1887	-0,7402	-1,1289	-15,6675	0,4077
6	28032,3365	-33245,0461	-60,5467	43486,1891	-0,0616	-0,0260	-4,8365	-0,0131
7	28032,3363	-33245,0459	-60,5387	43486,1888	0,1526	-0,2401	-12,8421	0,2998
8	28032,3377	-33245,0471	-60,5421	43486,1907	-1,2385	1,0006	-9,4403	-1,5502
9	28032,3369	-33245,0479	-60,5485	43486,1907	-0,4525	1,7303	-3,0356	-1,6102
10	28032,3360	-33245,0483	-60,5492	43486,1905	0,4059	2,1696	-2,3407	-1,3937
11	28032,3382	-33245,0462	-60,5640	43486,1903	-1,8120	0,0074	12,4831	-1,1912
12	28032,3355	-33245,0458	-60,5472	43486,1882	0,9626	-0,3773	-4,3254	0,9150
13	28032,3356	-33245,0458	-60,5425	43486,1883	0,8632	-0,3473	-9,0376	0,8346
14	28032,3352	-33245,0453	-60,5478	43486,1877	1,2234	-0,8839	-3,7241	1,4696
15	28032,3388	-33245,0467	-60,5646	43486,1911	-2,4149	0,5403	13,0784	-1,9880
16	28032,3356	-33245,0463	-60,5474	43486,1887	0,8222	0,1625	-4,1288	0,4115
17	28032,3352	-33245,0460	-60,5490	43486,1882	1,2439	-0,1540	-2,5467	0,9231
18	28032,3355	-33245,0454	-60,5535	43486,1879	0,9590	-0,7882	2,0199	1,2179
19	28032,3367	-33245,0452	-60,5545	43486,1885	-0,2369	-0,9842	3,0452	0,5955
20	28032,3357	-33245,0461	-60,5465	43486,1886	0,6787	-0,0484	-4,9903	0,4815
21	28032,3339	-33245,0450	-60,5704	43486,1866	2,4771	-1,1915	18,8596	2,4814

Preglednica 10: Rezultati obdelave statične metode za vektor MARI→CELJ pri potresu v Obirskem

Dan	Smer sever-jug [m]	Smer vzhod-zahod [m]	Smer normale [m]	Dolžina [m]	Odst. v smeri sever-jug [mm]	Odst. v smeri vzhod-zahod [mm]	Odst. v smeri normale [mm]	Odst. dolžine [mm]
1	-35536,4486	-31401,8116	-224,0991	47423,2345	-0,2463	0,0162	1,5079	0,1667
2	-35536,4483	-31401,8124	-224,1047	47423,2349	-0,5443	0,7776	7,1279	-0,1407
3	-35536,4458	-31401,8115	-224,1057	47423,2324	-3,0527	-0,0676	8,1643	2,2937
4	-35536,4461	-31401,8109	-224,1003	47423,2322	-2,7518	-0,6671	2,7619	2,4907
5	-35536,4474	-31401,8106	-224,1029	47423,2330	-1,4211	-1,0082	5,3163	1,7074
6	-35536,4493	-31401,8118	-224,1100	47423,2353	0,4553	0,2099	12,4528	-0,5390
7	-35536,4499	-31401,8122	-224,0927	47423,2359	1,0734	0,5417	-4,8865	-1,1400
8	-35536,4493	-31401,8127	-224,1048	47423,2358	0,4111	1,1171	7,2334	-1,0820
9	-35536,4492	-31401,8119	-224,0939	47423,2351	0,3323	0,3054	-3,6286	-0,4341

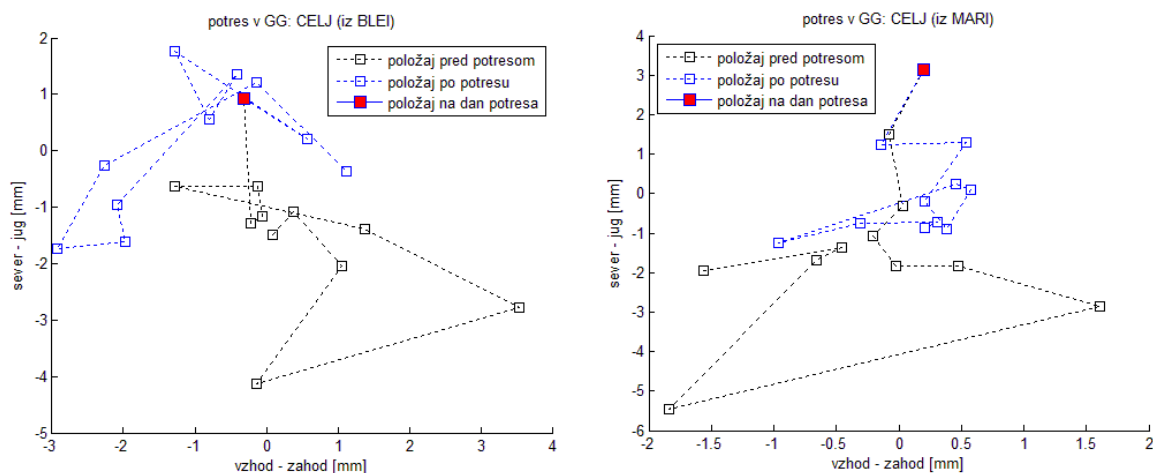
se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 10

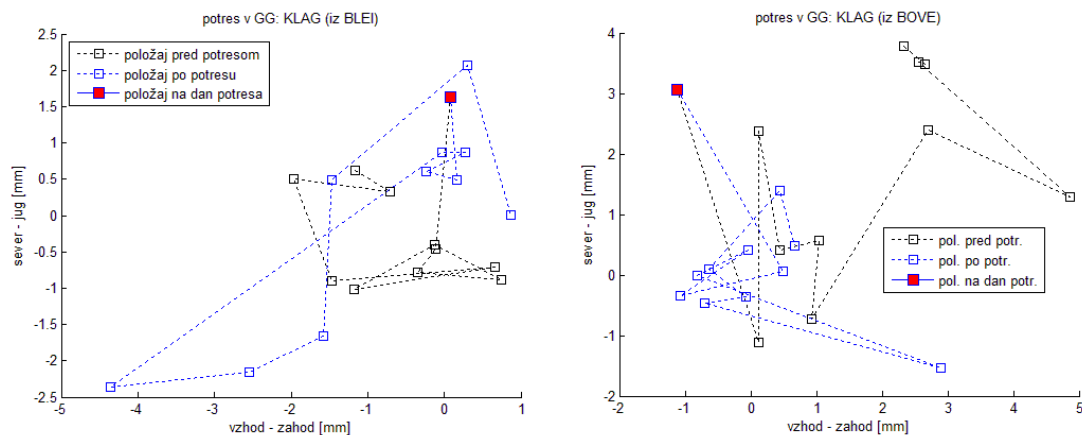
10	-35536,4490	-31401,8118	-224,0893	47423,2349	0,1237	0,1996	-8,2855	-0,1857
11	-35536,4487	-31401,8116	-224,0932	47423,2346	-0,1695	0,0170	-4,4008	0,1366
12	-35536,4482	-31401,8122	-224,1047	47423,2346	-0,7118	0,5705	7,0830	0,1221
13	-35536,4496	-31401,8121	-224,1002	47423,2356	0,7647	0,4728	2,6169	-0,8984
14	-35536,4485	-31401,8102	-224,0854	47423,2335	-0,3571	-1,3887	-12,1386	1,2445
15	-35536,4430	-31401,8119	-224,1028	47423,2305	-5,8864	0,3306	5,1890	4,1675
16	-35536,4479	-31401,8111	-224,0979	47423,2336	-1,0075	-0,4923	0,3587	1,0792
17	-35536,4486	-31401,8118	-224,0988	47423,2346	-0,2381	0,1506	1,1983	0,0731
18	-35536,4488	-31401,8107	-224,1020	47423,2341	-0,0671	-0,8816	4,3900	0,6133
19	-35536,4473	-31401,8105	-224,1117	47423,2328	-1,5773	-1,1465	14,1119	1,8744
20	-35536,4494	-31401,8111	-224,0926	47423,2347	0,5153	-0,5653	-5,0015	0,0119
21	-35536,4477	-31401,8119	-224,1133	47423,2341	-1,1848	0,2606	15,7178	0,6410

V preglednicah 2-10 so izpisane vrednosti komponent in dolžin vektorjev BLEI→CELJ, BLEI→SLOG, BLEI→DLBG, BOVE→KLAG, MARI→DLBG in MARI→CELJ. Prikazani so rezultati, kjer se da ugotoviti vpliv potresa na spremembo komponent in posledično dolžine baznega vektorja.

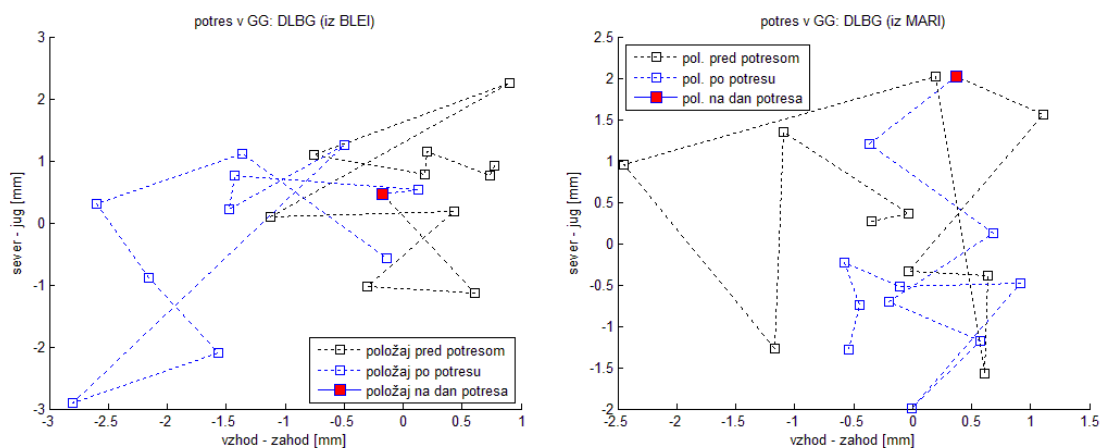
Iz posamično izrisanih odstopanj komponent vektorjev si težko predstavljamo, kako se je položaj točk spreminjal. Za boljšo predstavo smo grafično prikazali spremembe položaja posamezne točke v 21-dnevnem intervalih. Zaradi boljše preglednosti so položaji točk pred potresom obarvani črno, po potresu z modro barvo in položaj na dan potresa z rdečo barvo.



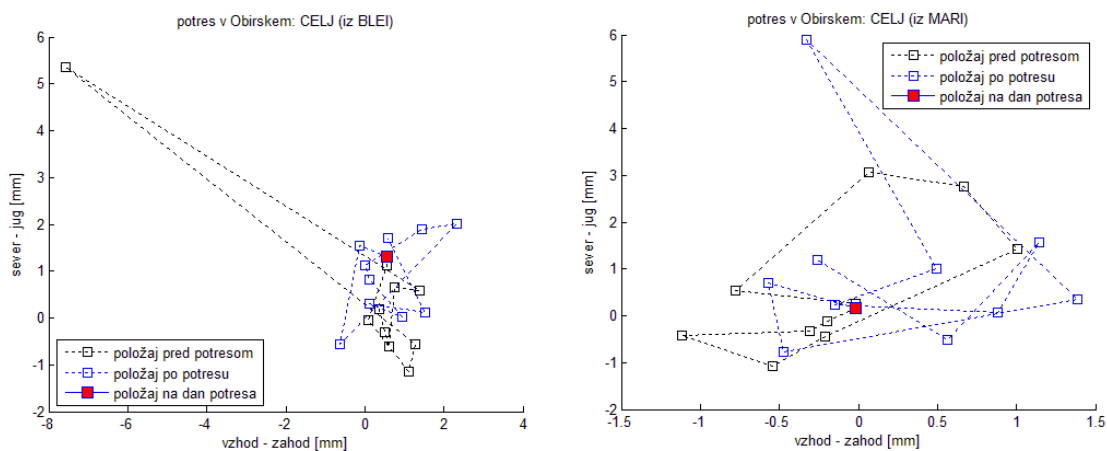
Slika 18: Prikaz spreminjanja položaja točke CELJ pri potresu v Gornjem Gradu, določeno iz dveh referenčnih točk



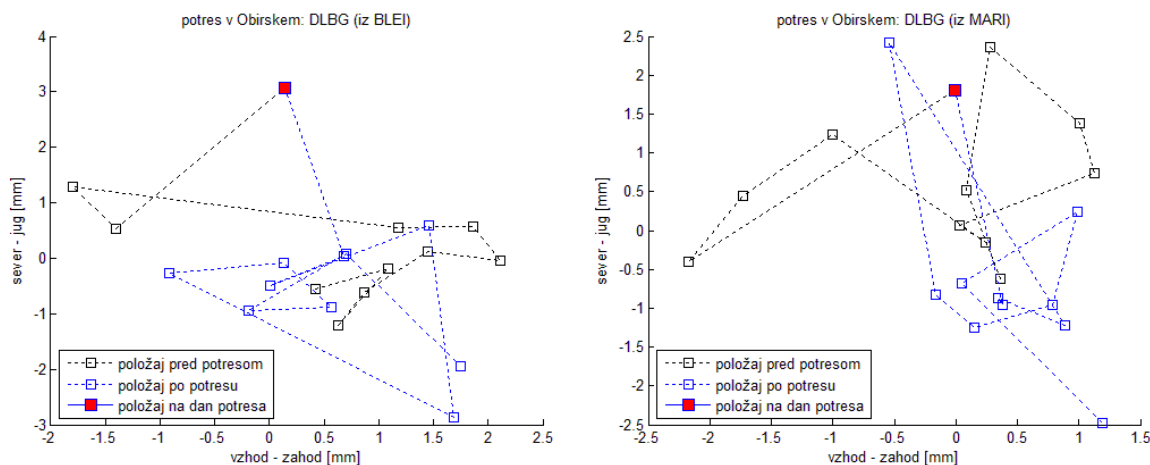
Slika 19: Prikaz spreminjanja položaja točke KLAG pri potresu v Gornjem Gradu, določeno iz dveh referenčnih točk



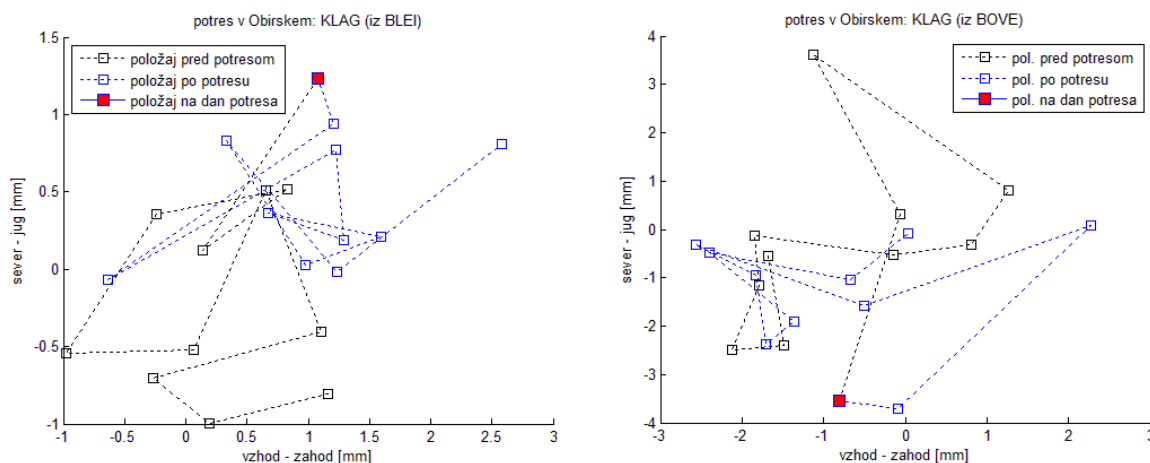
Slika 20: Prikaz spreminjanja položaja točke DLBG pri potresu v Gornjem Gradu, določeno iz dveh referenčnih točk



Slika 21: Prikaz spreminjanja položaja točke CELJ pri potresu v Obirskem, določeno iz dveh ref. točk



Slika 22: Prikaz spreminjanja položaja točke DLBG pri potresu v Obirskem, določeno iz dveh ref. točk



Slika 23: Prikaz spreminjanja položaja točke KLAG pri potresu v Obirskem, določeno iz dveh ref. točk

Na slikah od 18 do 23 so prikazani premiki postaj CELJ, KLAG in DLBG v horizontalni ravnini. Vsak transformiran vektor smo zreducirali za povprečno vrednost vektorja, da smo lahko prikazali premike točk na način, kjer je vidna relativna velikost teh premikov.

Razlika med premikanjem točk pred in po potresu se vidi na prikazanih slikah pri točki CELJ pri obeh potresih, pri točkah KLAG in DLBG pa pri potresu v Gornjem Gradu (levi graf na slikah). To se vidi predvsem tako, da je prikazano premikanje položaja točke na grafu po potresu relativno manjše in bolj zgoščeno v gručo točk kot pred potresom.

6 ZAKLJUČEK

Natančnost vektorjev med postajami po obdelavi podatkov statične metode v programu LGO je bila reda velikosti pod milimetrom, z izjemami odstopanja v smeri navpičnice, kjer so odstopanja velika tudi več kot centimeter, po obdelavi kinematične metode pa so bili pričakovano slabše natančnosti kot rezultati statične metode.

Da bi lahko primerjali premike točk med sabo, smo vsako točko določili prek dveh različnih referenčnih točk. Ta način določitve točk nam je služil tudi kot rezerva v primeru slabih opazovanj pri obdelavi na kinematičen način, kar je bil slučaj za točke KLAG, CELJ, GSR1 in RADO.

Glede na to, da sta bila potresa magnitude 3,8 in 4,2 po Richterjevi lestvici, smo pričakovali veliko manjše premike točk. Predpostavljali smo, da bomo zaznali oziroma določili večje premike zaradi potresa za vektorje med postajami v okolici epicentrov, torej pri vektorjih BLEI→DLBG, BLEI→SLOG in BLEI→CELJ. Pokazalo se je, da sta se na teh treh vektorjih zaznala potresa in tudi na vektorjih BOVE→KLAG, MARI→CELJ in MARI→DLBG. Ne moremo pa trditi, da je pri obdelavi na statičen način večja sprememba komponent vektorja BOVE→RADO posledica potresa v Obirskem. Lahko pa trdimo, da se je potres zaznal pri vektorjih BLEI→DLBG, BLEI→SLOG in BLEI→CELJ, najbolj pa pri določitvi koordinat postaje GNSS v Celju (CELJ).

Najbolj opazne so spremembe komponent baznega vektorja BLEI→CELJ, in sicer za potres v Obirskem, kjer so bila odstopanja od povprečne vrednosti komponent in dolžine vektorja v smeri sever-jug -3,47 mm, v smeri vzhod-zahod -1,47 mm, v smeri navpičnice -3,03 mm in sprememba dolžine -0,09 mm.

Glede na to, da so bila opazovanja GPS pomanjkljiva, še posebno pri kinematični metodi ter da so dolžine vektorjev velike in tudi zelo različne, smo pri statični metodi dobili dovolj natančne rezultate, da smo lahko določili tako majhne premike, ki so verjetno posledica potresov v Gornjem Gradu in Obirskem. Če bi bilo omrežje SIGNAL gostejše, bi lahko pridobili po obdelavi natančnejše rezultate kinematične metode in bi lažje spremljali spremembe komponent vektorjev v dnevih pred potresom in na sam dan potresa, še posebej pa kakšno uro ali dve pred samim potresom.

VIRI

Čadež, P. 2010. Analiza metod Geodetske GNSS izmere. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba P. Čadež): 3-7.

Gurtner, W. 2007. RINEX: The Receiver Independent Exchange Format Version 2.10. Astronomical Institute University of Berne.

<ftp://igsceb.jpl.nasa.gov/pub/data/format/rinex210.txt> (Pridobljeno: 28. 7. 2013.)

Kuhar, M. Fizikalna geodezija. 2011.

http://ucilnica1213.fgg.unilj.si/file.php/930/FG_skripta.pdf (Pridobljeno: 25. 7. 2013.)

Leica SYSTEM 1200. Leica Geo Office.

<http://www.utdallas.edu/~aiken/GPSCCLASS/leicanotes.pdf> (Pridobljeno: 28. 5. 2013.)

Omrežje signal. Služba za GPS.

http://www.gu-signal.si/index.php?option=com_content&view=article&id=38&Itemid=29

(Pridobljeno: 1. 9. 2013.)

Rizos, C. 1999. Principles and Practice of GPS Surveying. School of Surveying and Spatial Information Systems The University of New South Wales.

http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/gps/gps_survey/chap6/623.htm (Pridobljeno: 25. 7. 2013.)

Solarić, N., Solarič, M. 2012. Prijedlogda se u Zagrebu i okolici uz CROPOS-ove stanice postavi i nekoliko GPS (GNSS)-permanentnih stanica za geodinamiku i moguću najavu većeg potresa u sljedećem vremenskom razdoblju. Geodetski list. 3: 149-164.

Stopar, B. 2012. Zapiski iz predavanj pri predmetu GNSS v geodeziji. Neobjavljeno študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 1-66.

Subirana et al, 2011. Multipath. Technical University of Catalonia, Spain.

<http://www.navipedia.net/index.php/Multipath> (Pridobljeno: 28. 7. 2013.)

Ta stran je namenoma prazna.

PRILOGE

PRILOGA A: GRAFI Odstopanj Komponent in Dolžine Vektorjev Statične Metode Izmere

PRILOGA B: GRAFI Odstopanj Komponent in Dolžine Vektorjev Kinematične Metode Izmere

PRILOGA C: PRIKAZ Premikanja Točk v Horizontalni Ravnini

PRILOGA A: GRAFI Odstopanj Komponent in Dolžine Vektorjev Statične Metode Izmere

PRILOGA A1/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→KLAG pri potresu v Gornjem Gradu

PRILOGA A1/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→RADO pri potresu v Gornjem Gradu

PRILOGA A1/3: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→GSR1 pri potresu v Gornjem Gradu

PRILOGA A1/4: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→CELJ pri potresu v Gornjem Gradu

PRILOGA A1/5: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→SLOG pri potresu v Gornjem Gradu

PRILOGA A1/6: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→DLBG pri potresu v Gornjem Gradu

PRILOGA A2/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BOVE→KLAG pri potresu v Gornjem Gradu

PRILOGA A2/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BOVE→RADO pri potresu v Gornjem Gradu

PRILOGA A2/3: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BOVE→GSR1 pri potresu v Gornjem Gradu

PRILOGA A3/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→DLBG pri potresu v Gornjem Gradu

PRILOGA A3/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→SLOG pri potresu v Gornjem Gradu

PRILOGA A3/3: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→CELJ pri potresu v Gornjem Gradu

PRILOGA A4/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→KLAG pri potresu v Obirskem

PRILOGA A4/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→RADO pri potresu v Obirskem

PRILOGA A4/3: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→GSR1 pri potresu v Obirskem

PRILOGA A4/4: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→CELJ pri potresu v Obirskem

PRILOGA A4/5: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→SLOG pri potresu v Obirskem

PRILOGA A4/6: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→DLBG pri potresu v Obirskem

PRILOGA A7/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BOVE→KLAG pri potresu v Obirskem

PRILOGA A7/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BOVE→RADO pri potresu v Obirskem

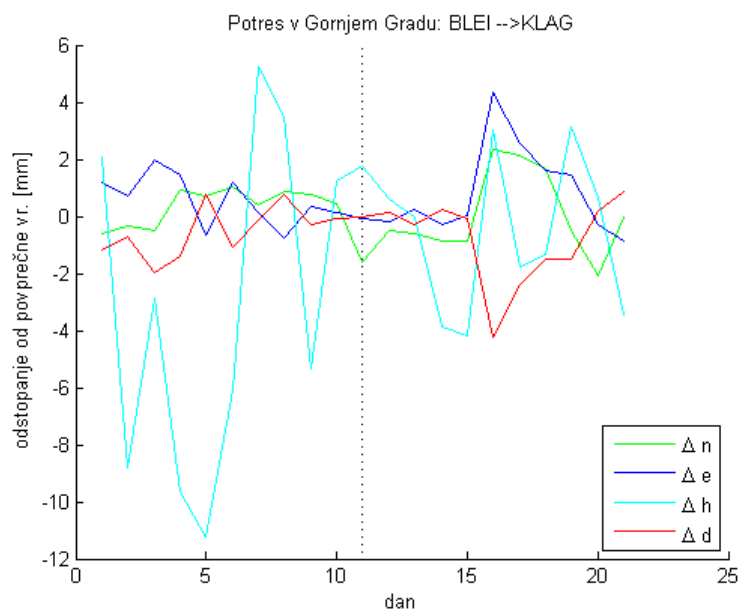
PRILOGA A7/3: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BOVE→GSR1 pri potresu v Obirskem

PRILOGA A8/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→DLBG pri potresu v Obirskem

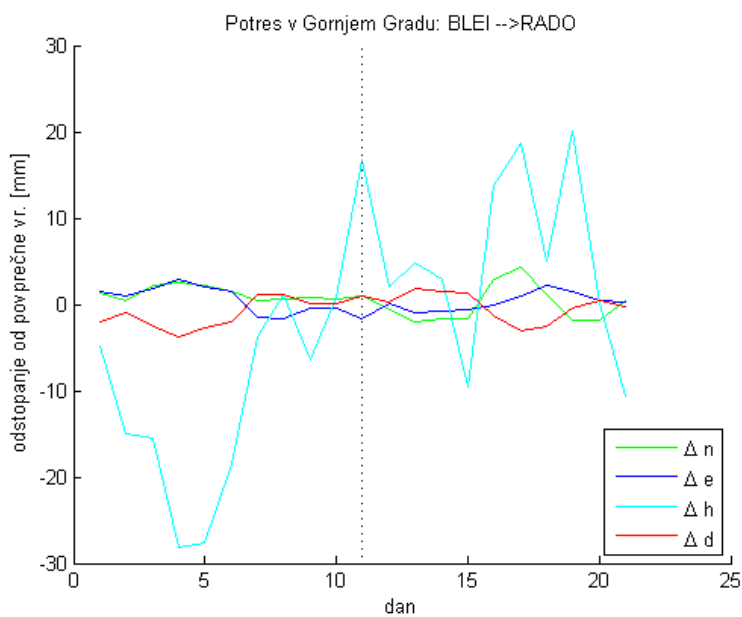
PRILOGA A8/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→SLOG pri potresu v Obirskem

PRILOGA A8/3: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→CELJ pri potresu v Obirskem

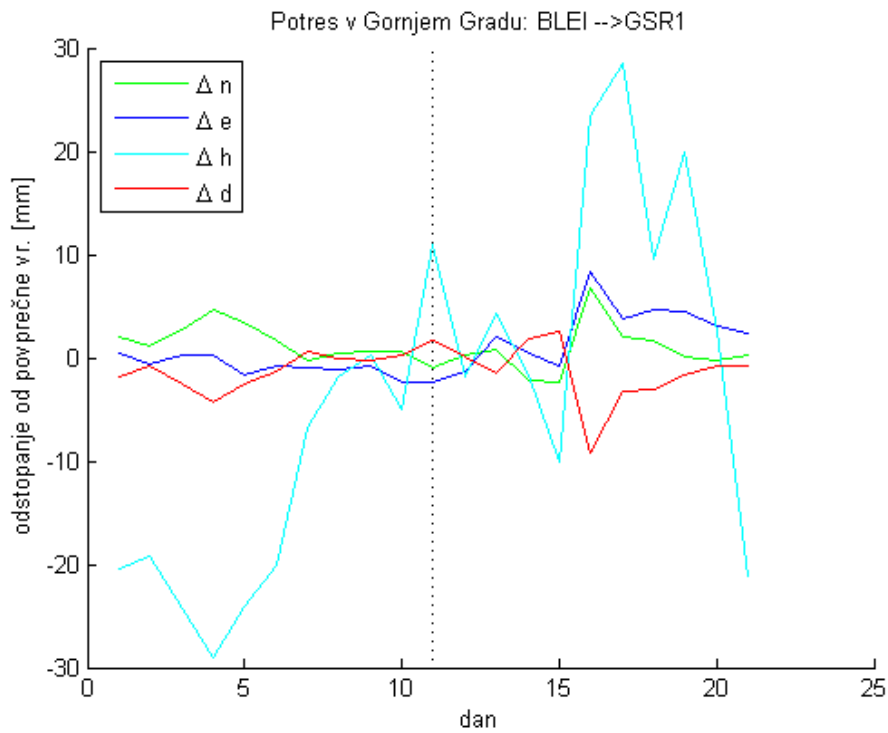
PRILOGA A1/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→KLAG pri potresu v Gornjem Gradu



PRILOGA A1/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→RADO pri potresu v Gornjem Gradu



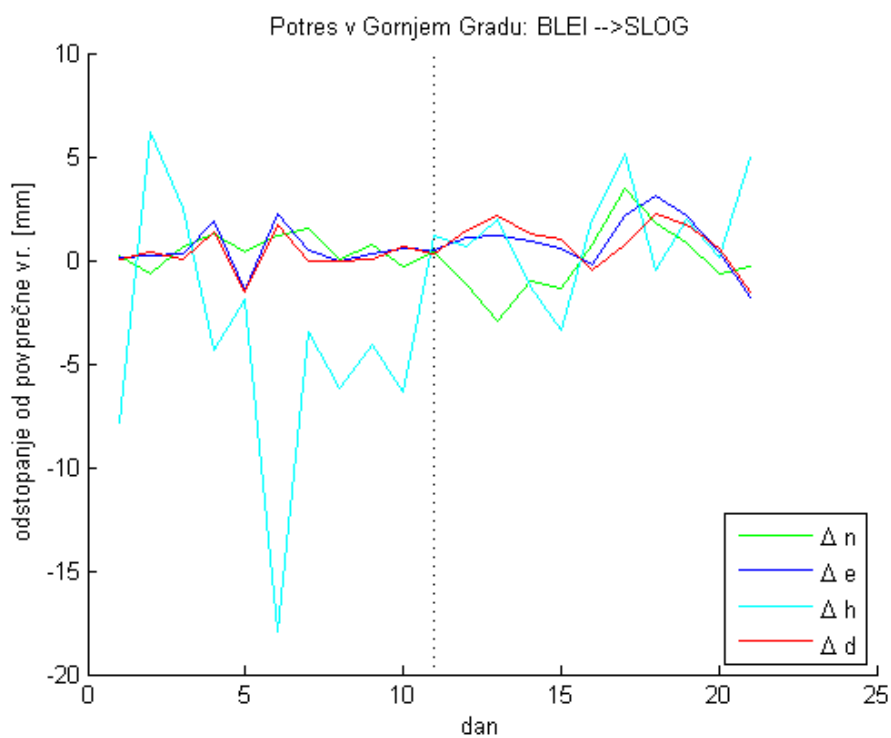
PRILOGA A1/3: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→GSR1 pri potresu v Gornjem Gradu



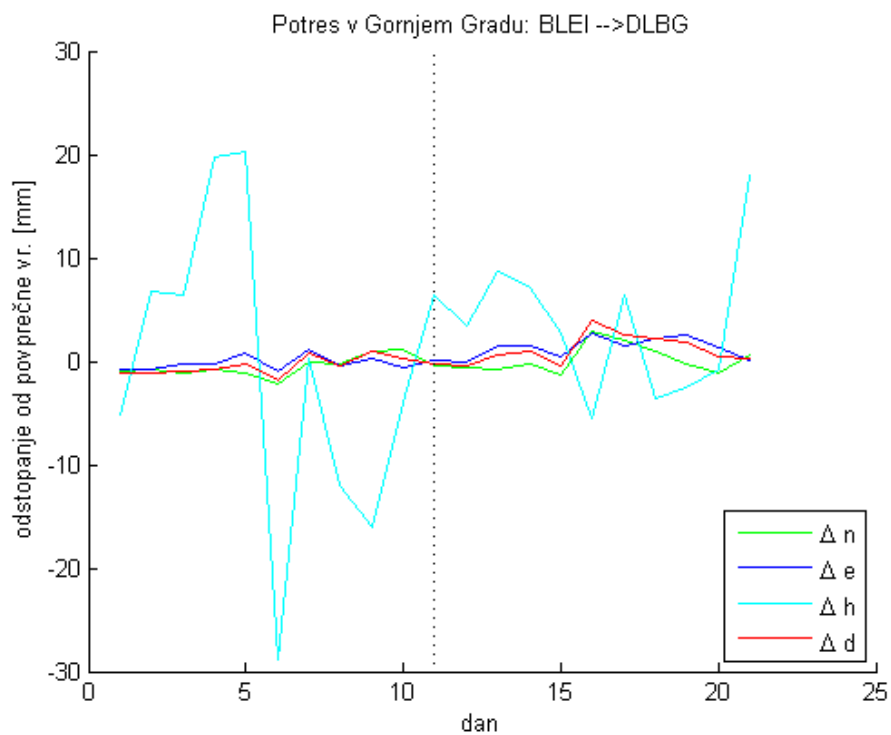
PRILOGA A1/4: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→CELJ pri potresu v Gornjem Gradu



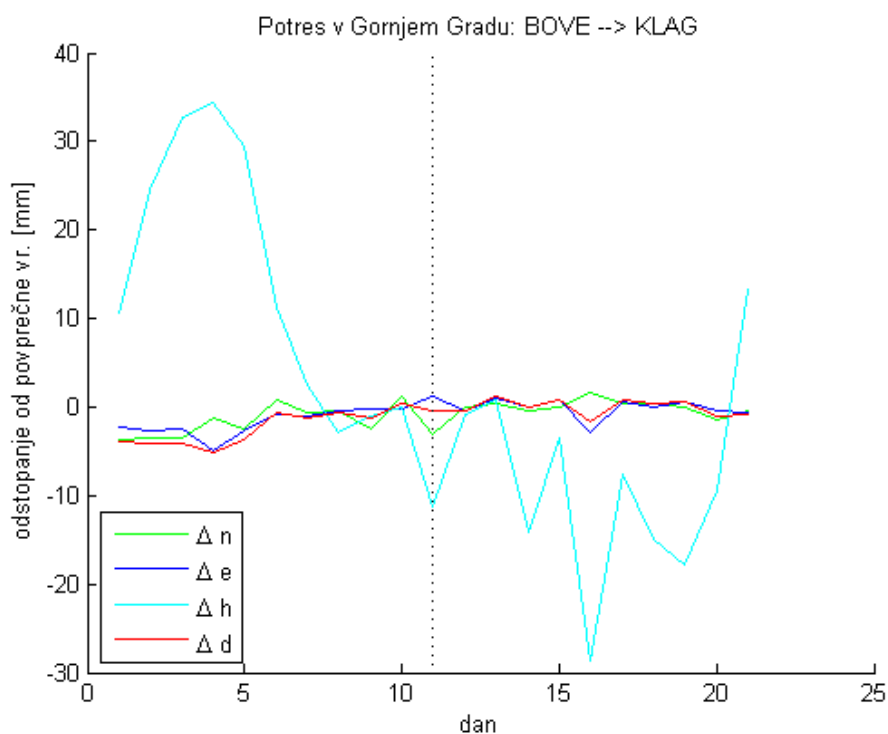
PRILOGA A1/5: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→SLOG pri potresu v Gornjem Gradu



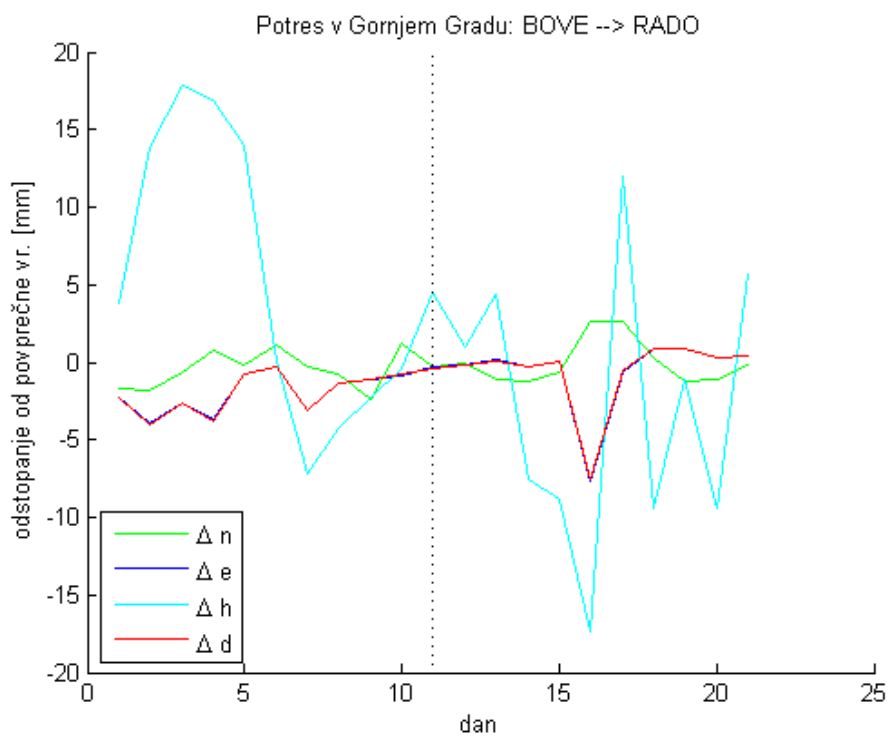
PRILOGA A1/6: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→DLBG pri potresu v Gornjem Gradu



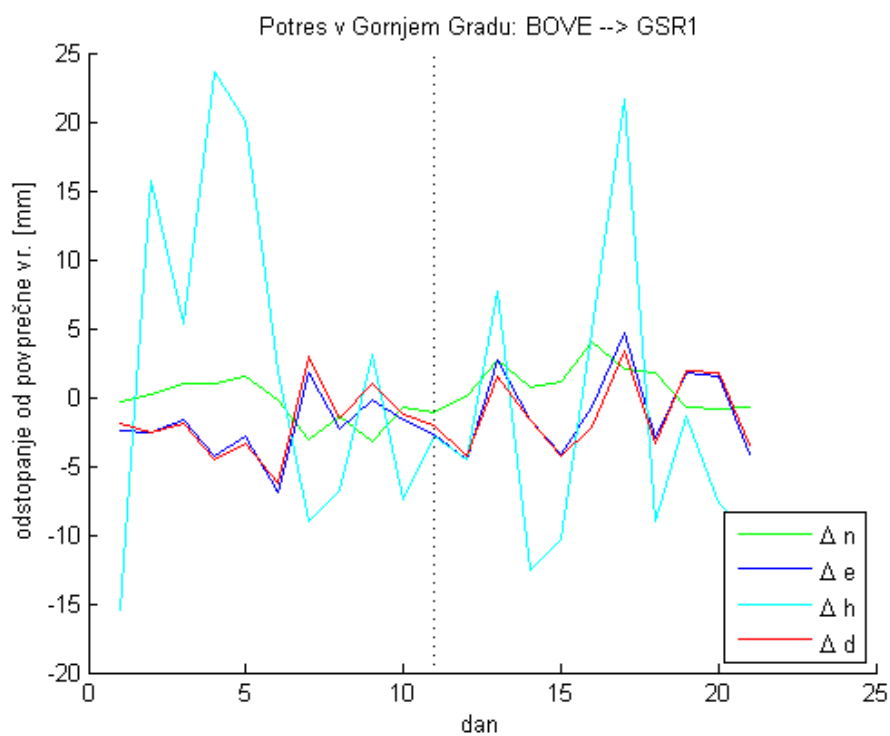
PRILOGA A2/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BOVE→KLAG pri potresu v Gornjem Gradu



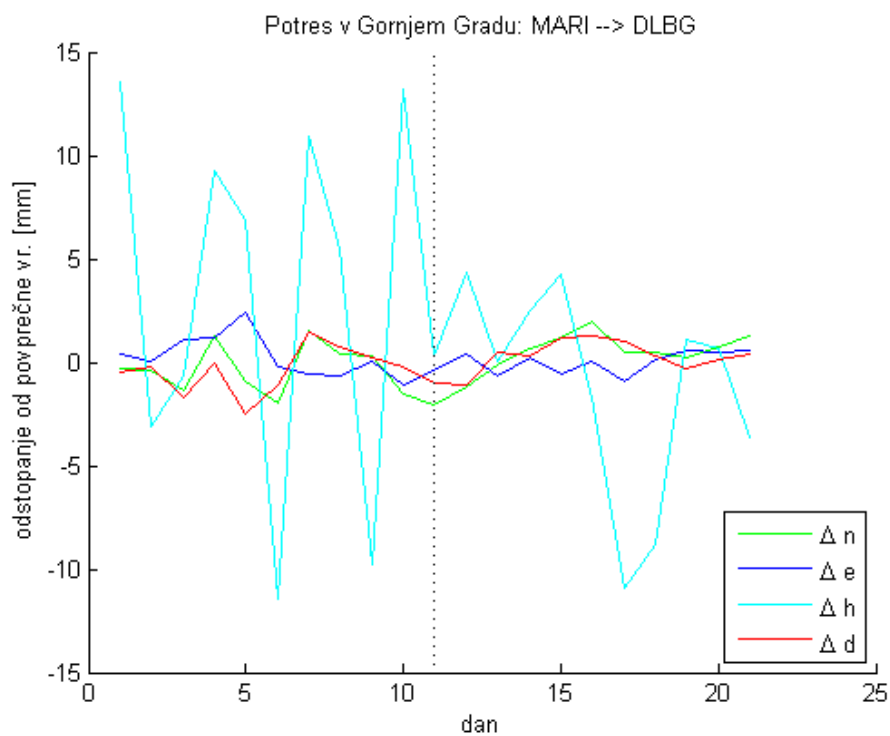
PRILOGA A2/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BOVE→RADO pri potresu v Gornjem Gradu



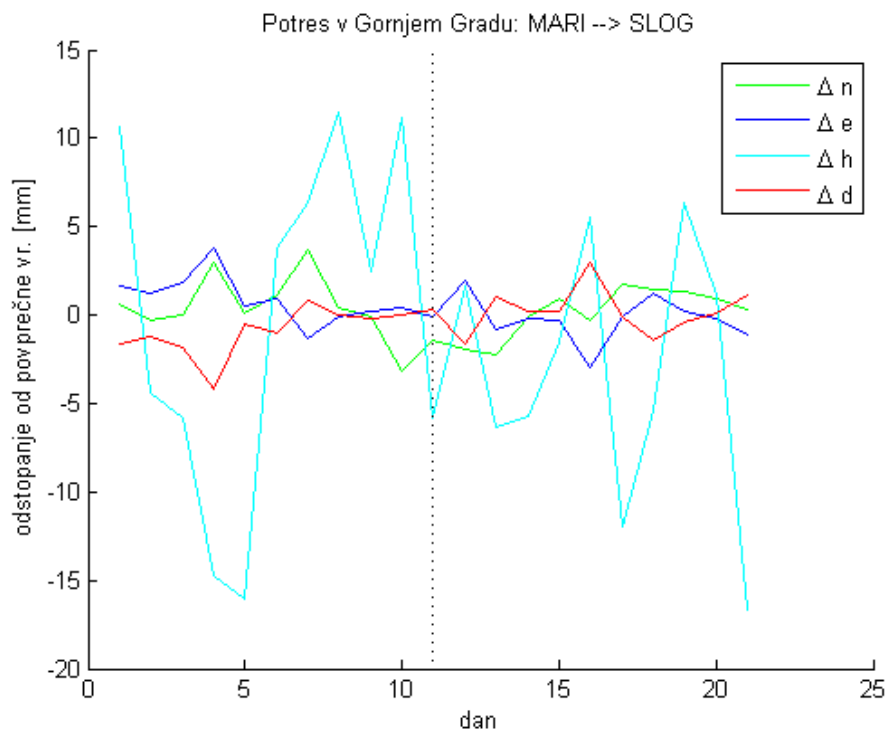
PRILOGA A2/3: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BOVE→GSR1 pri potresu v Gornjem Gradu



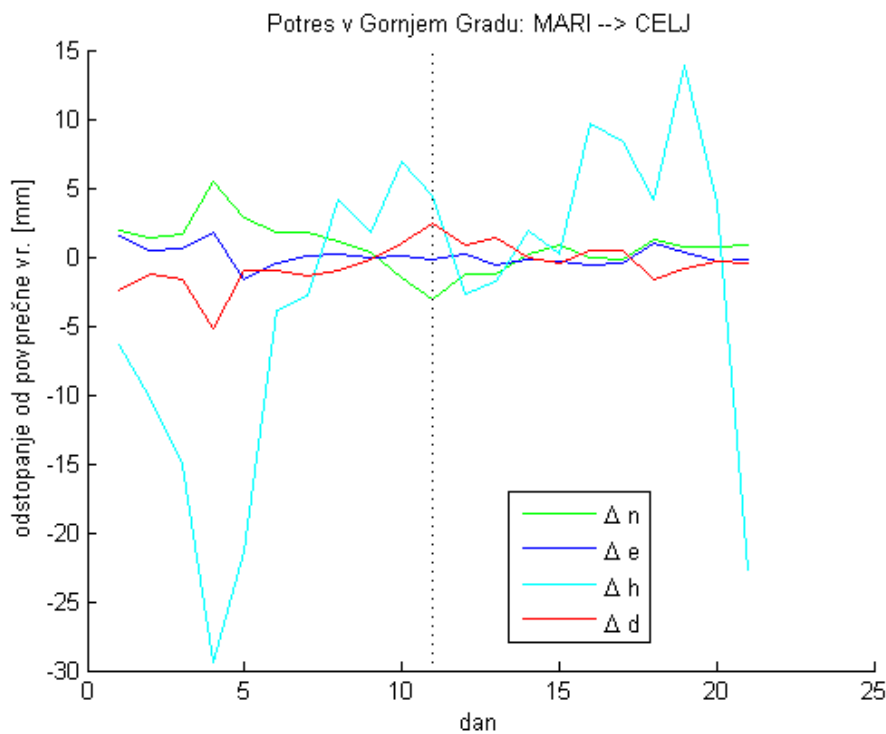
PRILOGA A3/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→DLBG pri potresu v Gornjem Gradu



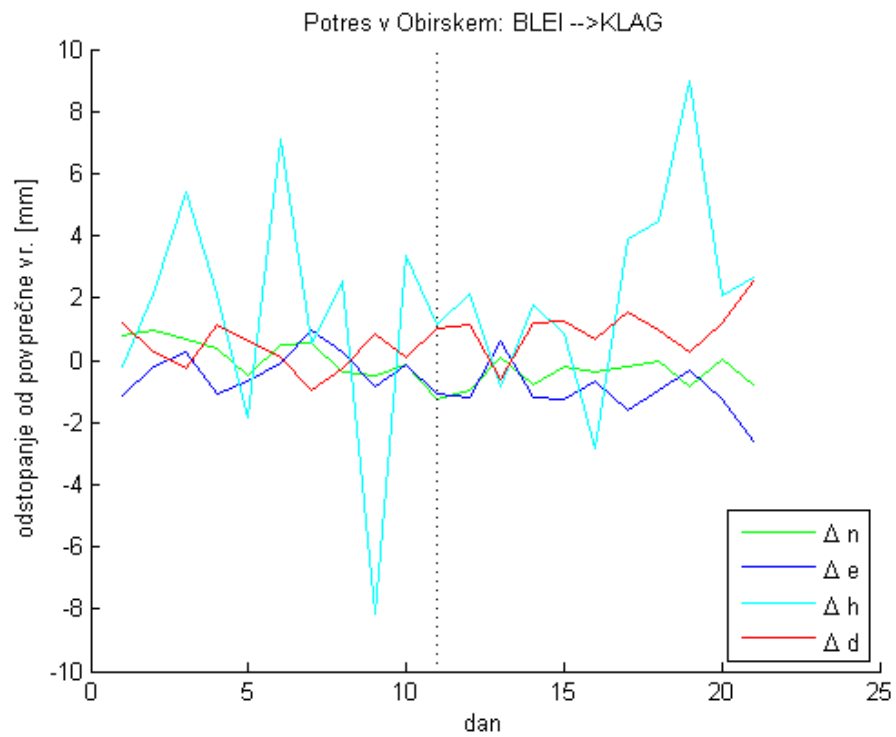
PRILOGA A3/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→SLOG pri potresu v Gornjem Gradu



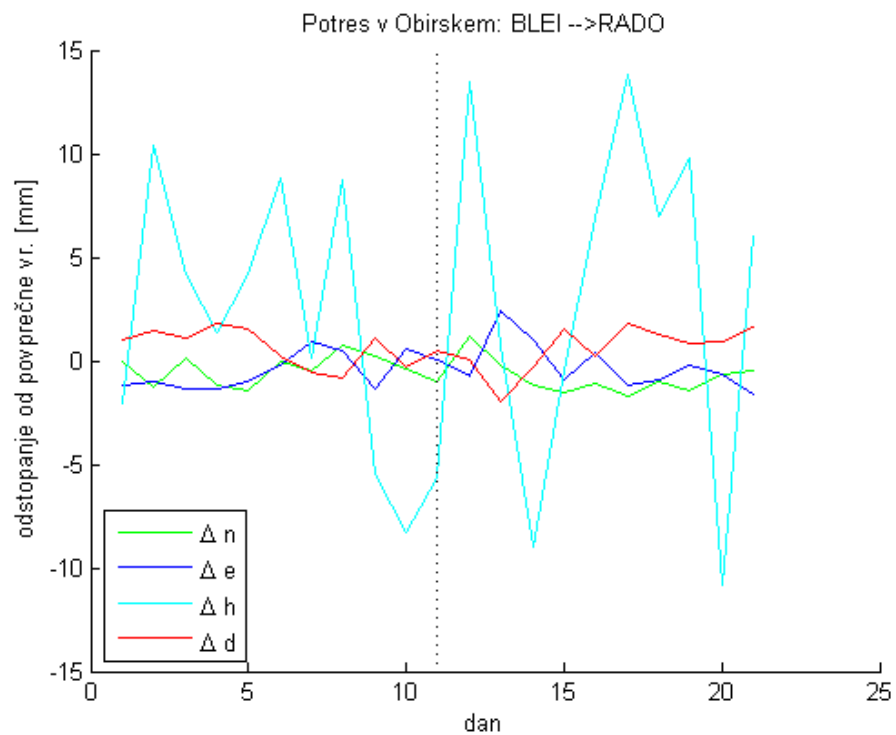
PRILOGA A3/3: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→CELJ pri potresu v Gornjem Gradu



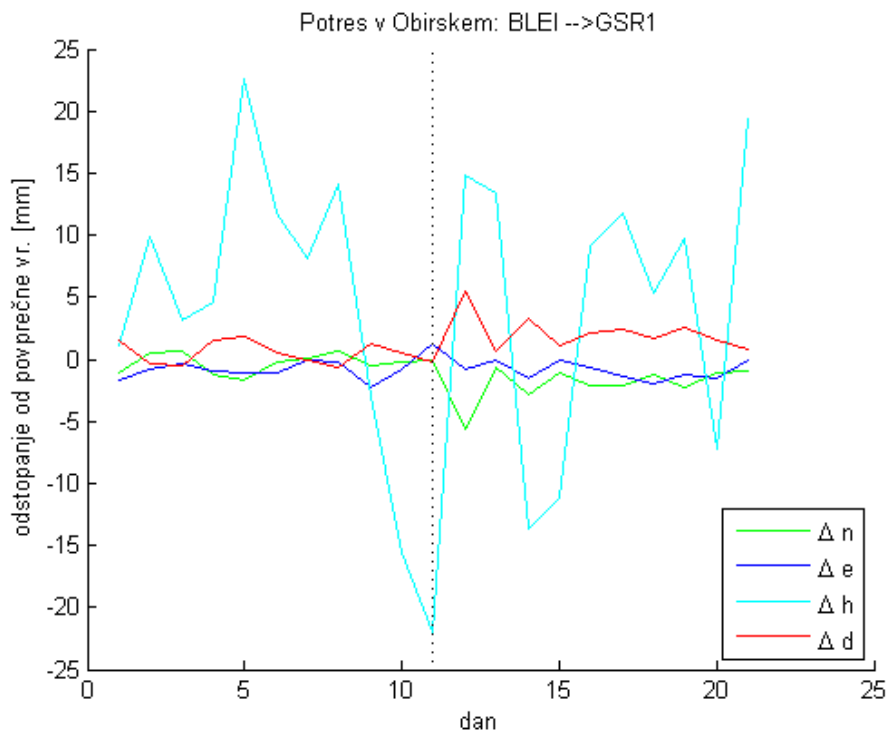
PRILOGA A4/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→KLAG pri potresu v Obirskem



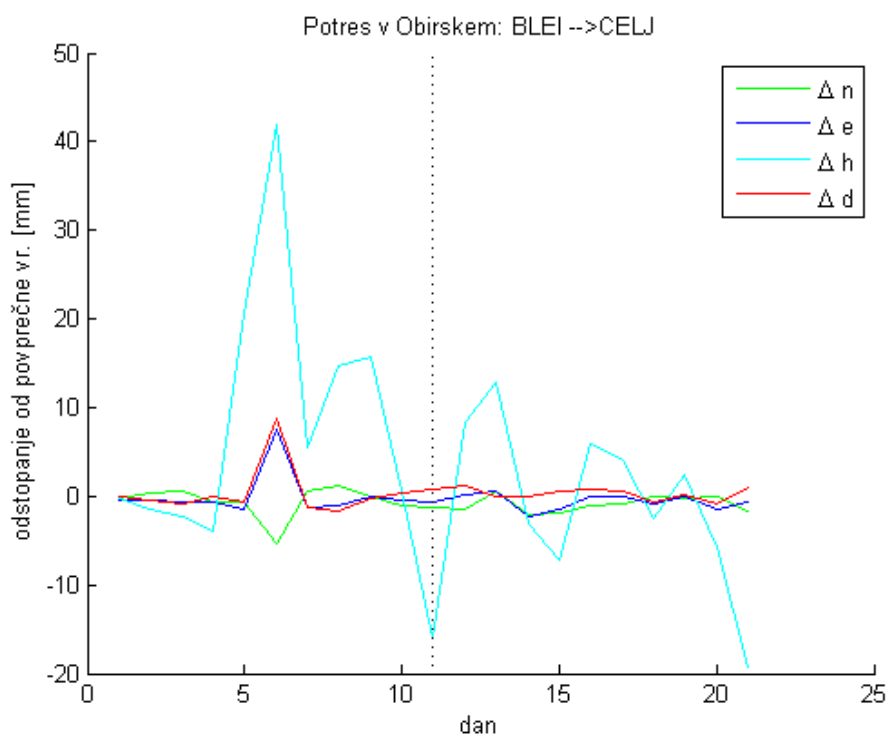
PRILOGA A4/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→RADO pri potresu v Obirskem



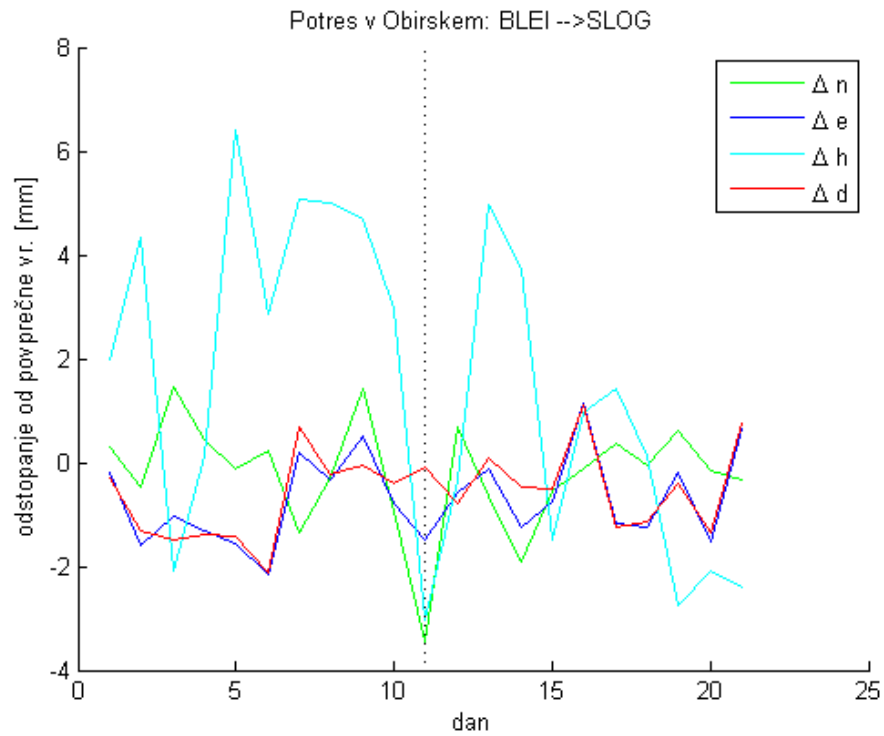
PRILOGA A4/3: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→GSR1 pri potresu v Obirskem



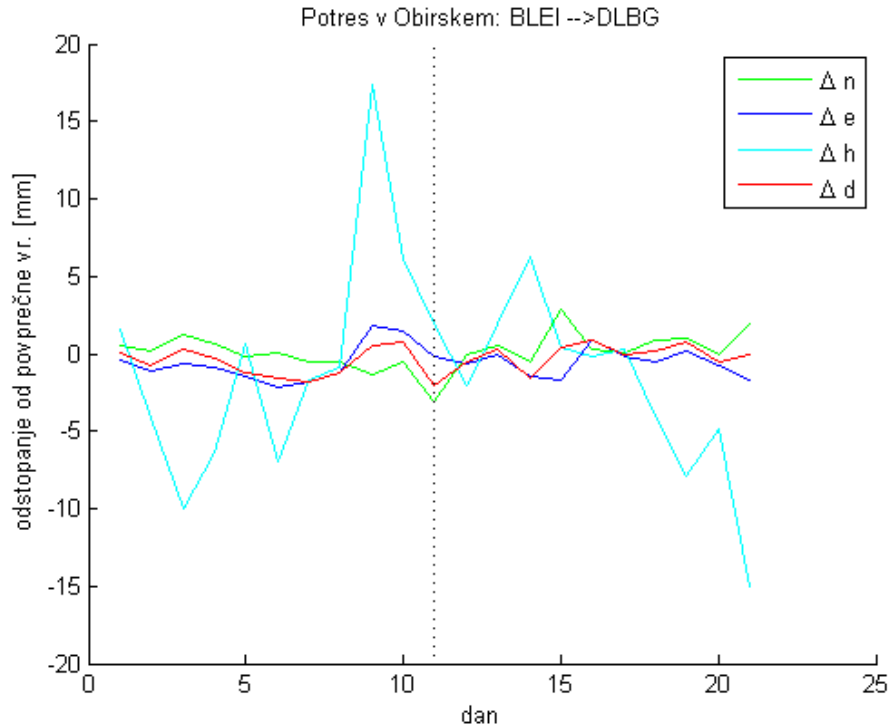
PRILOGA A4/4: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→CELJ pri potresu v Obirskem



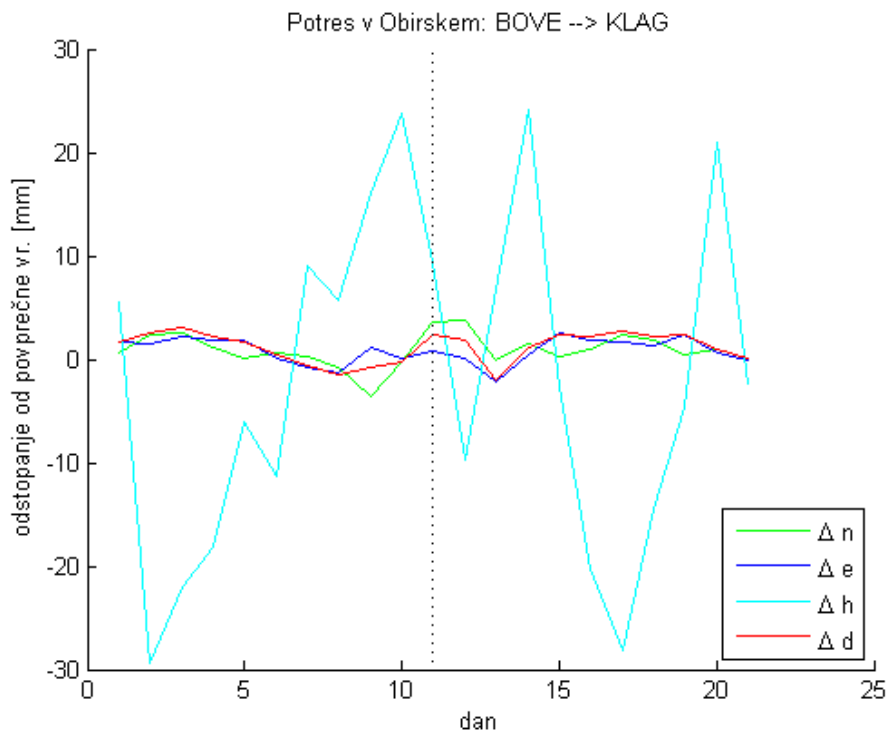
PRILOGA A4/5: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→SLOG pri potresu v Obirskem



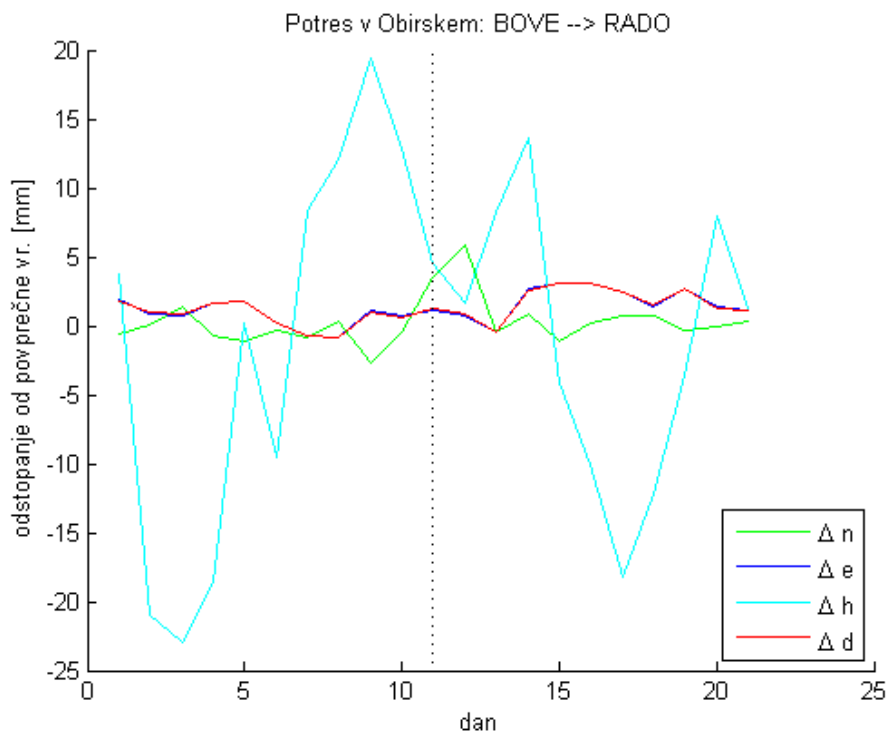
PRILOGA A4/6: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→DLBG pri potresu v Obirskem



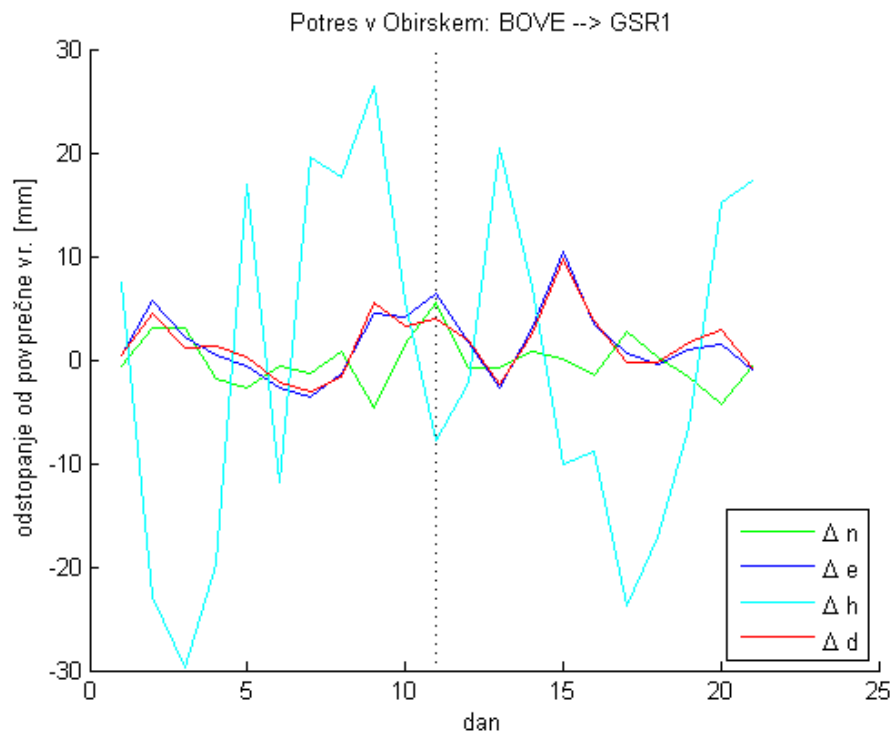
PRILOGA A7/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BOVE→KLAG pri potresu v Obirskem



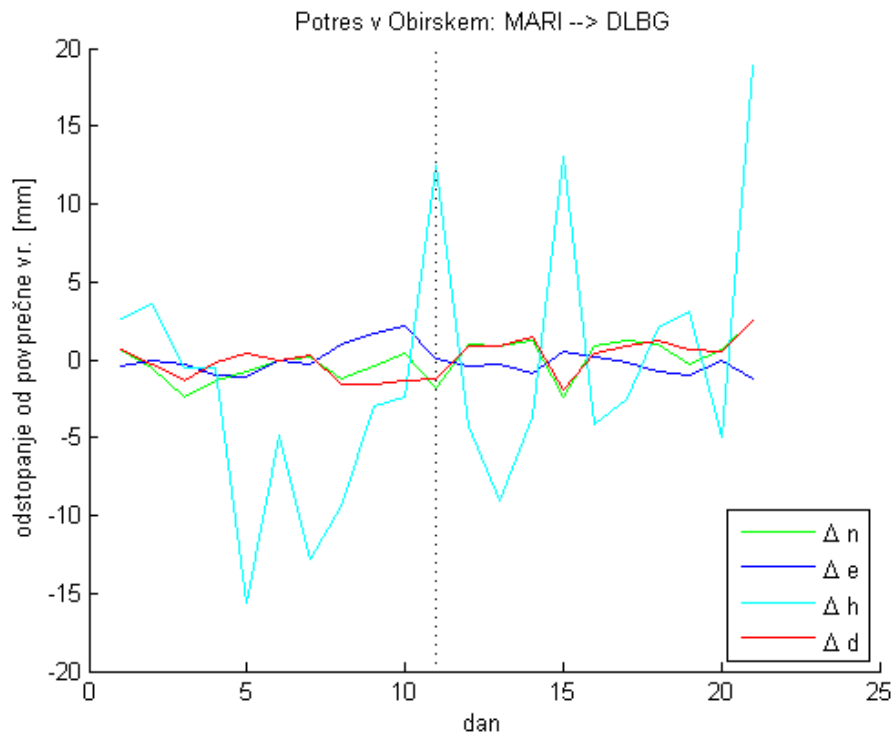
PRILOGA A7/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BOVE→RADO pri potresu v Obirskem



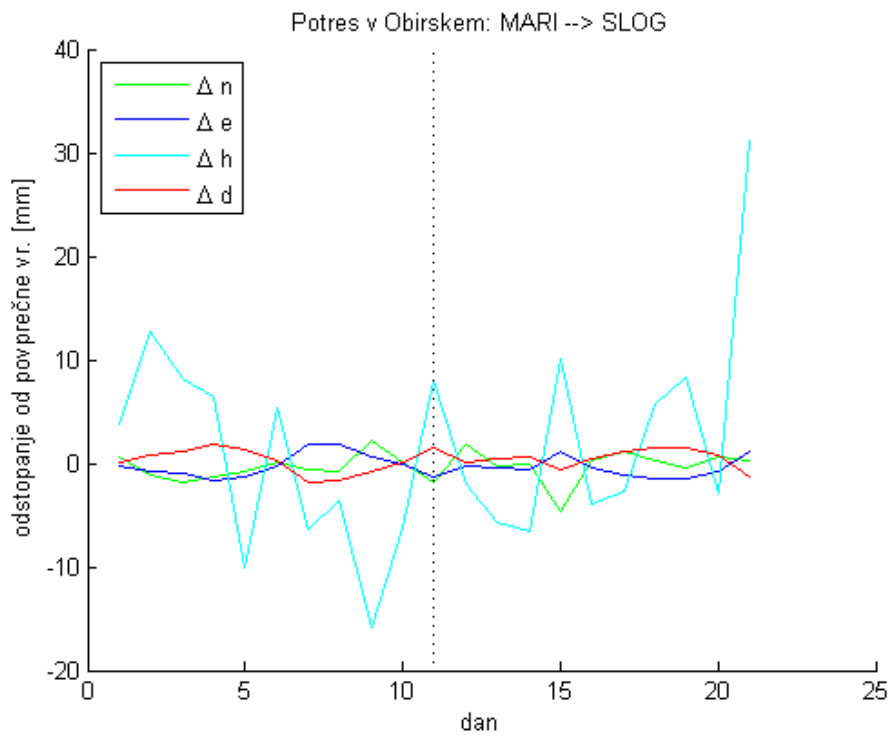
PRILOGA A7/3: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BOVE→GSR1 pri potresu v Obirskem



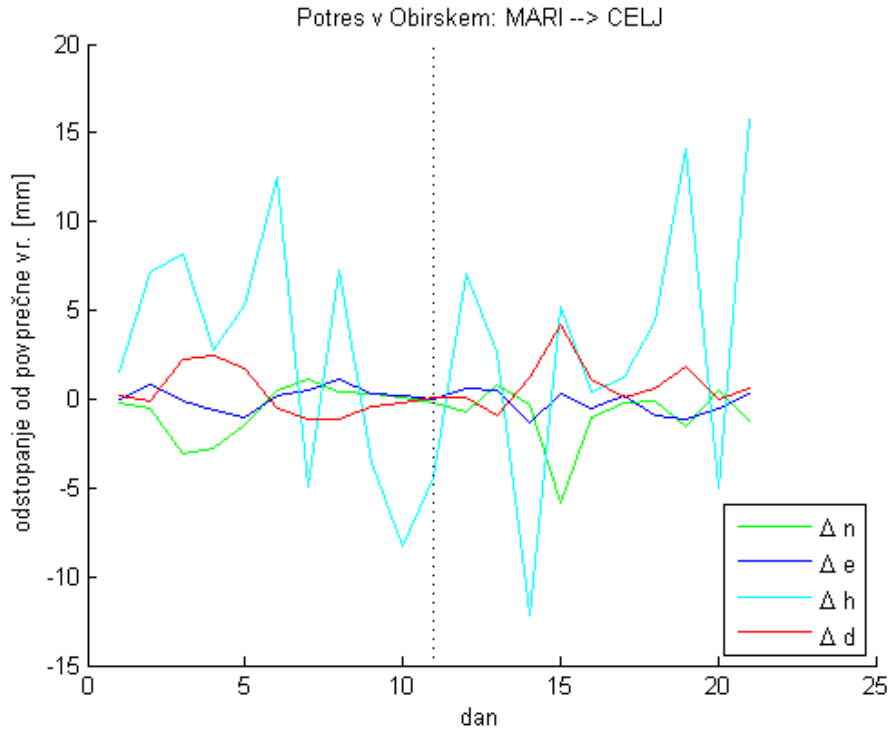
PRILOGA A8/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→DLBG pri potresu v Obirskem



PRILOGA A8/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→SLOG pri potresu v Obirskem



PRILOGA A8/3: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→CELJ pri potresu v Obirskem



PRILOGA B: GRAFI ODPSTOPANJ KOMPONENT IN DOLŽINE VEKTORJEV KINEMATIČNE METODE IZMERE

PRILOGA B1/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→KLAG pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi

PRILOGA B1/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→RADO pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi

PRILOGA B1/3: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→GSR1 pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi

PRILOGA B1/4: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→CELJ pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi

PRILOGA B1/5: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→SLOG pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi

PRILOGA B1/6: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→DLBG pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi

PRILOGA B2/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BOVE→KLAG pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi

PRILOGA B2/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BOVE→RADO pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi

PRILOGA B3/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→DLBG pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi

PRILOGA B3/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→SLOG pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi

PRILOGA B3/3: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→CELJ pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi

PRILOGA B4/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→KLAG pri potresu v Obirskem po kinematični metodi

PRILOGA B4/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→RADO pri potresu v Obirskem po kinematični metodi

PRILOGA B4/3: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→GSR1 pri potresu v Obirskem po kinematični metodi

PRILOGA B4/4: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→CELJ pri potresu v Obirskem po kinematični metodi

PRILOGA B4/5: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→SLOG pri potresu v Obirskem po kinematični metodi

PRILOGA B4/6: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→DLBG pri potresu v Obirskem po kinematični metodi

PRILOGA B7/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BOVE→KLAG pri potresu v Obirskem po kinematični metodi

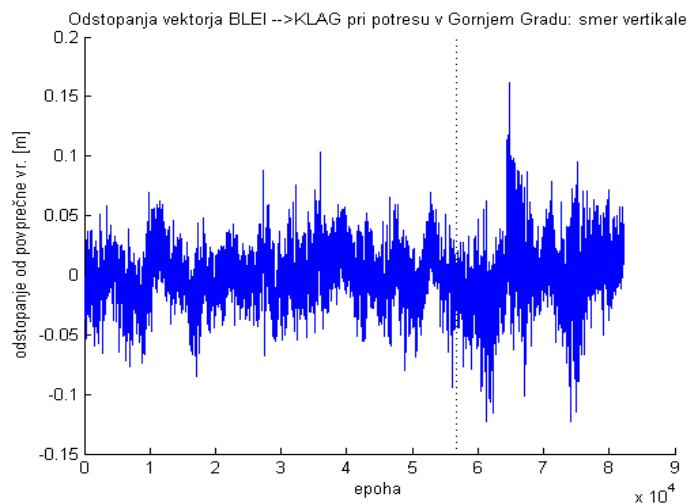
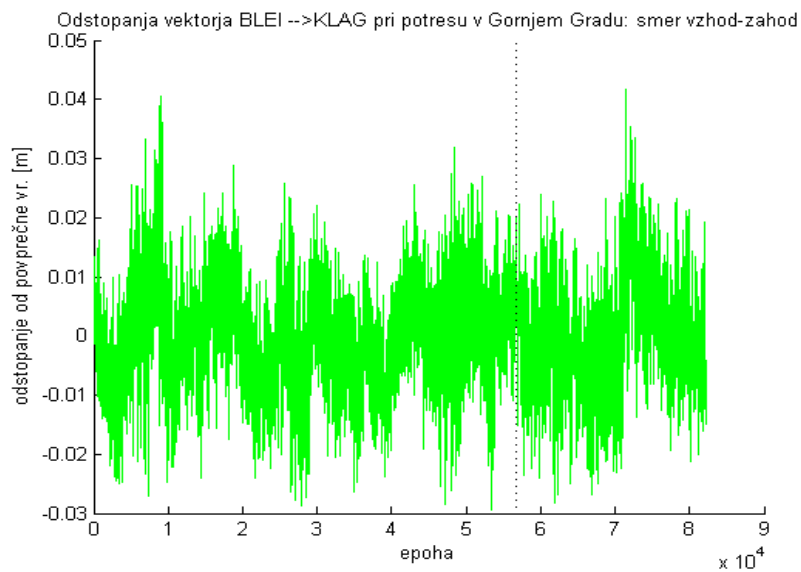
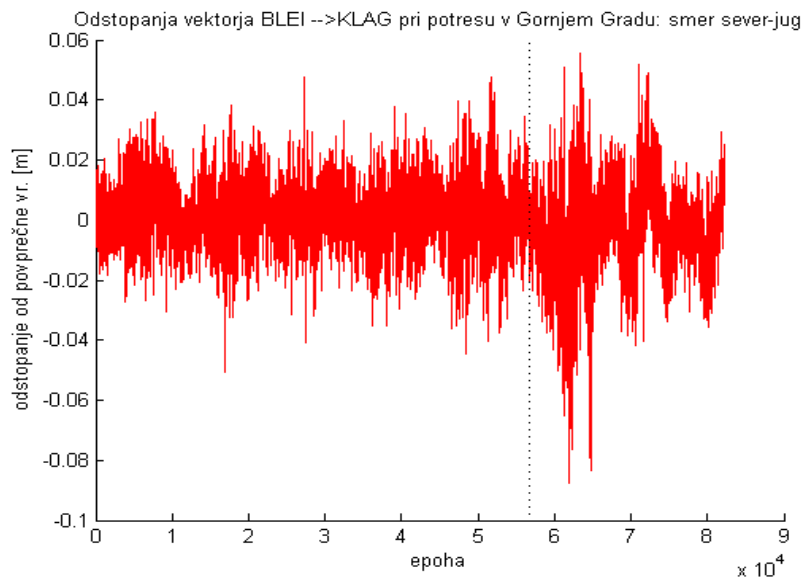
PRILOGA B7/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BOVE→RADO pri potresu v Obirskem po kinematični metodi

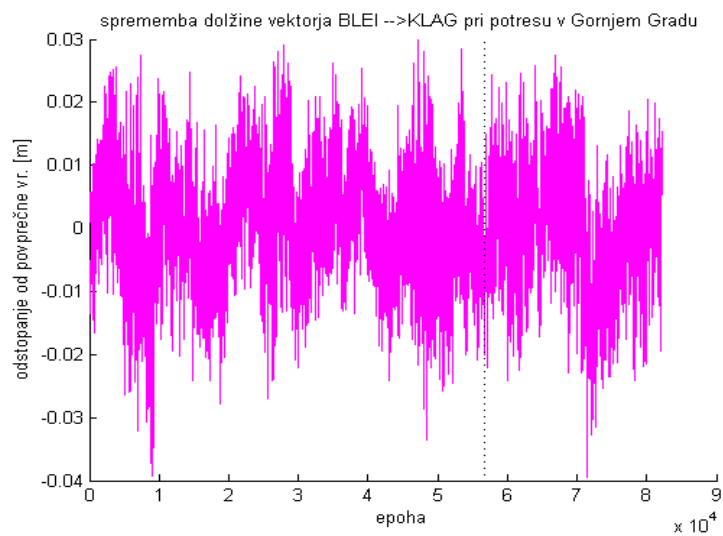
PRILOGA B8/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→DLBG pri potresu v Obirskem po kinematični metodi

PRILOGA B8/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→SLOG pri potresu v Obirskem po kinematični metodi

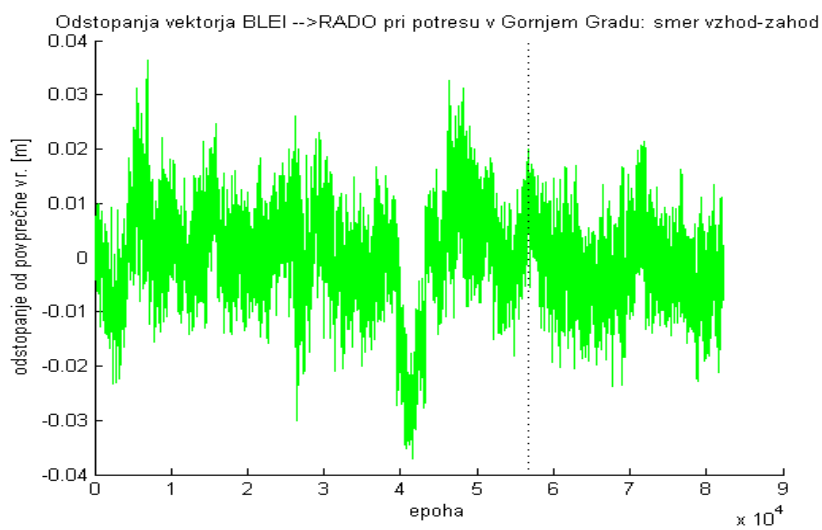
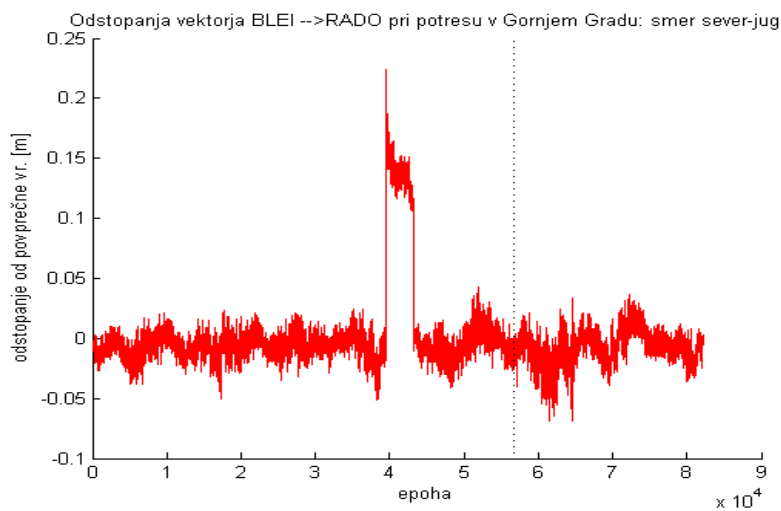
PRILOGA B8/3: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→CELJ pri potresu v Obirskem po kinematični metodi

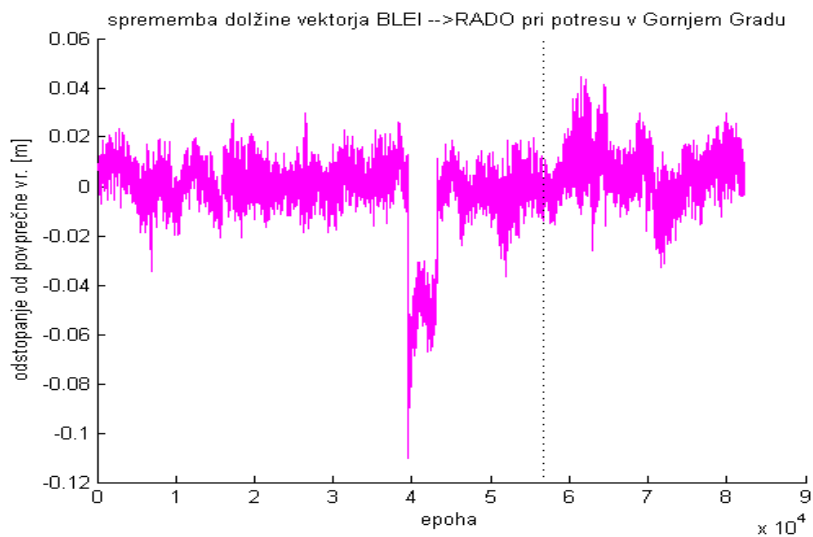
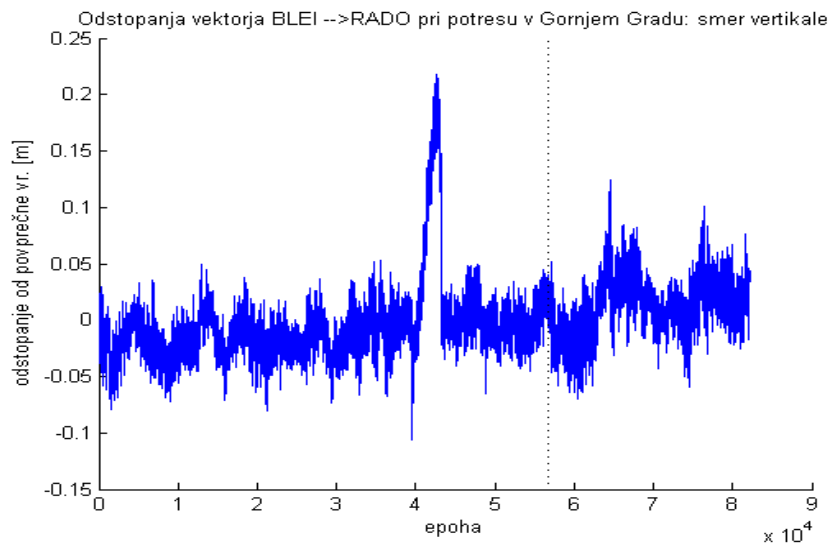
PRILOGA B1/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→KLAG pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi



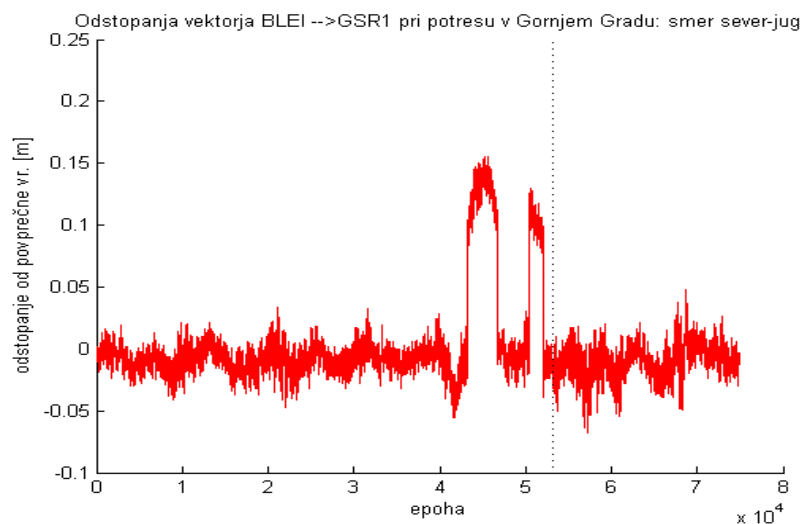


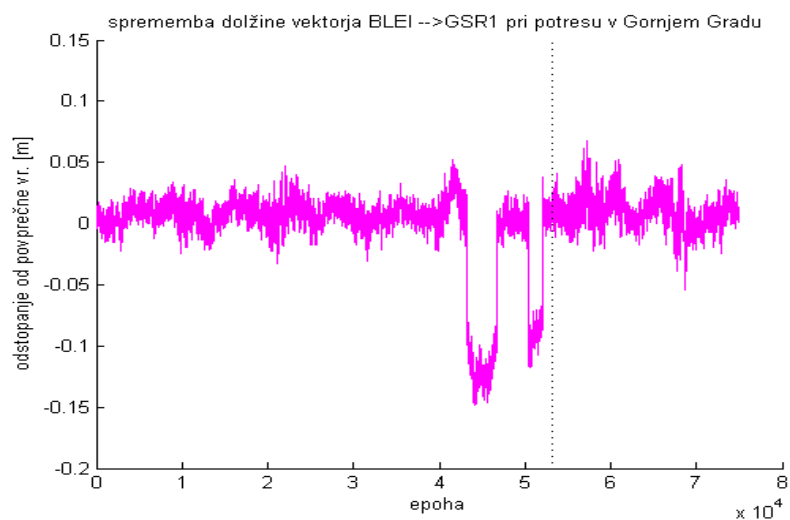
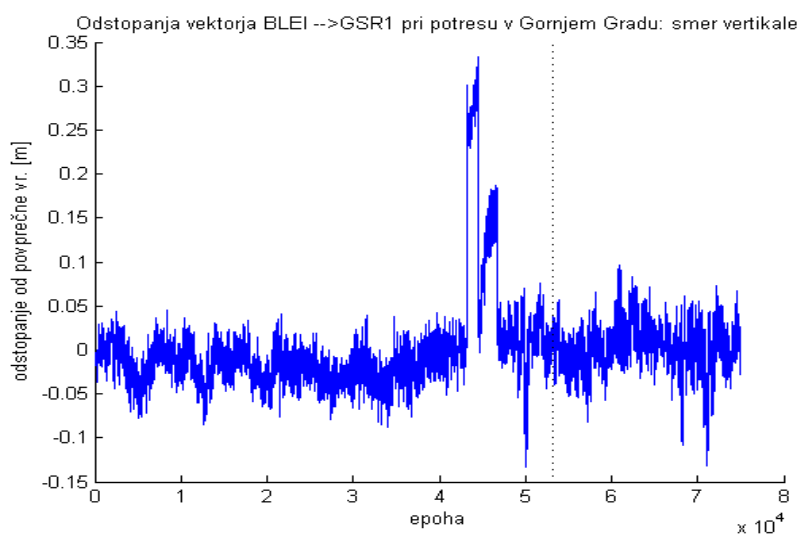
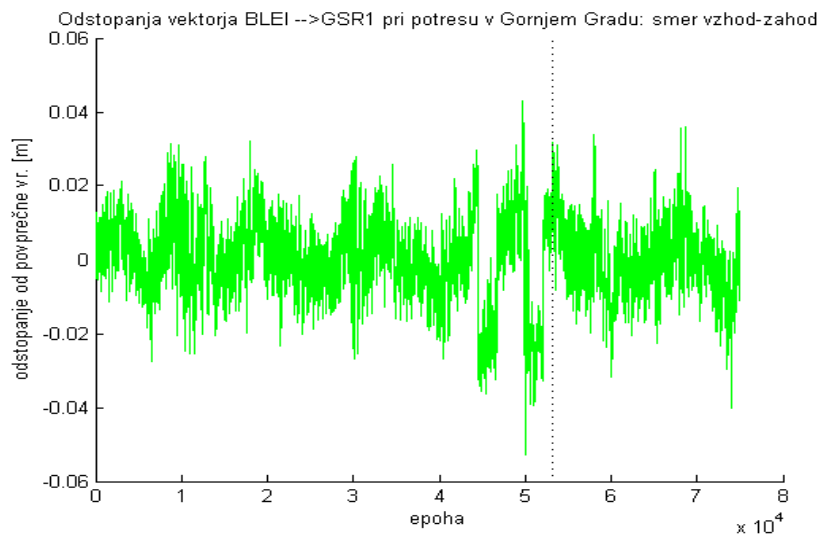
PRILOGA B1/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→RADO pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi



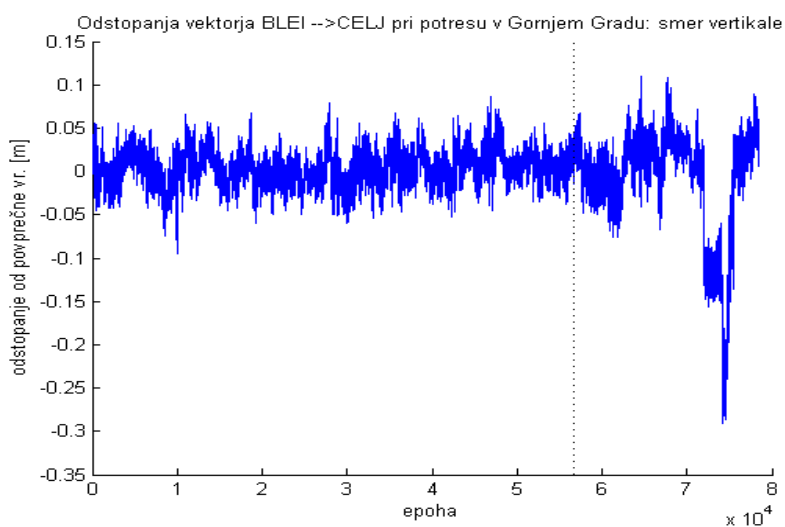
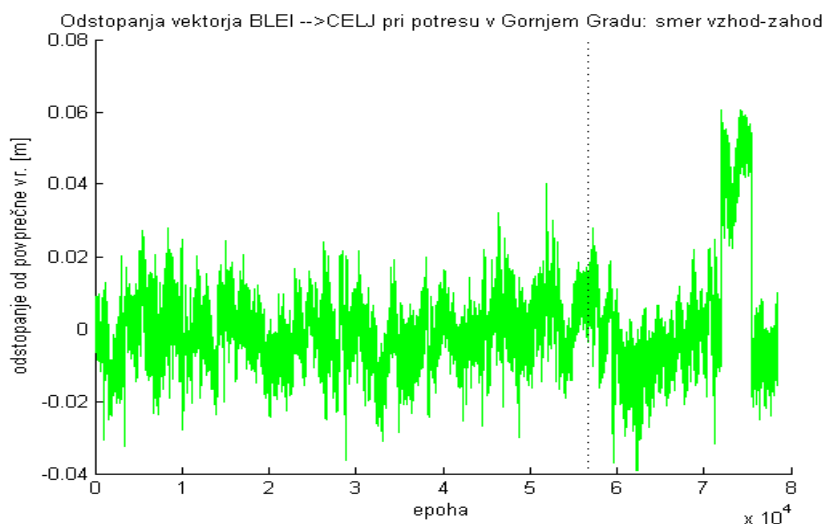
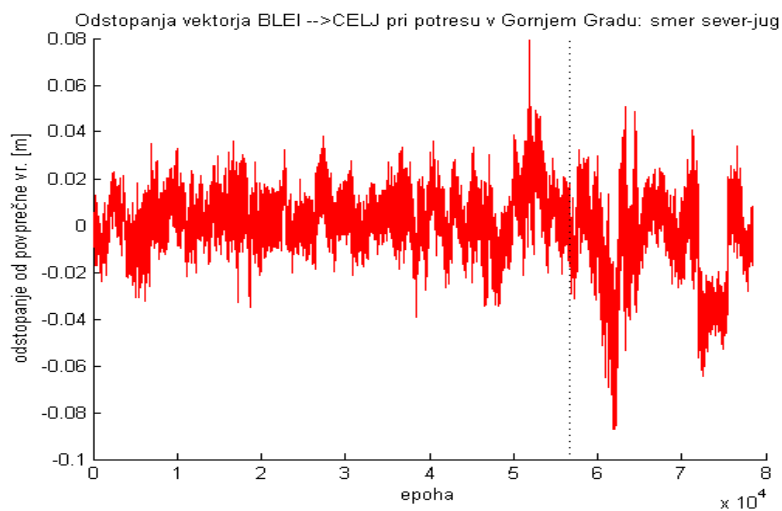


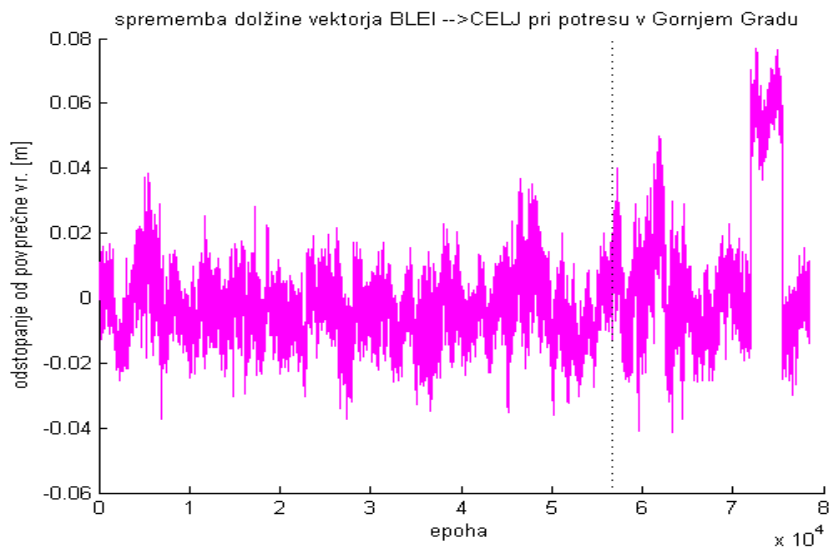
PRILOGA B1/3: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→GSR1 pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi



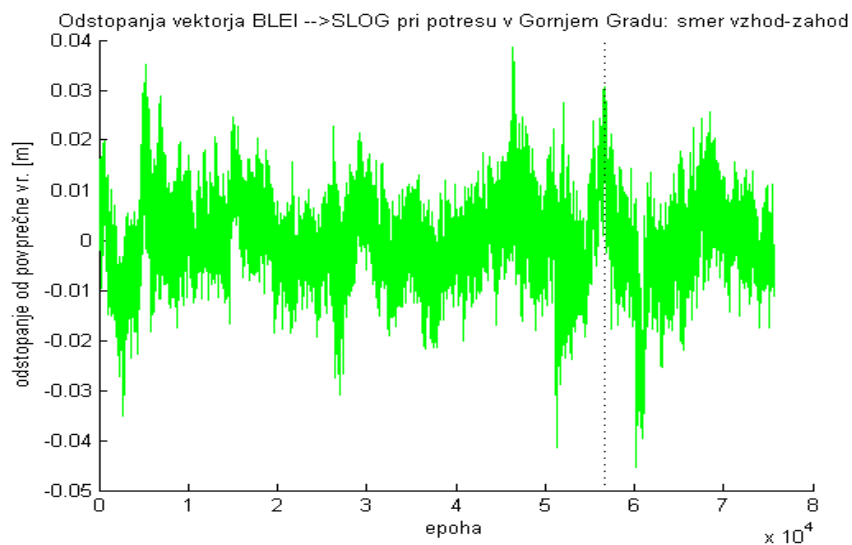
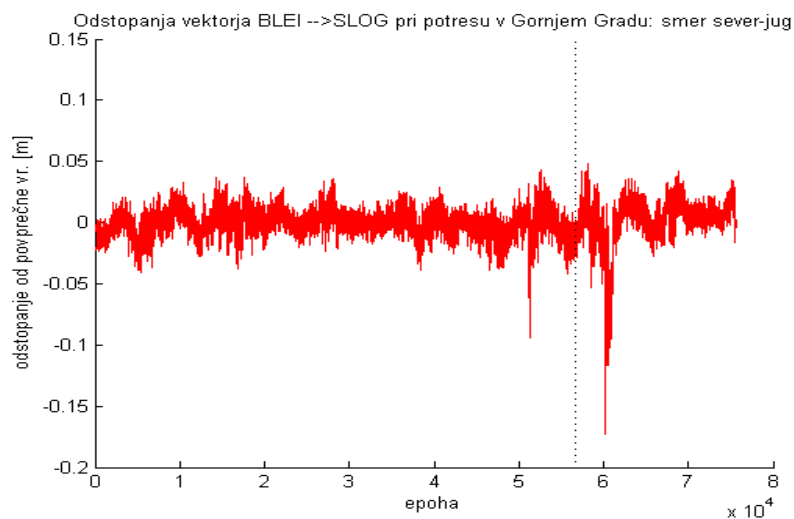


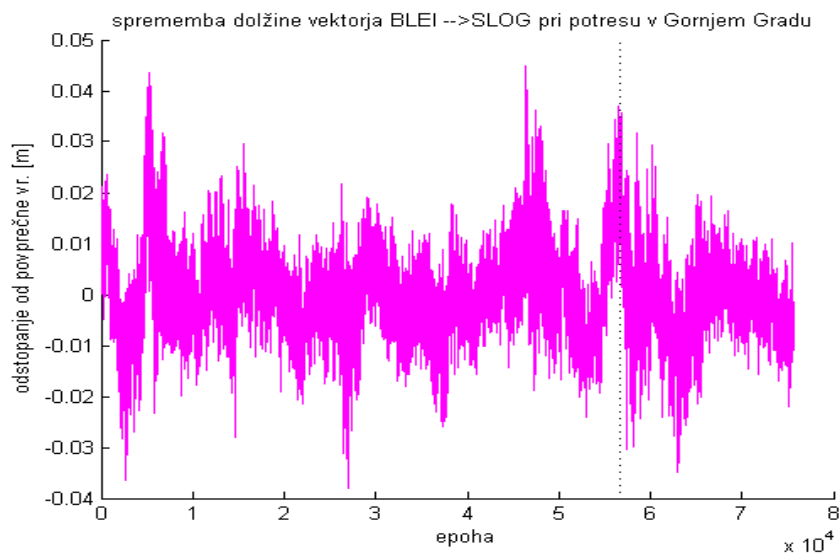
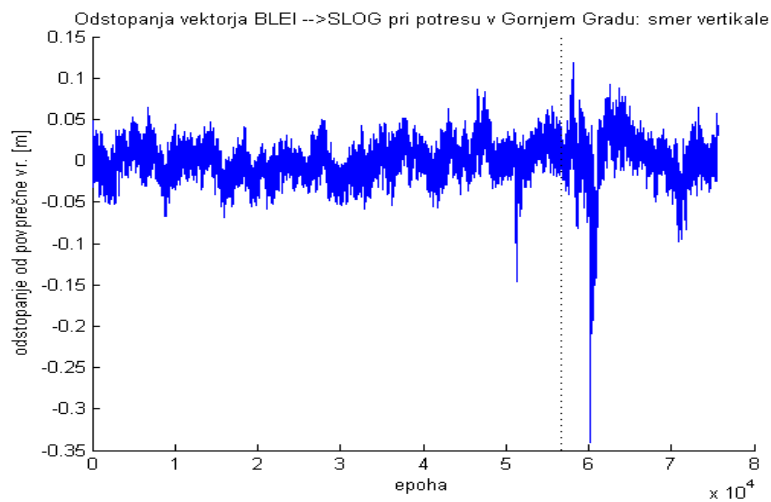
PRILOGA B1/4: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→CELJ pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi



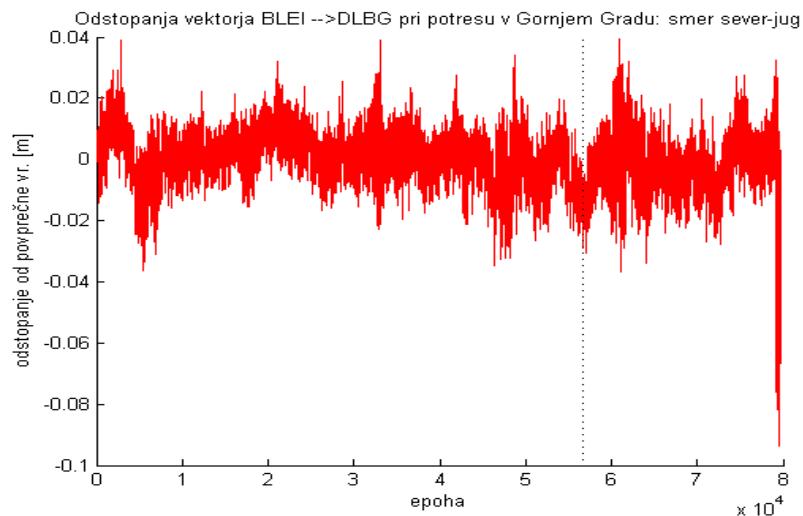


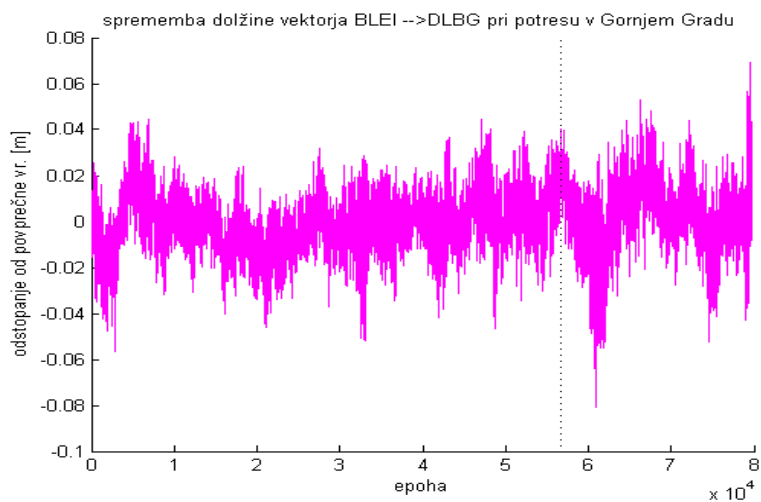
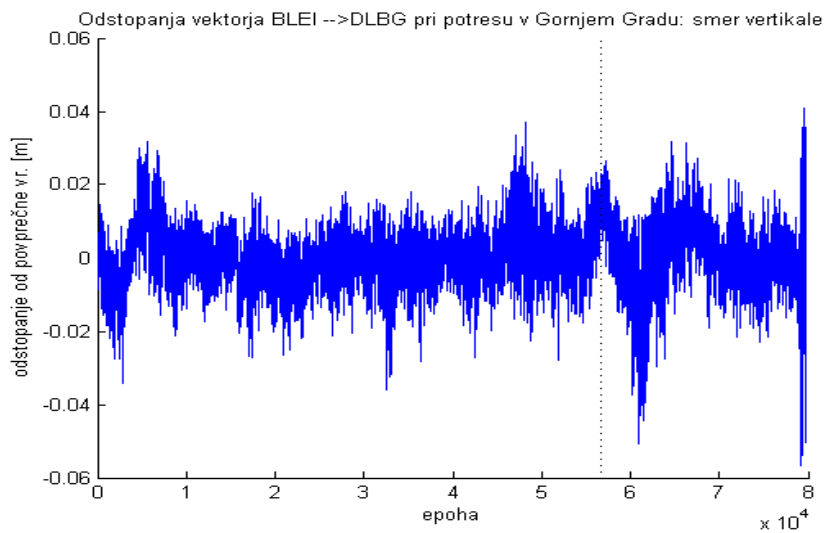
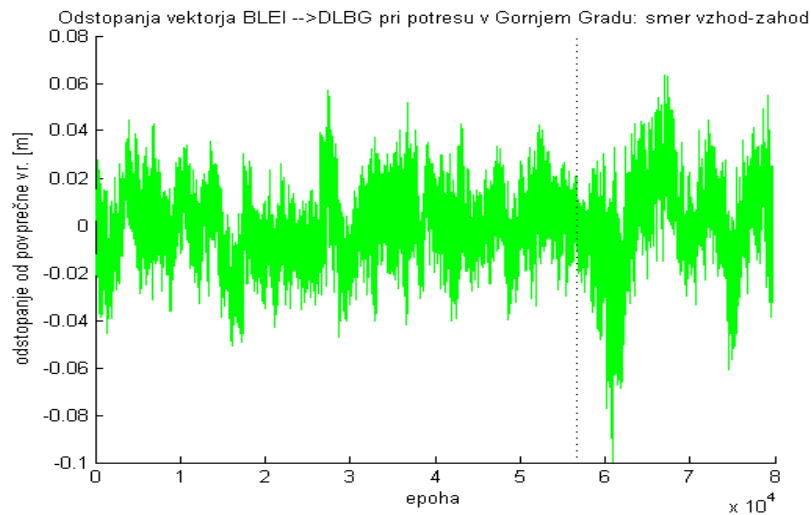
PRILOGA B1/5: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→SLOG pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi



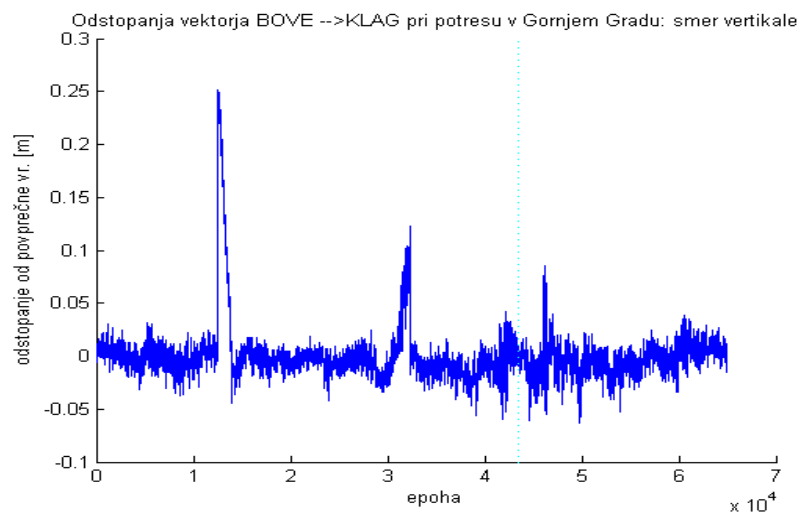
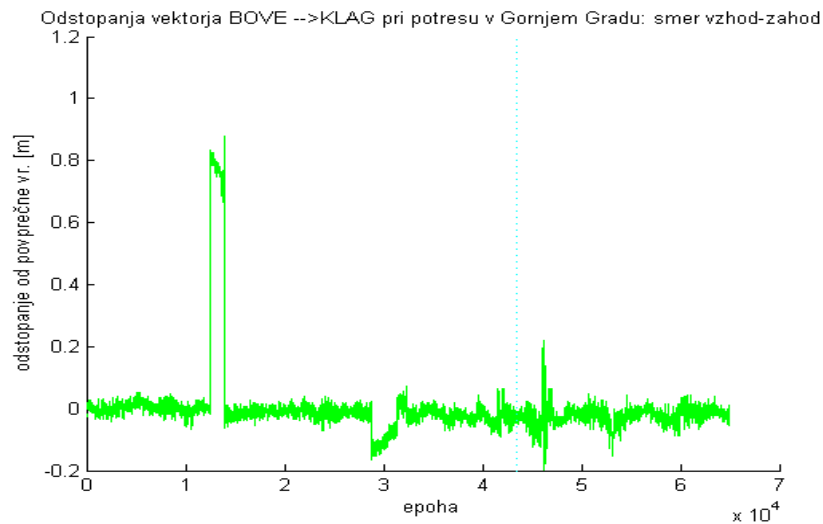
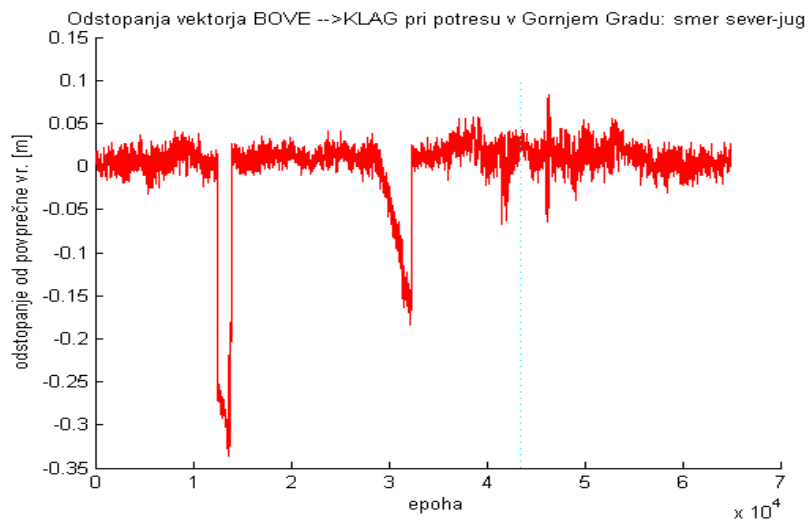


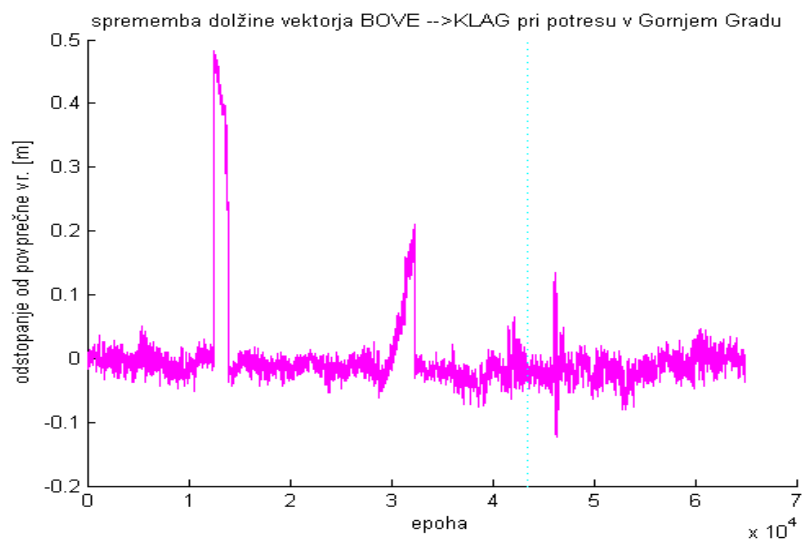
PRILOGA B1/6: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→DLBG pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi



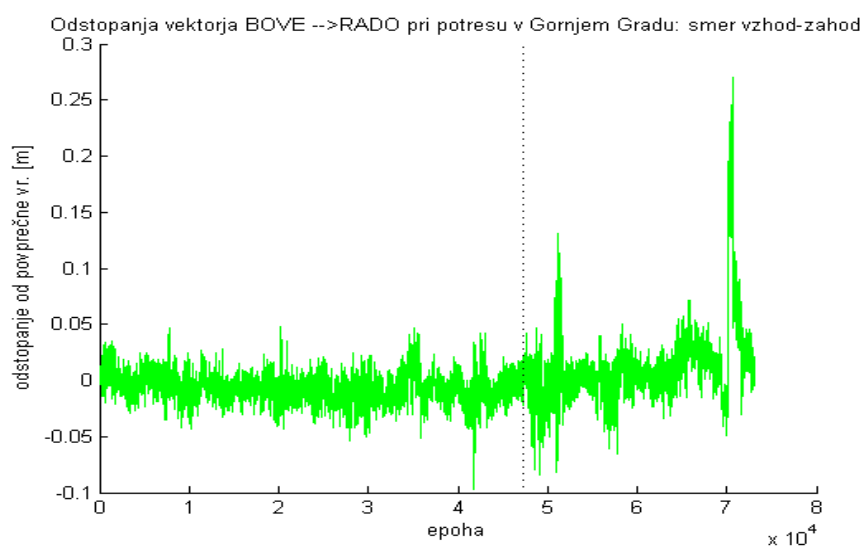
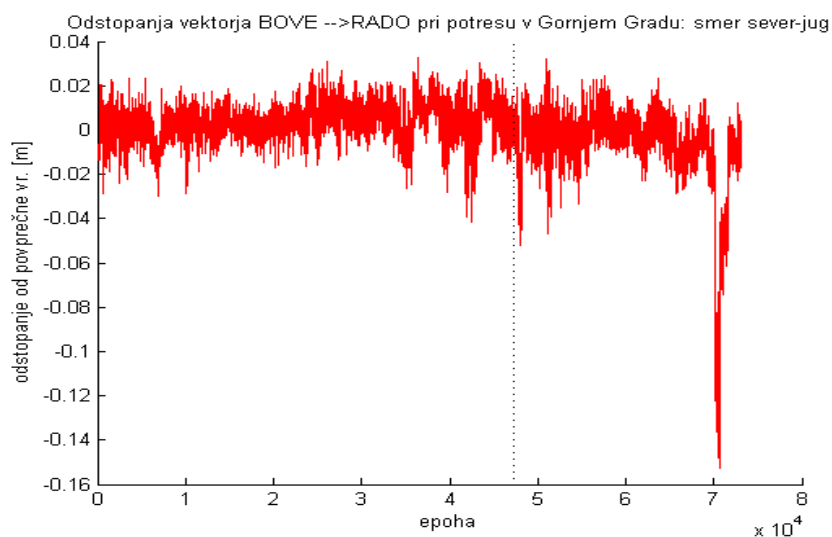


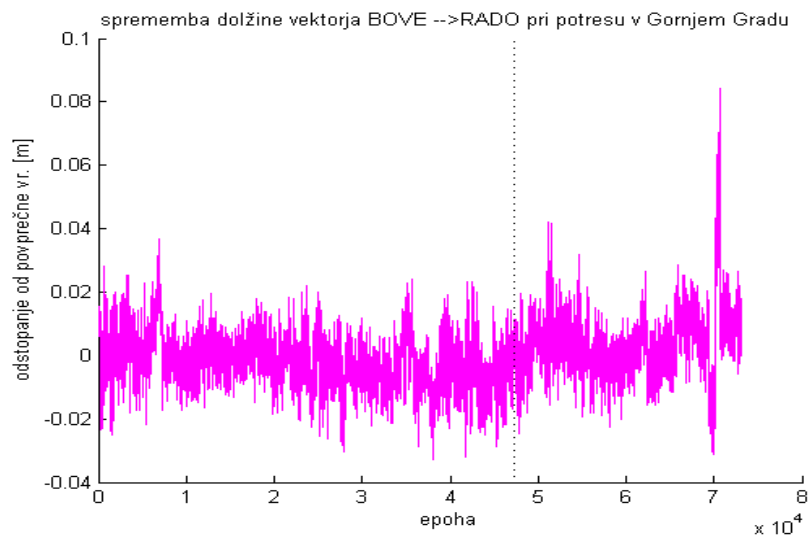
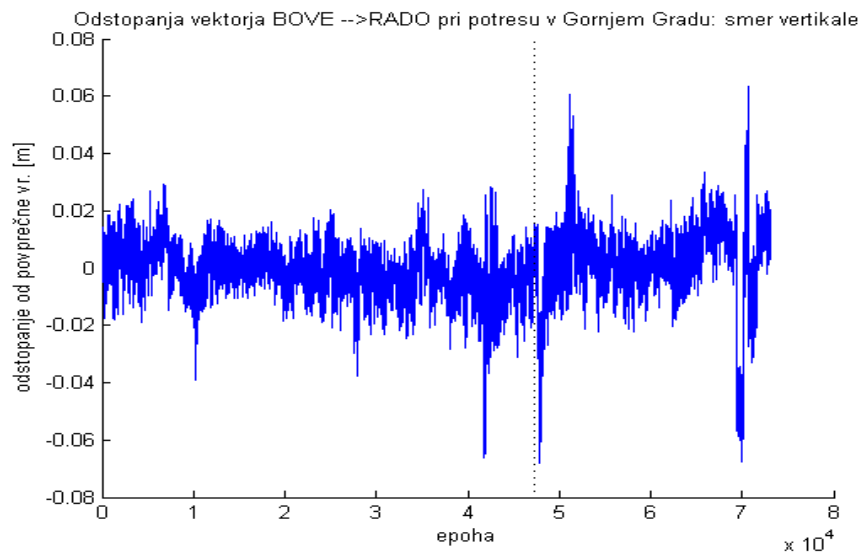
PRILOGA B2/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BOVE→KLAG pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi



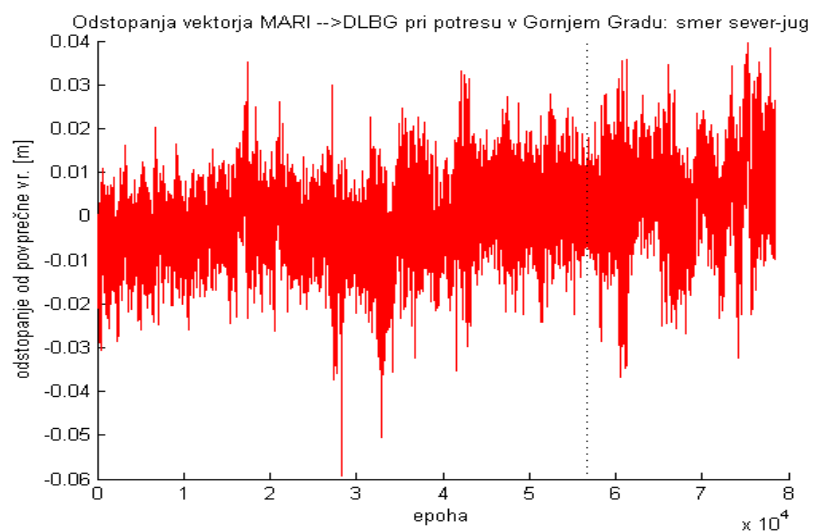


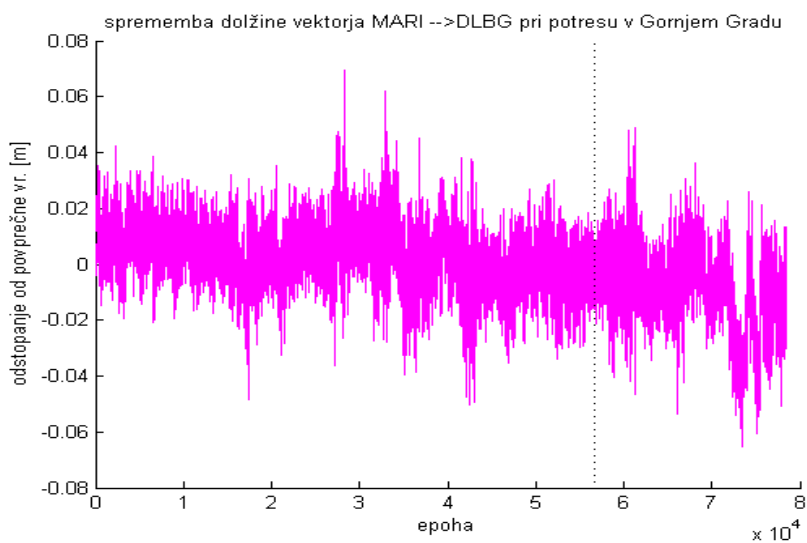
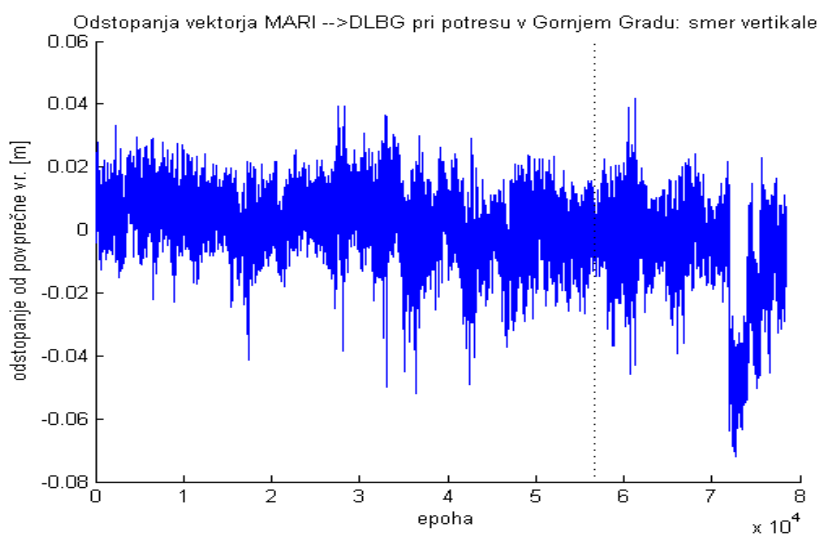
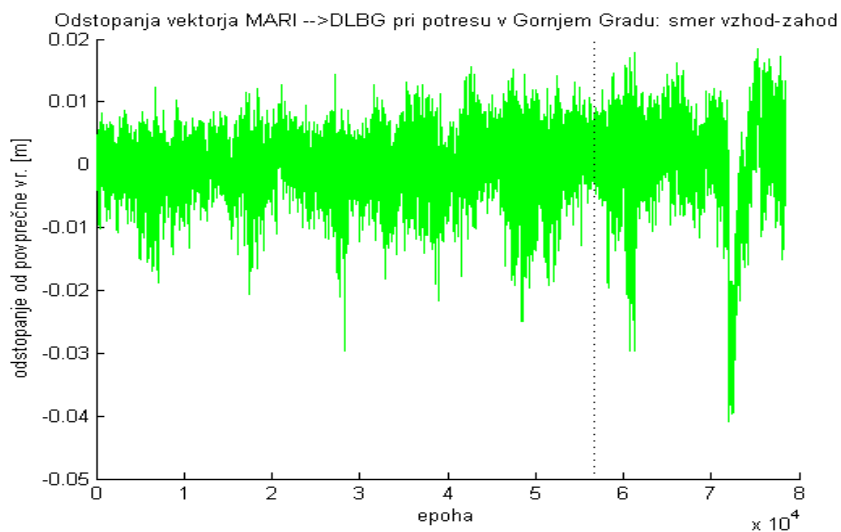
PRILOGA B2/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BOVE → RADO pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi



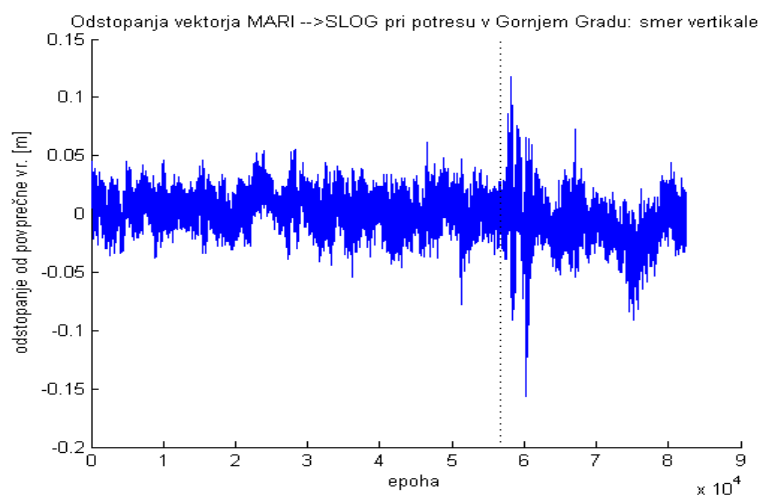
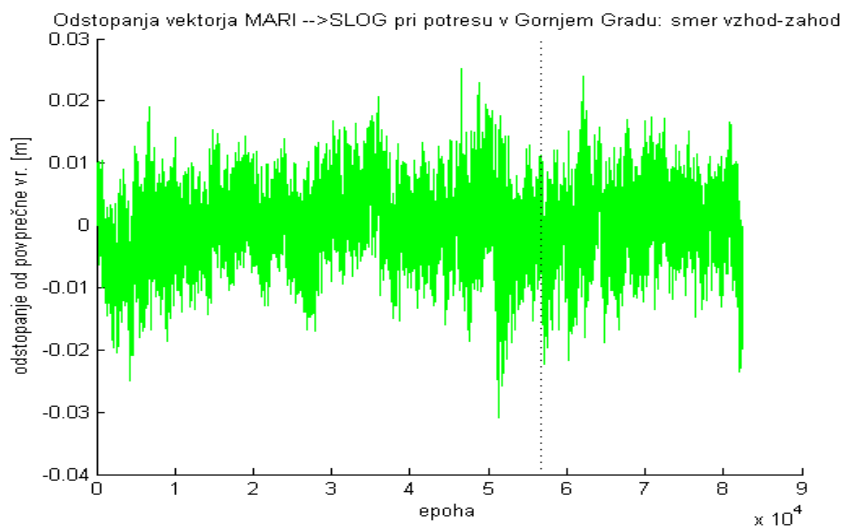
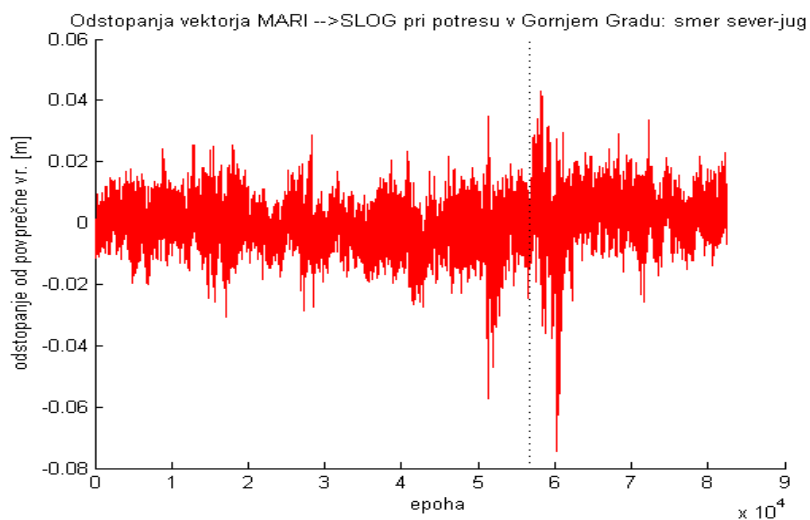


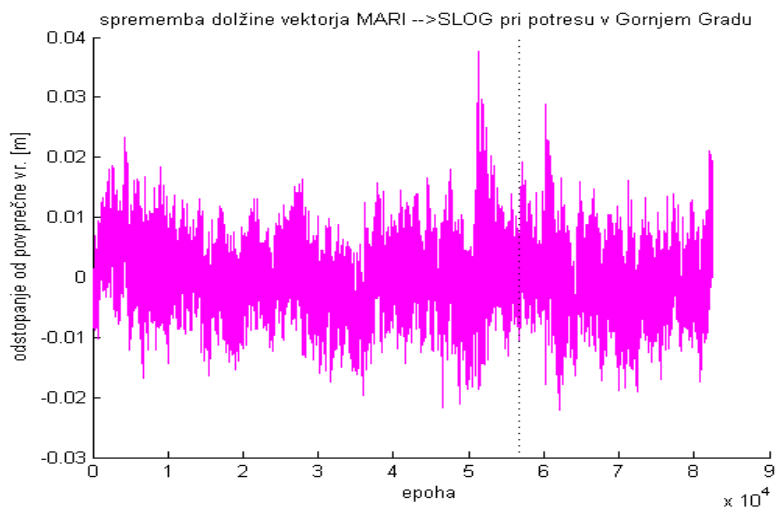
PRILOGA B3/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→DLBG pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi



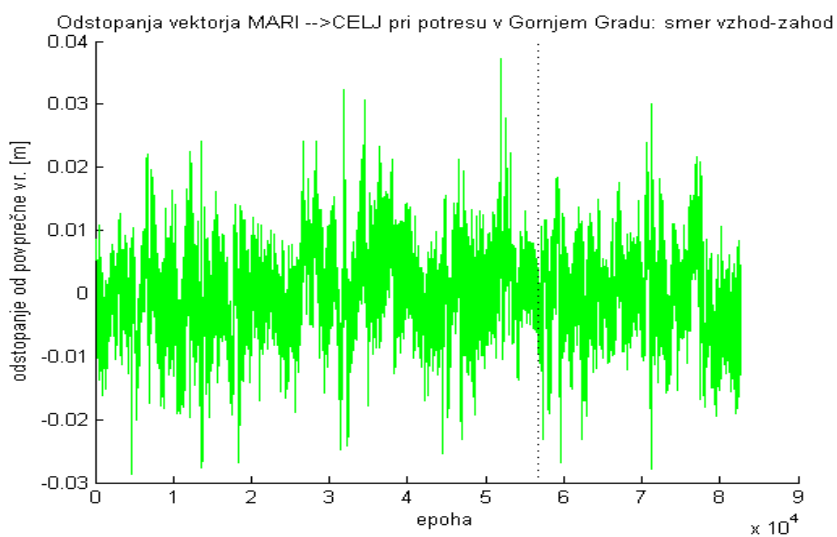
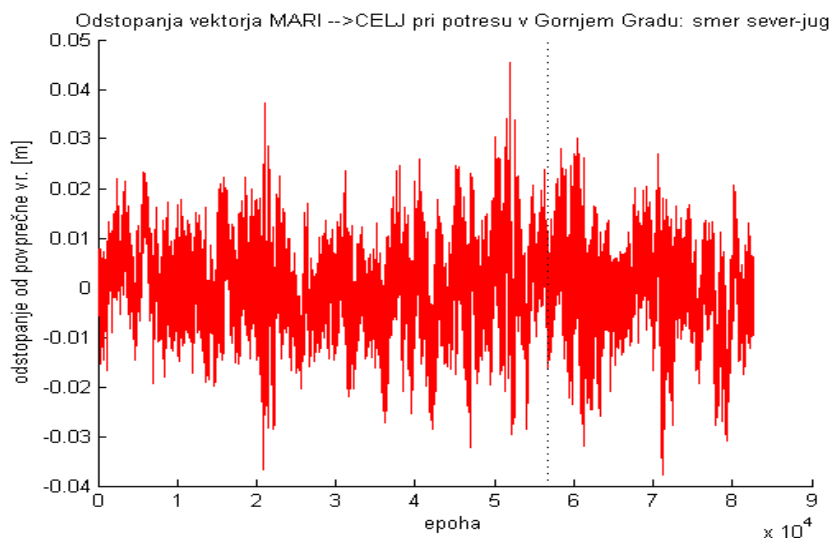


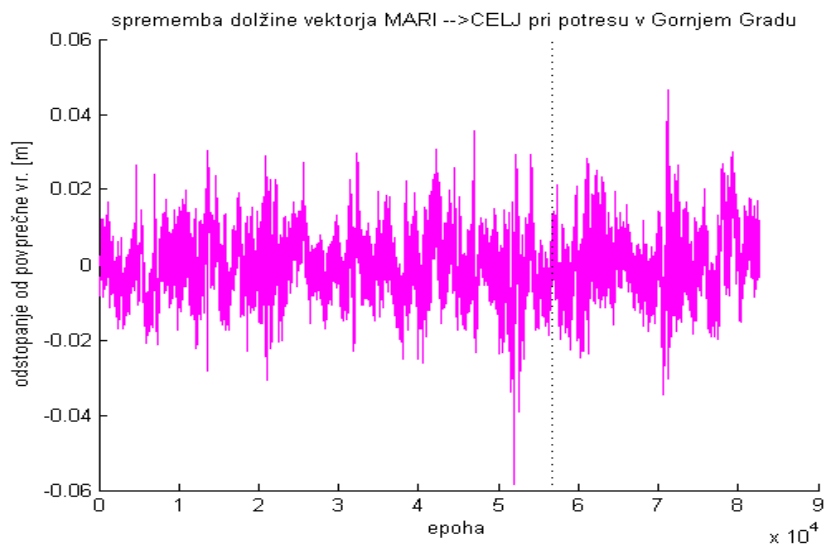
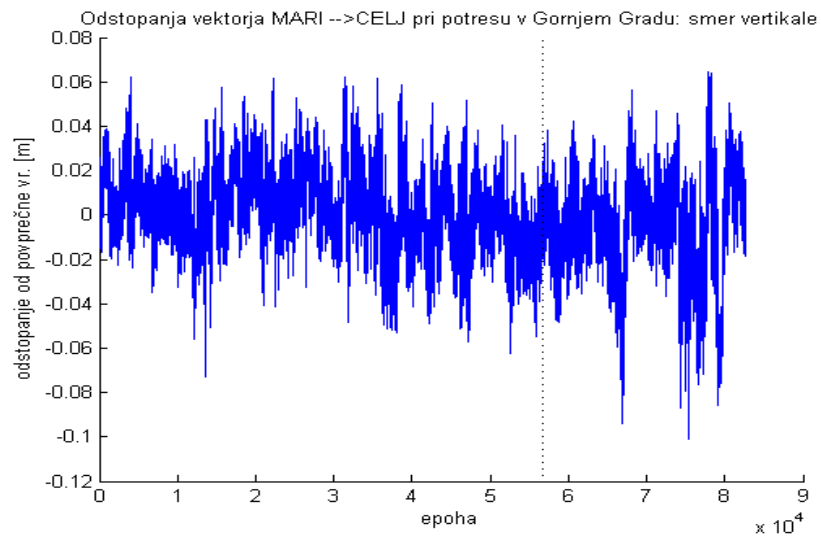
PRILOGA B3/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→SLOG pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi



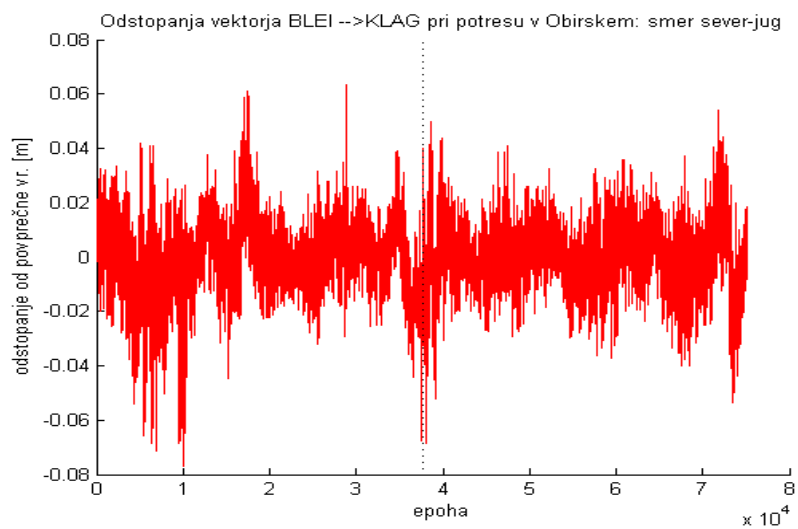


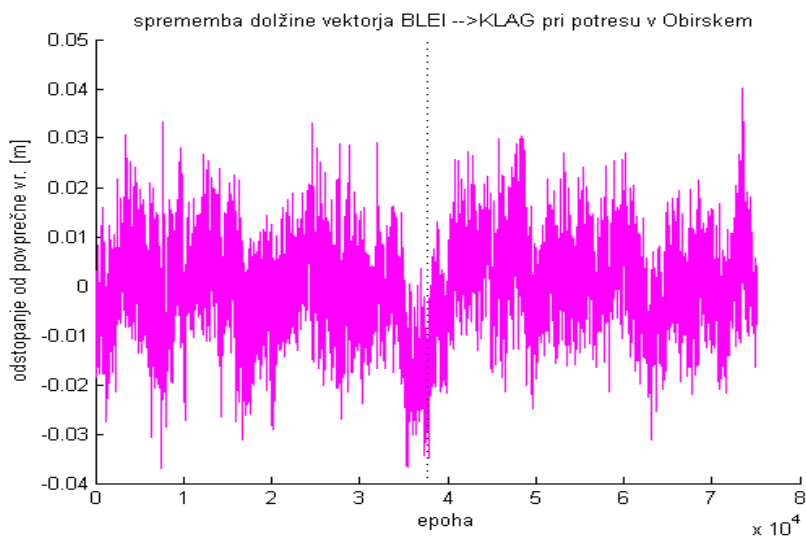
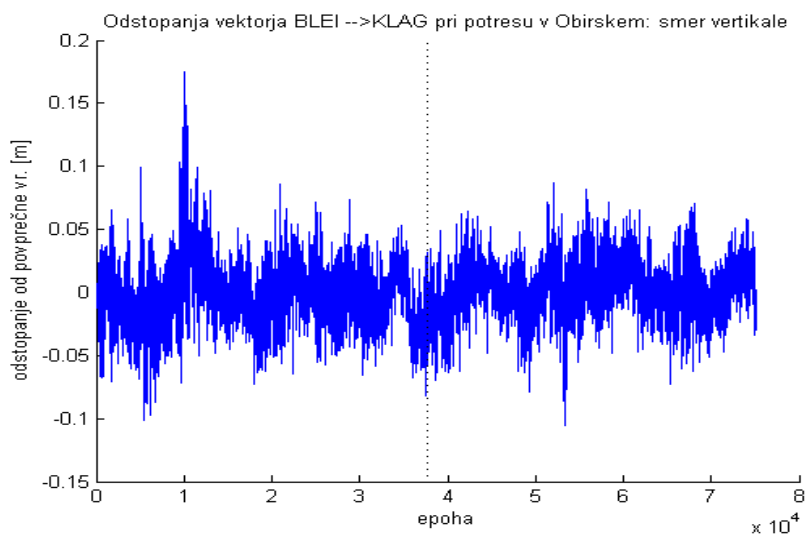
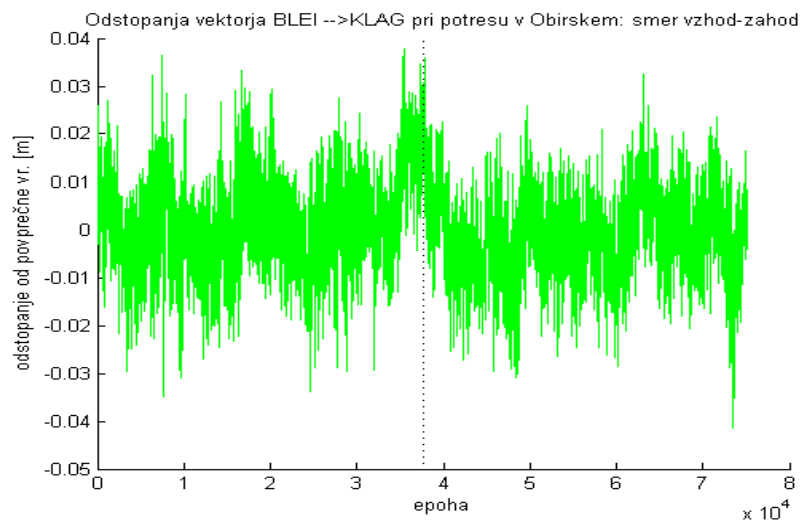
PRILOGA B3/3: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→CELJ pri potresu v Gornjem Gradu po kinematični metodi



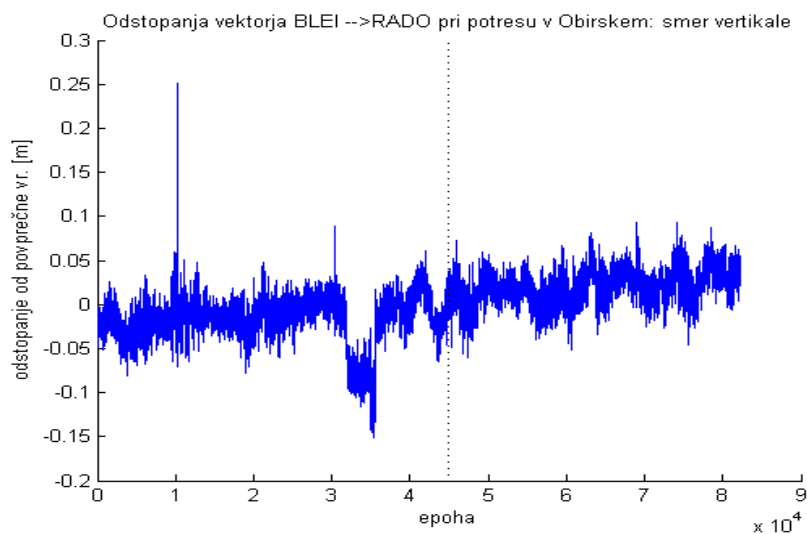
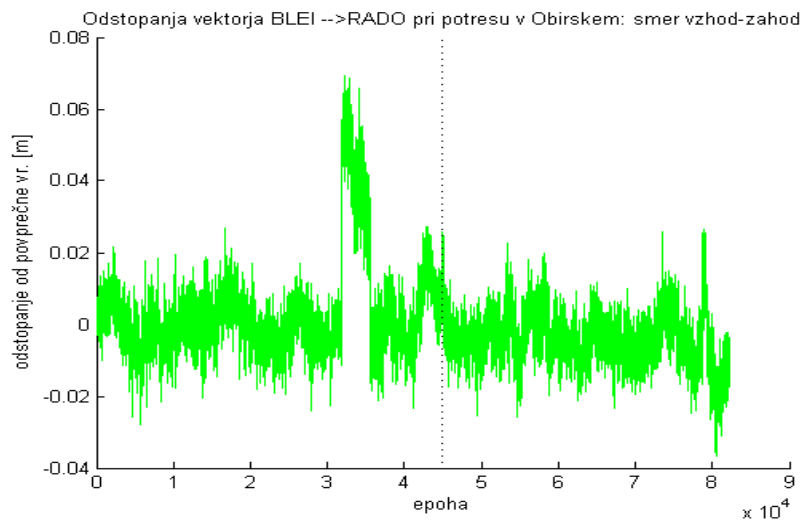
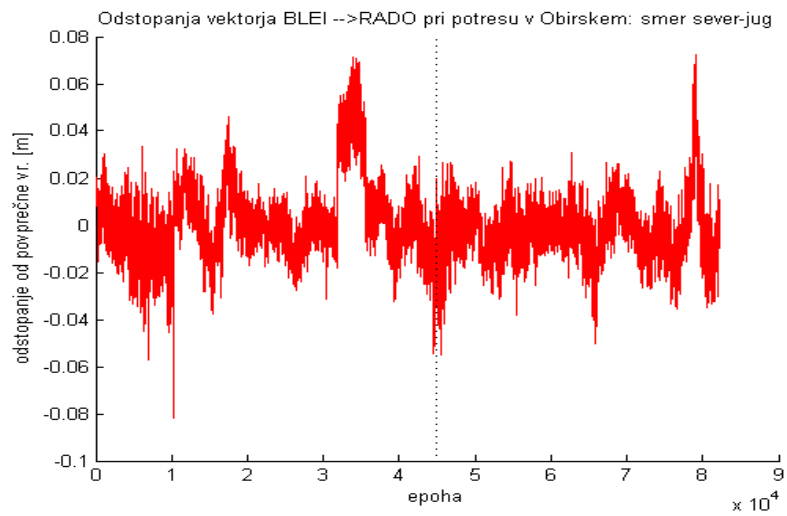


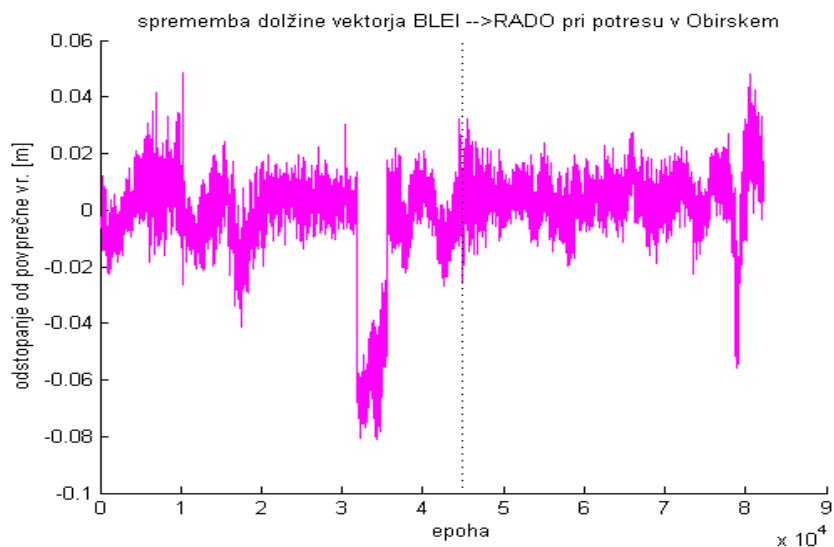
PRILOGA B4/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→KLAG pri potresu v Obirskem po kinematični metodi



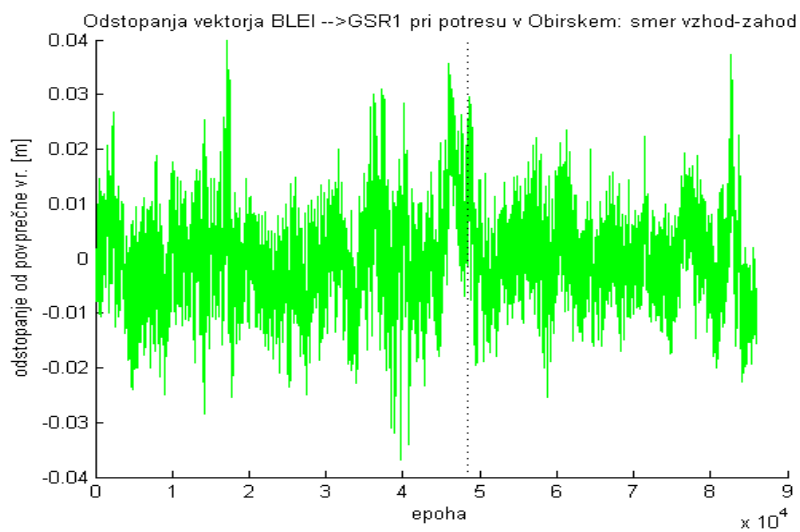
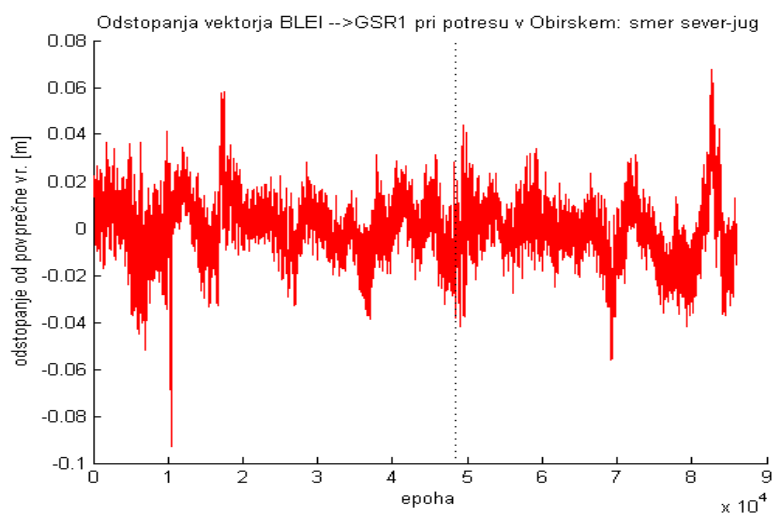


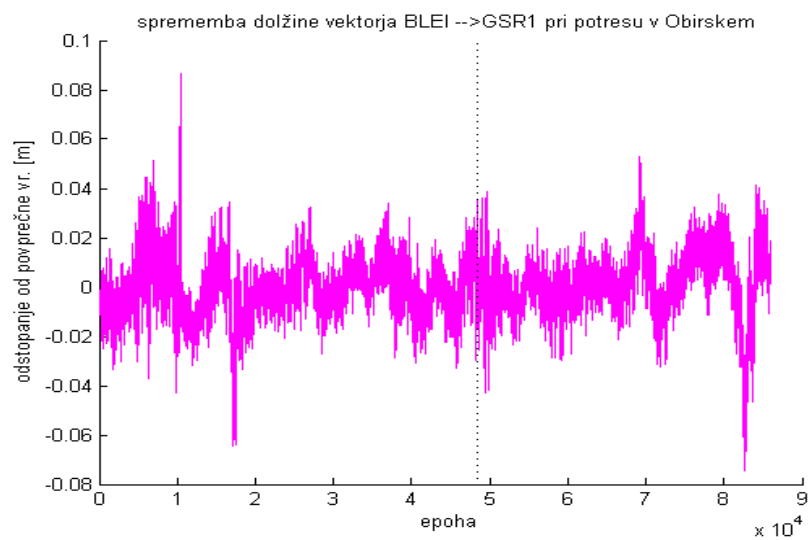
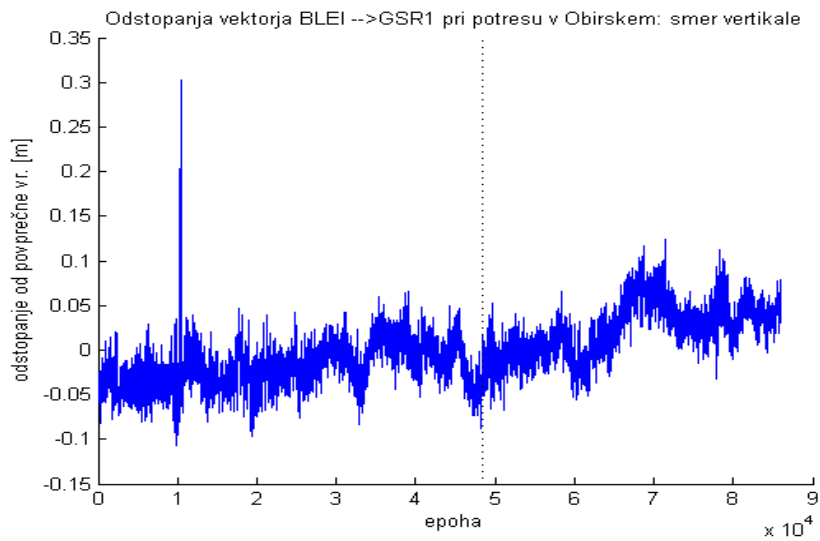
PRILOGA B4/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→RADO pri potresu v Obirskem po kinematični metodi



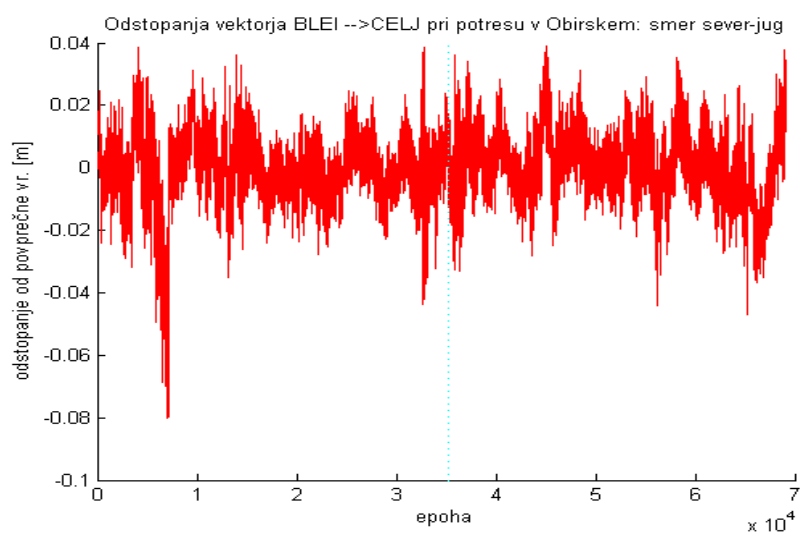


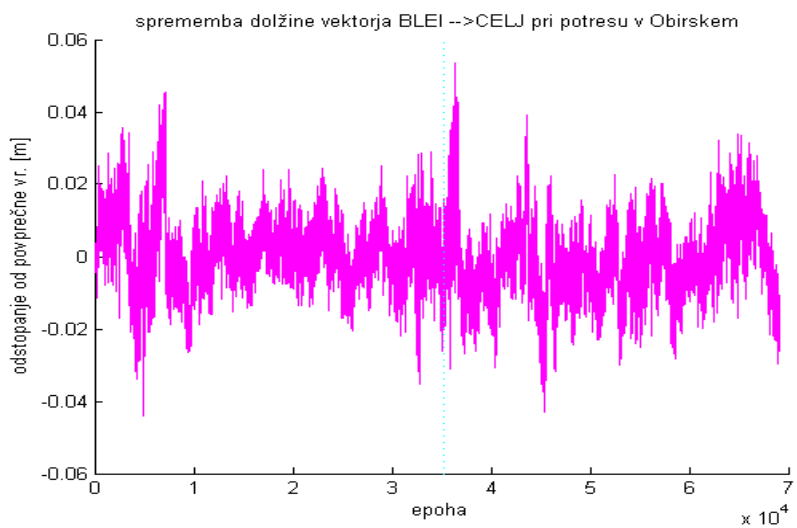
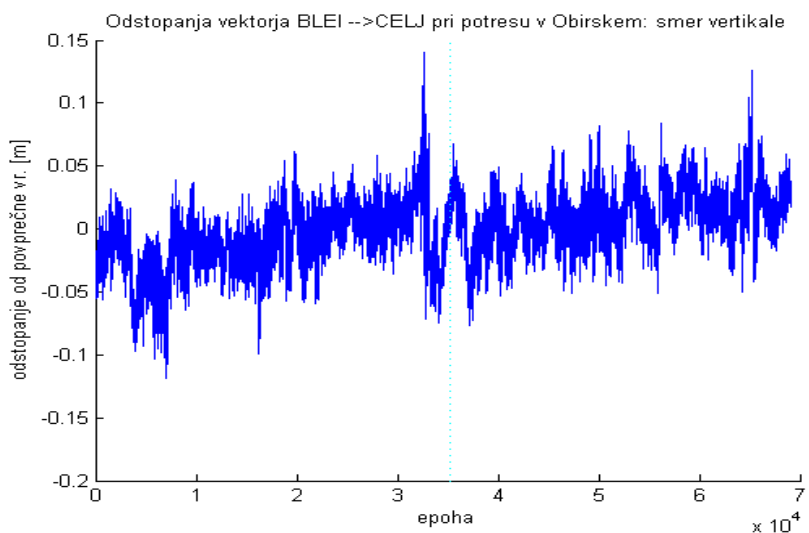
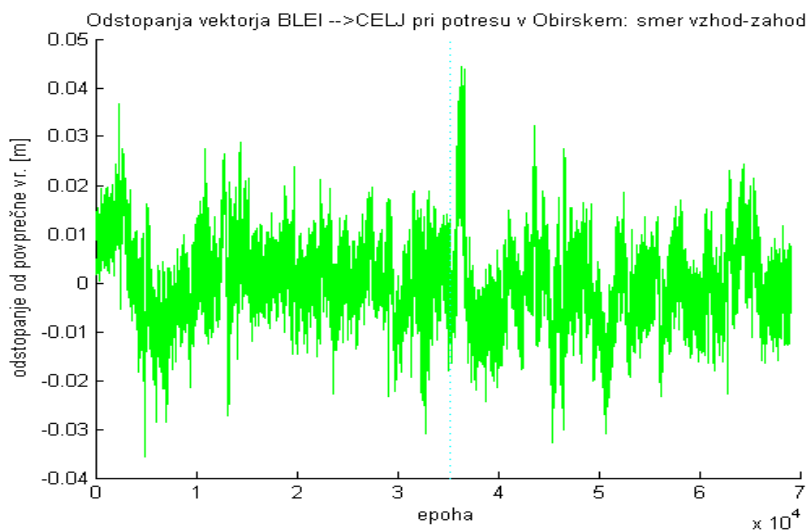
PRILOGA B4/3: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→GSR1 pri potresu v Obirskem po kinematični metodi



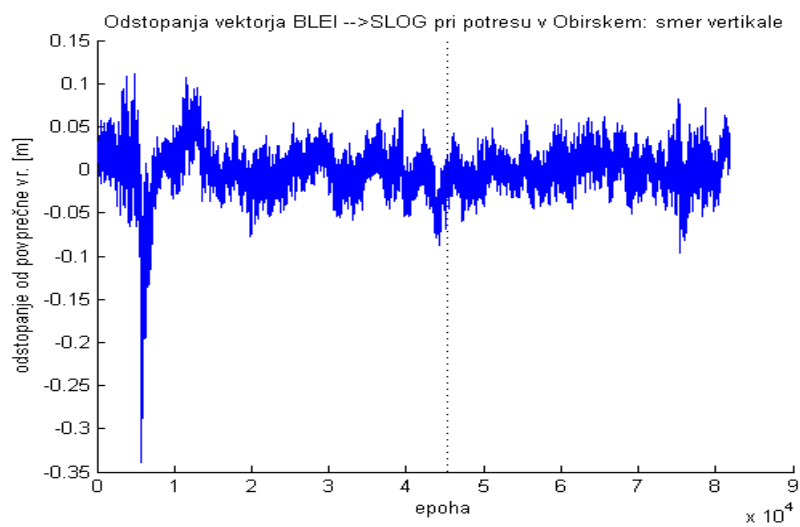
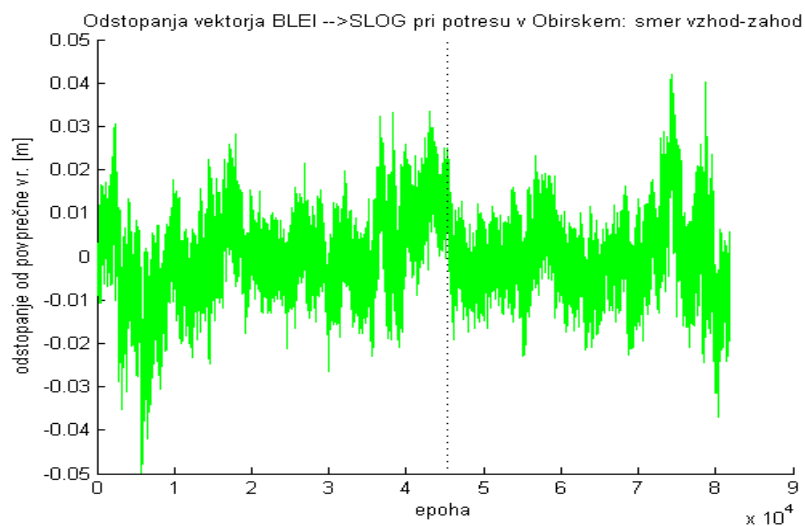
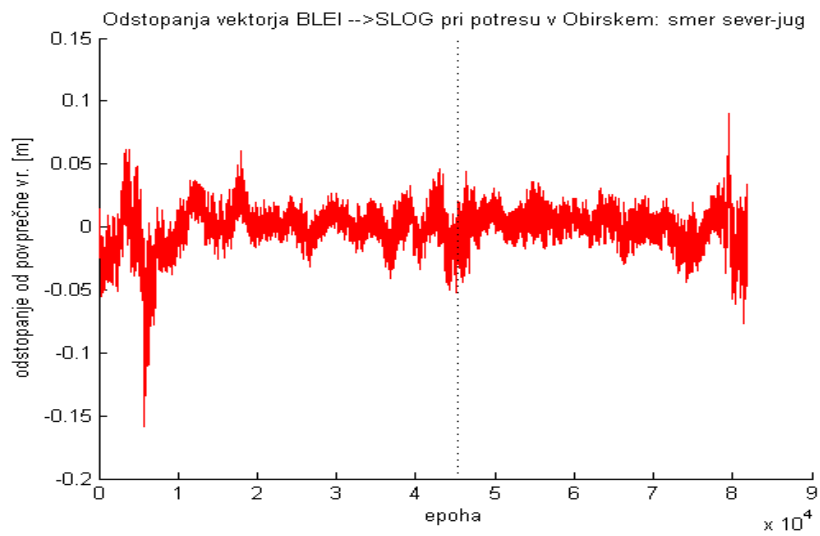


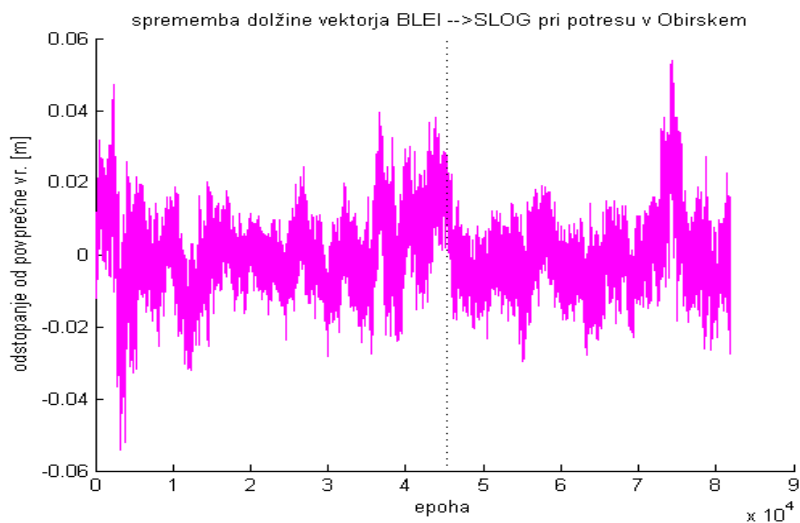
PRILOGA B4/4: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI → CELJ pri potresu v Obirskem po kinematični metodi



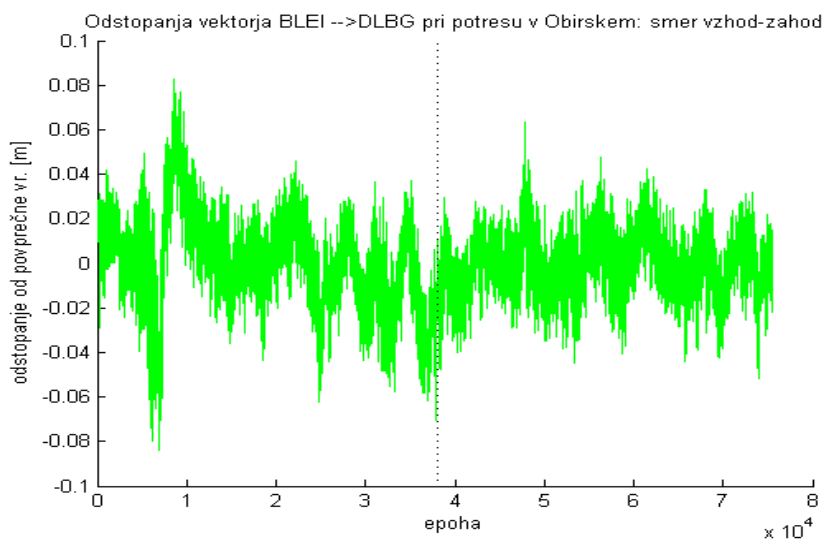
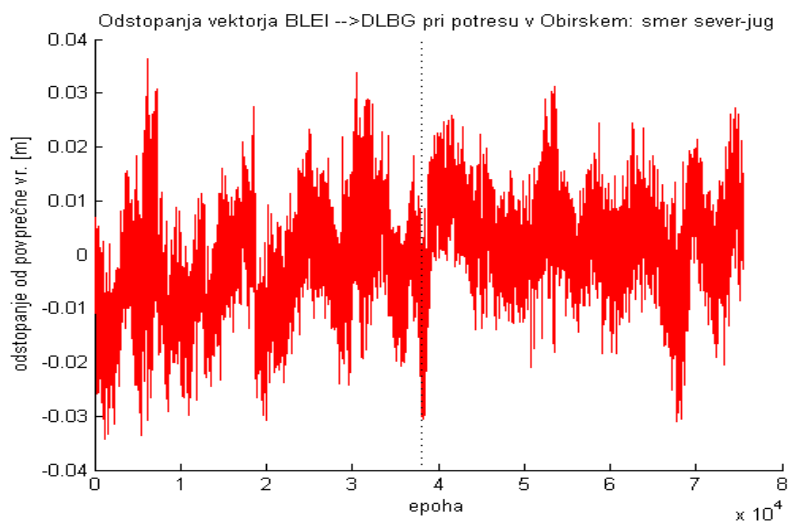


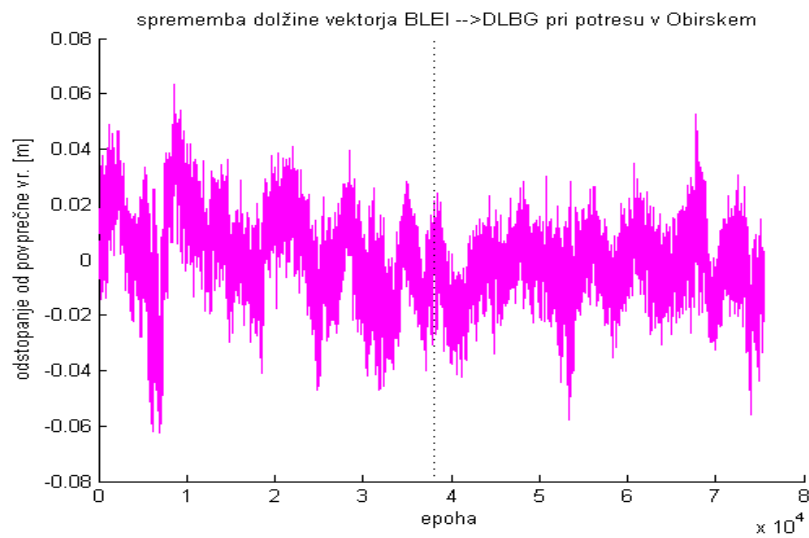
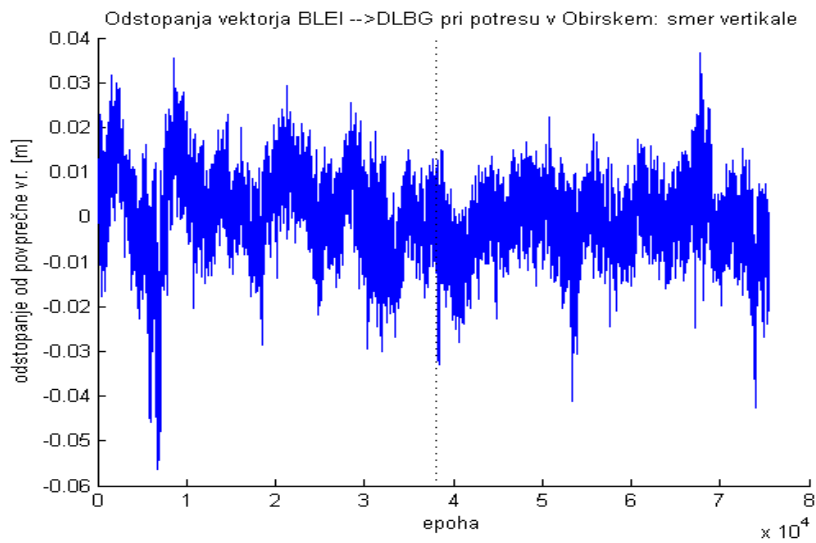
PRILOGA B4/5: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→SLOG pri potresu v Obirskem po kinematični metodi



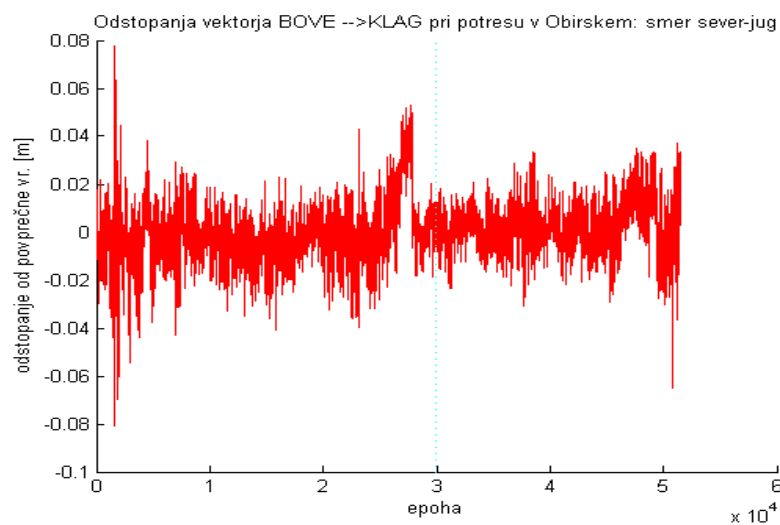


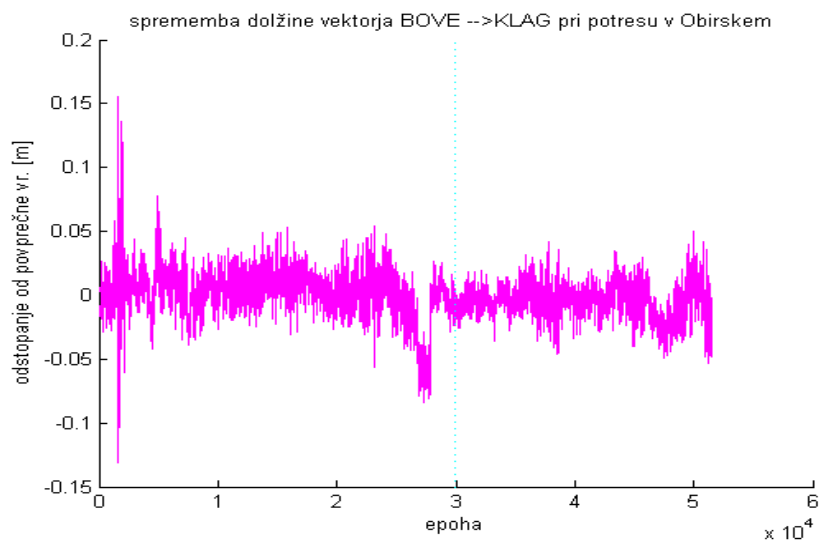
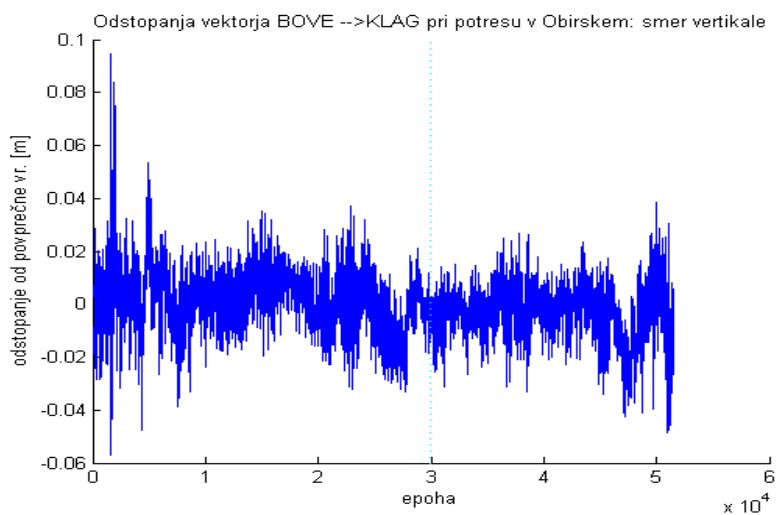
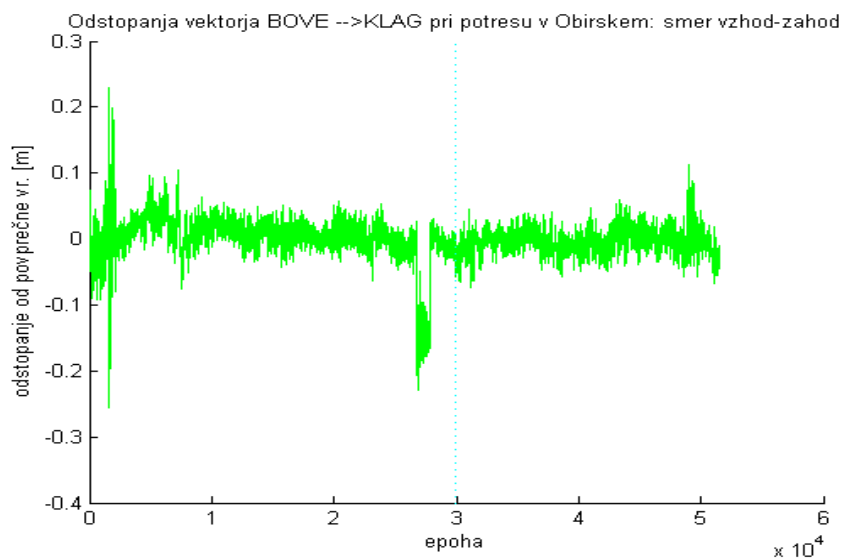
PRILOGA B4/6: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BLEI→DLBG pri potresu v Obirskem po kinematični metodi



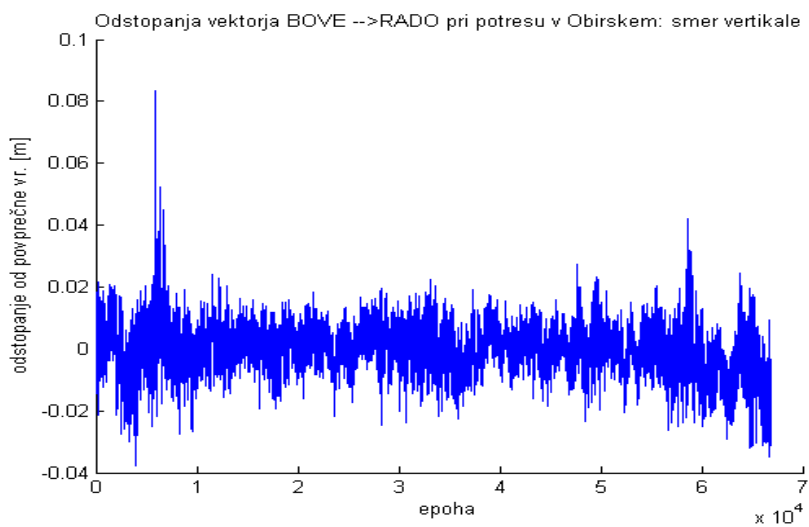
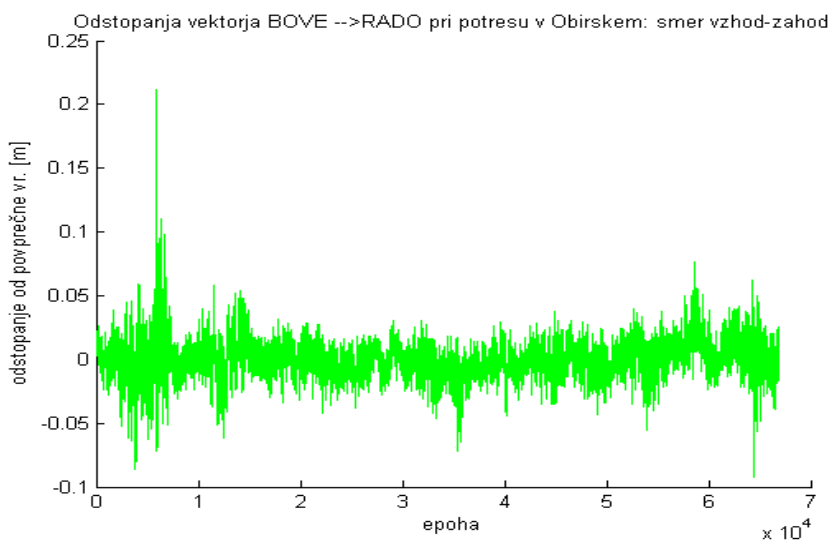
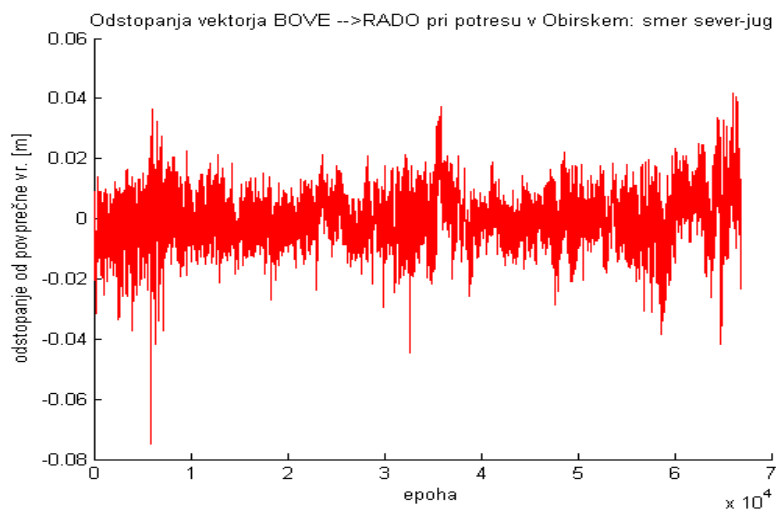


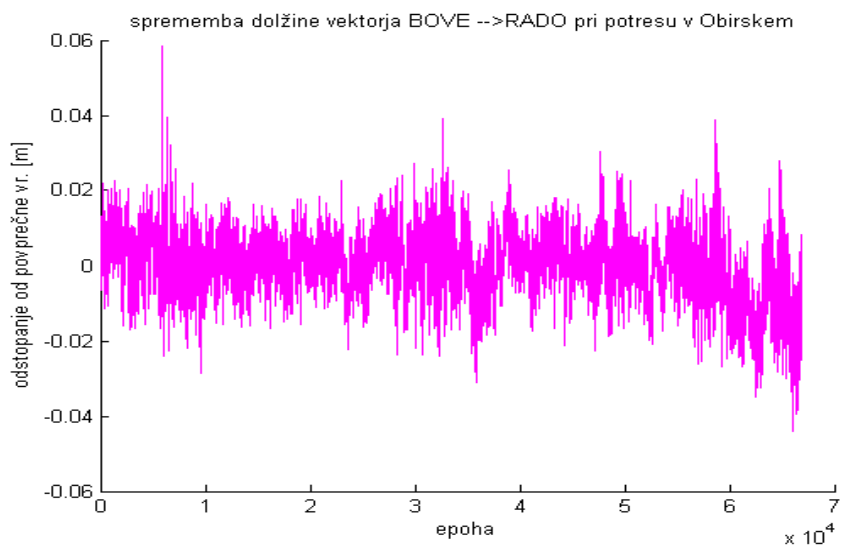
PRILOGA B7/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BOVE → KLAG pri potresu v Obirskem po kinematični metodi



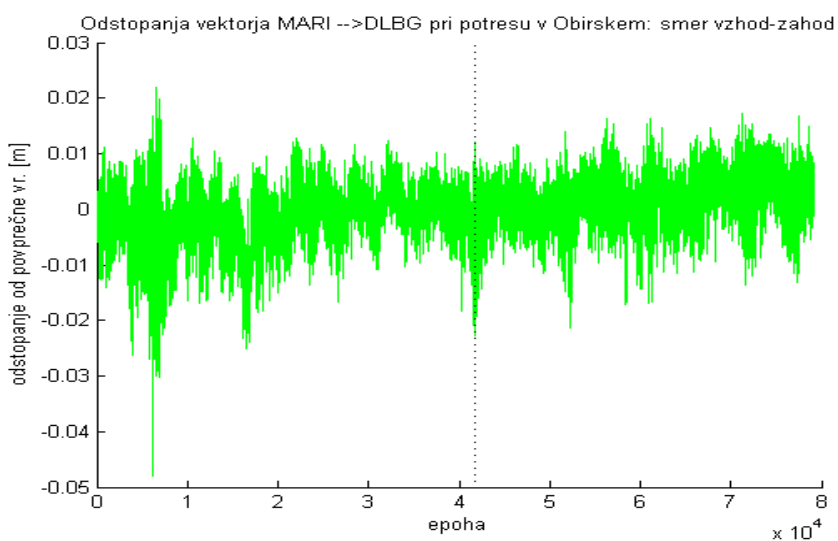
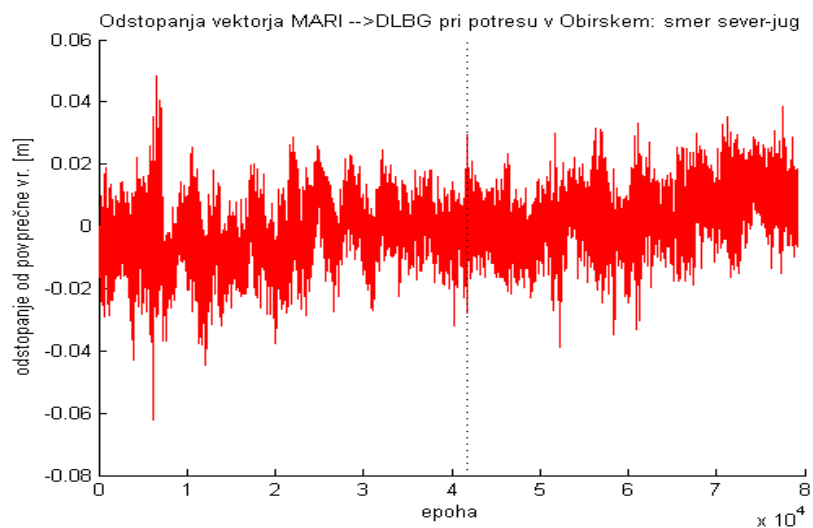


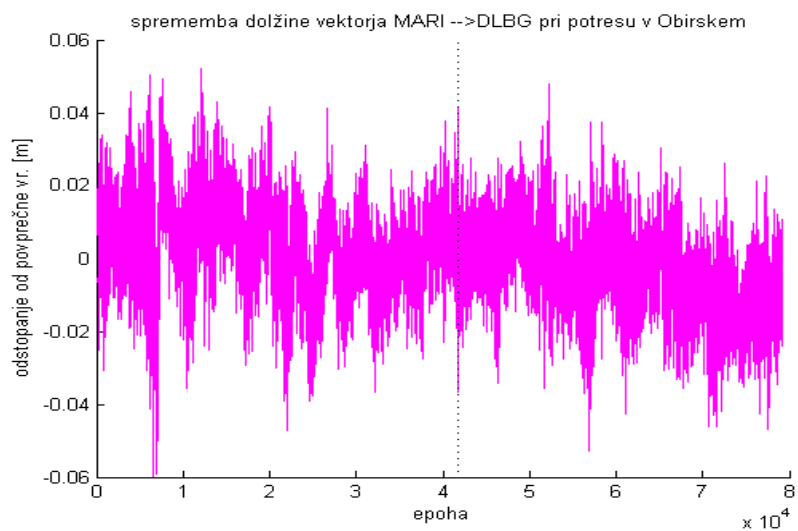
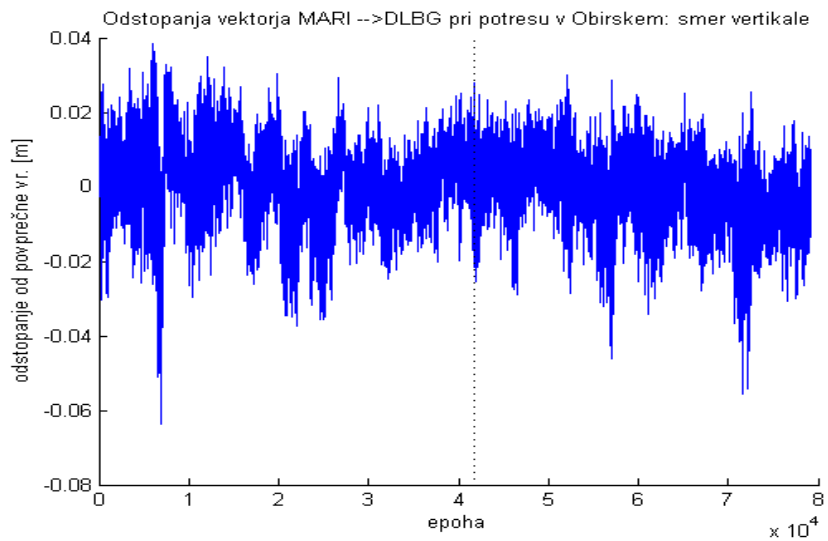
PRILOGA B7/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja BOVE→RADO pri potresu v Obirskem po kinematični metodi



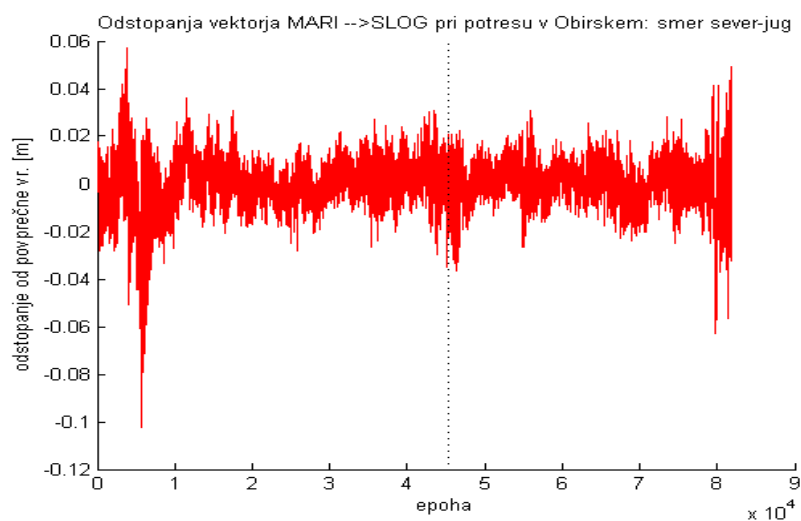


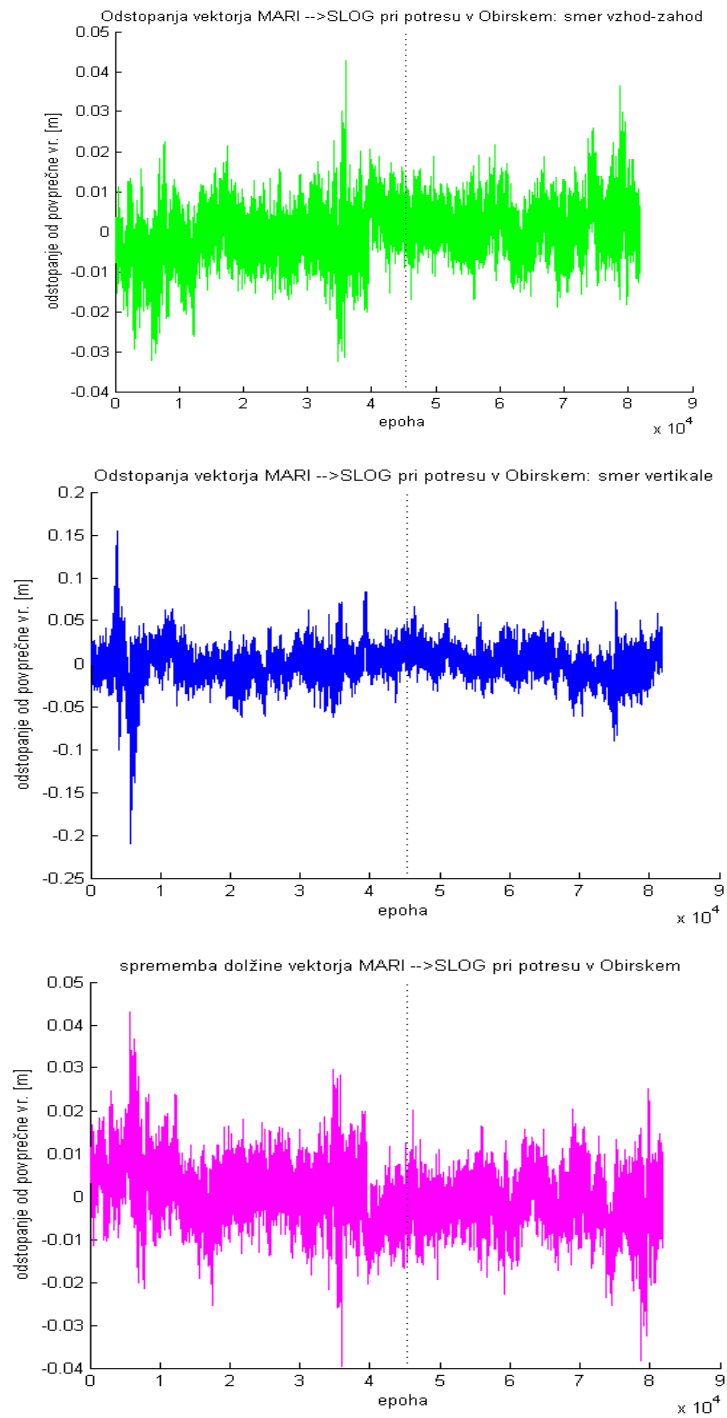
PRILOGA B8/1: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→DLBG pri potresu v Obirskem po kinematični metodi



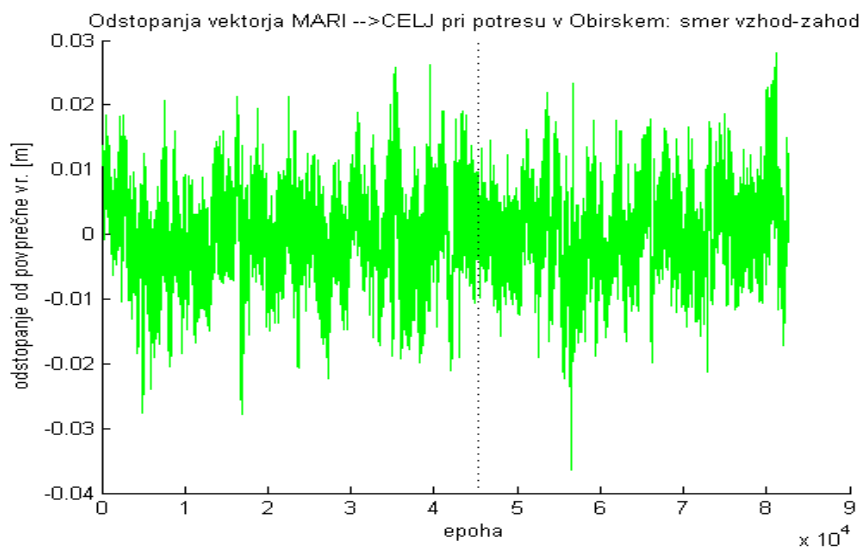
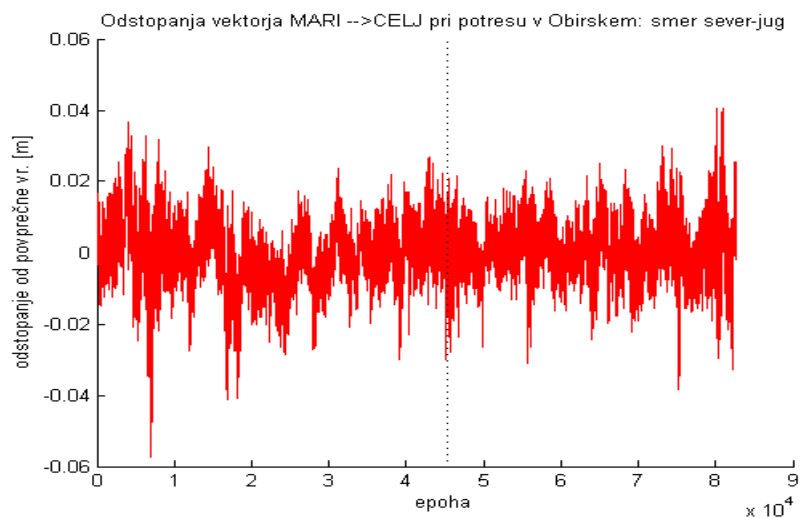


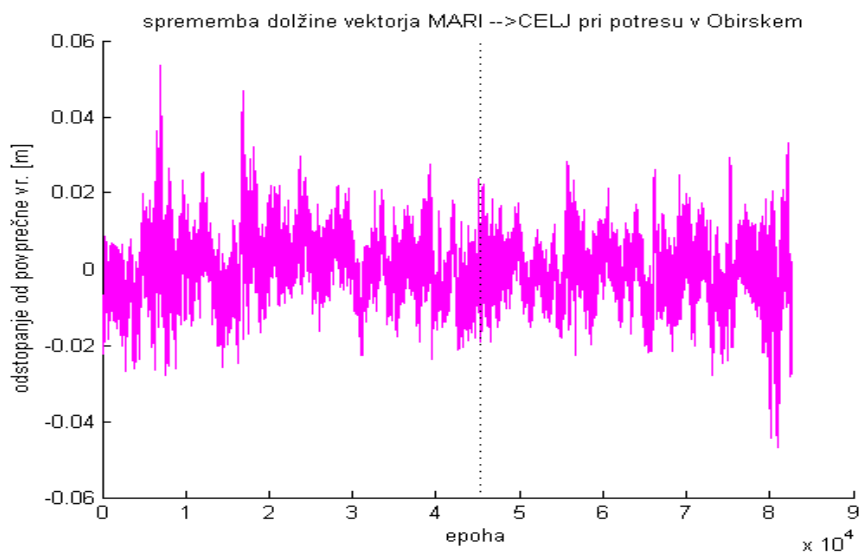
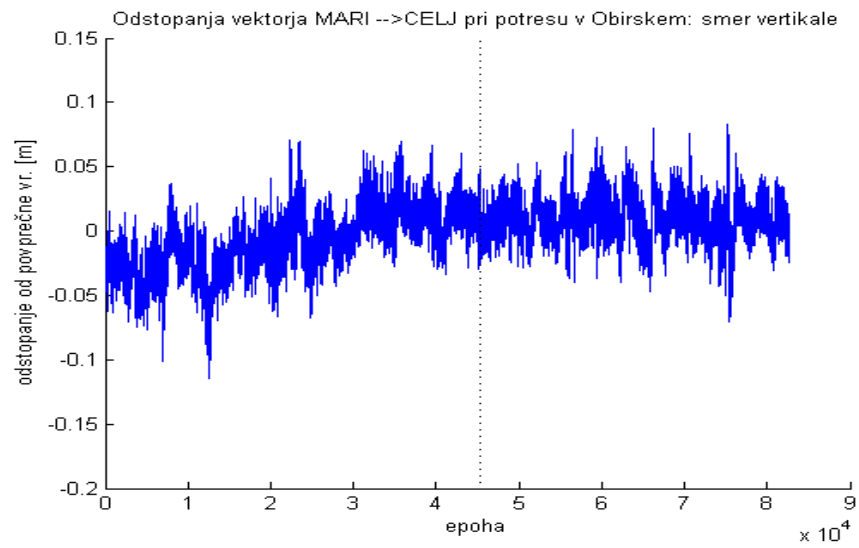
PRILOGA B8/2: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→SLOG pri potresu v Obirskem po kinematični metodi





PRILOGA B8/3: Odstopanja komponent in dolžine vektorja MARI→CELJ pri potresu v Obirskem po kinematični metodi





PRILOGA C: PRIKAZ PREMIKANJA TOČK V HORIZONTALNI RAVNINI

PRILOGA C1/1: Prikaz premikanja točke CELJ pri potresu v Gornjem Gradu

PRILOGA C1/2: Prikaz premikanja točke CELJ pri potresu v Obirskem

PRILOGA C2/1: Prikaz premikanja točke KLAG pri potresu v Gornjem Gradu

PRILOGA C2/2: Prikaz premikanja točke KLAG pri potresu v Obirskem

PRILOGA C3/1: Prikaz premikanja točke RADO pri potresu v Gornjem Gradu

PRILOGA C3/2: Prikaz premikanja točke RADO pri potresu v Obirskem

PRILOGA C4/1: Prikaz premikanja točke GSR1 pri potresu v Gornjem Gradu

PRILOGA C4/2: Prikaz premikanja točke GSR1 pri potresu v Obirskem

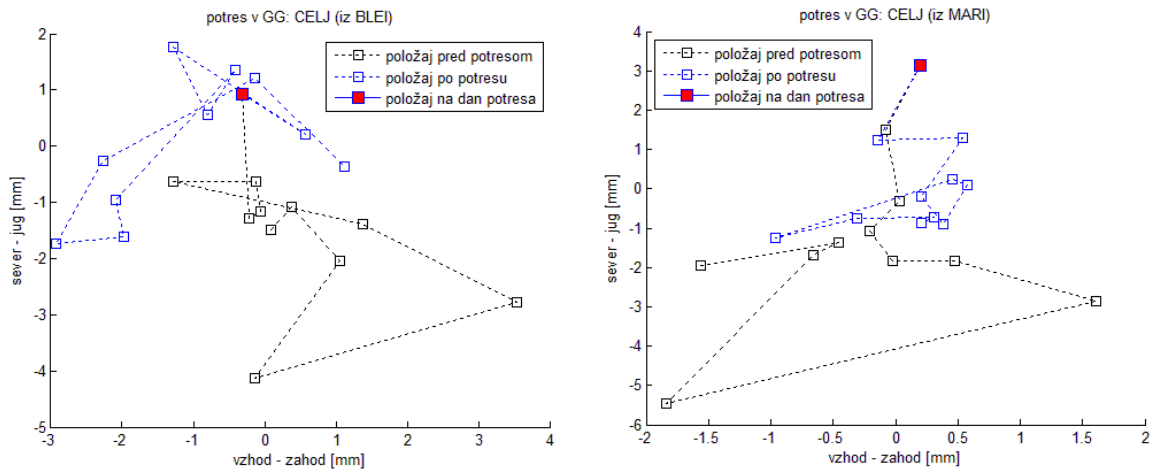
PRILOGA C5/1: Prikaz premikanja točke SLOG pri potresu v Gornjem Gradu

PRILOGA C5/2: Prikaz premikanja točke SLOG pri potresu v Obirskem

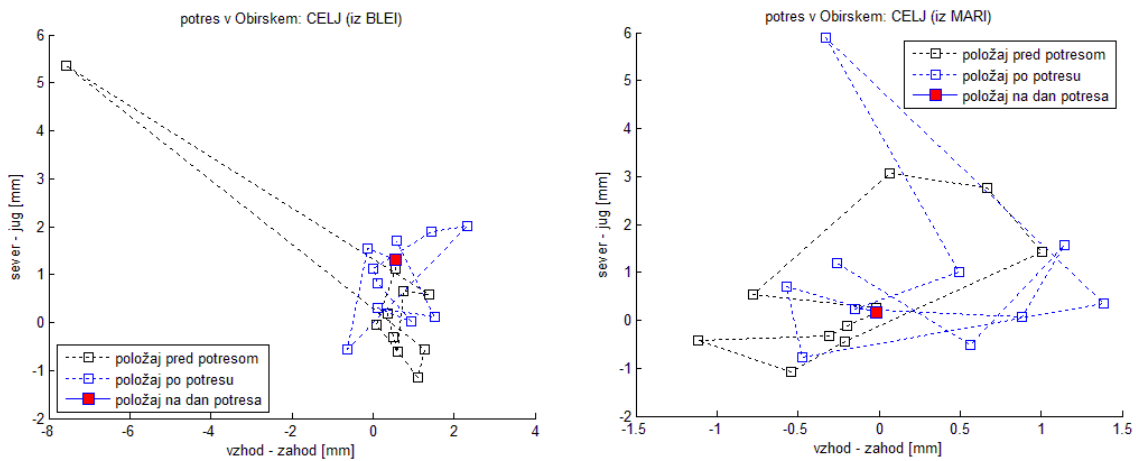
PRILOGA C6/1: Prikaz premikanja točke DLBG pri potresu v Gornjem Gradu

PRILOGA C6/2: Prikaz premikanja točke DLBG pri potresu v Obirskem

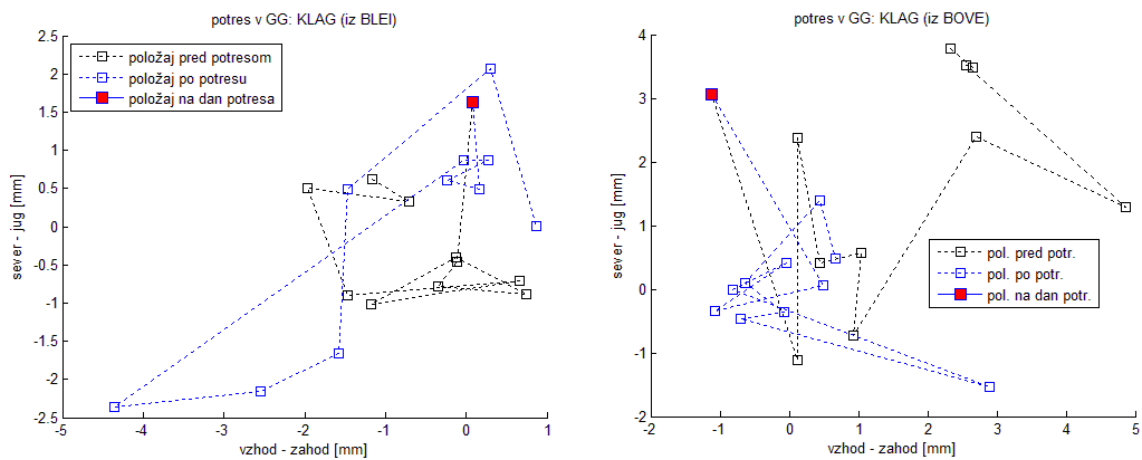
PRILOGA C1/1: Prikaz premikanja točke CELJ pri potresu v Gornjem Gradu



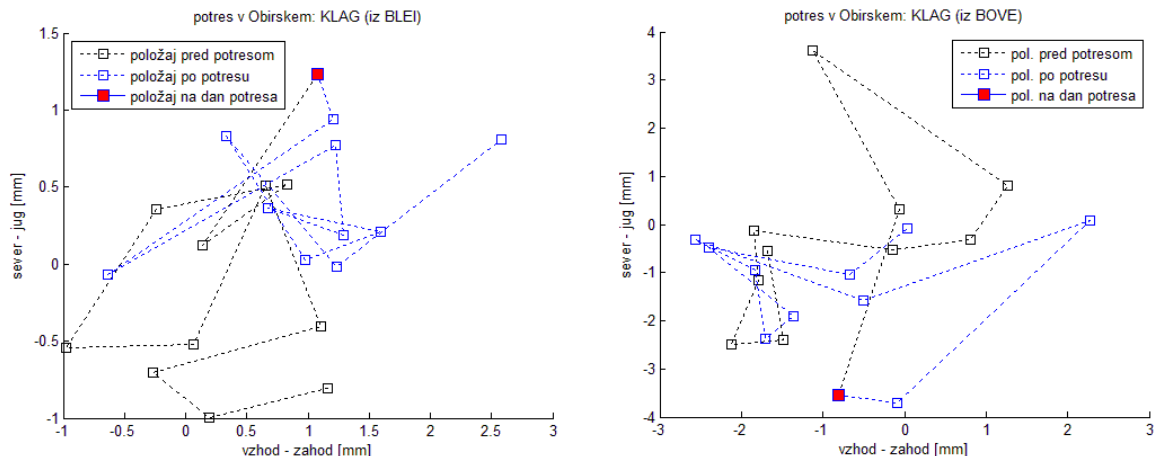
PRILOGA C1/2: Prikaz premikanja točke CELJ pri potresu v Obirskem



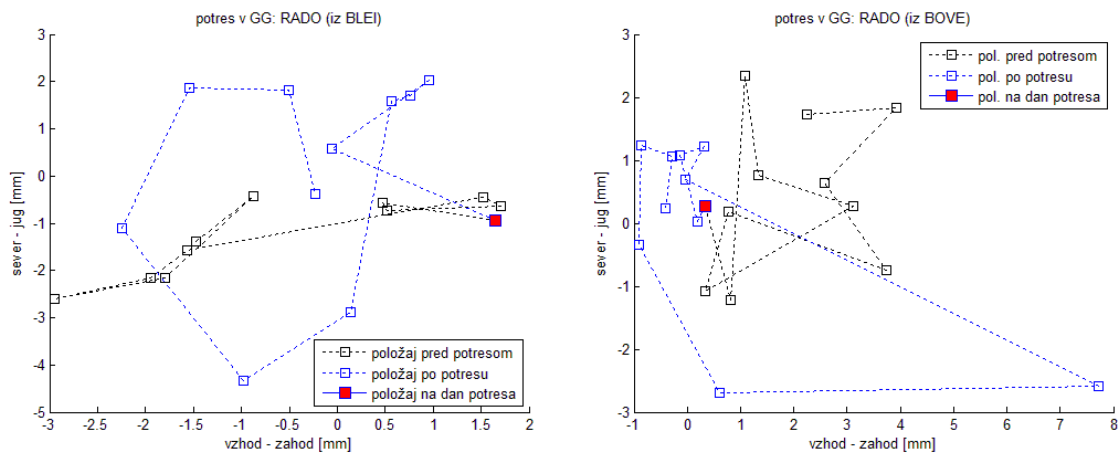
PRILOGA C2/1: Prikaz premikanja točke KLAG pri potresu v Gornjem Gradu



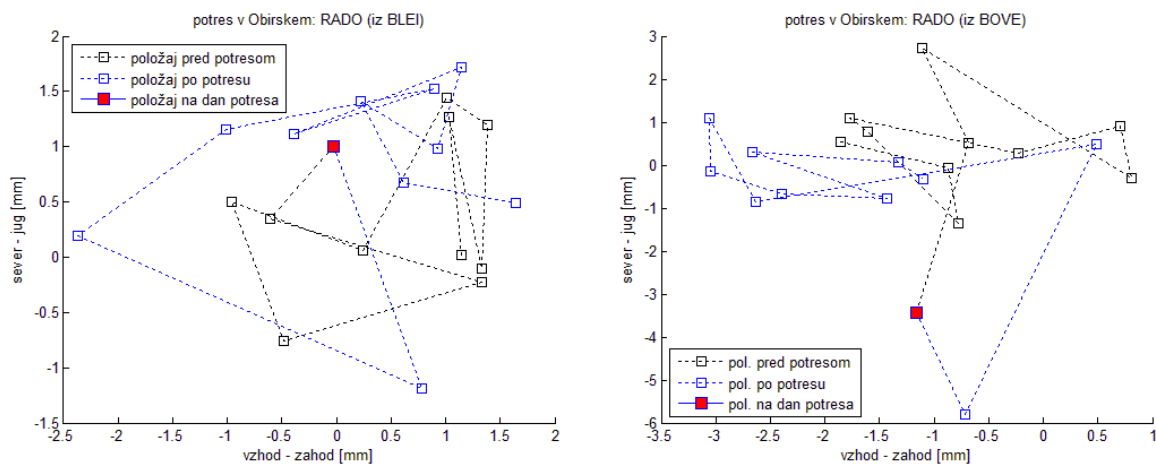
PRILOGA C2/2: Prikaz premikanja točke KLAG pri potresu v Obirskem



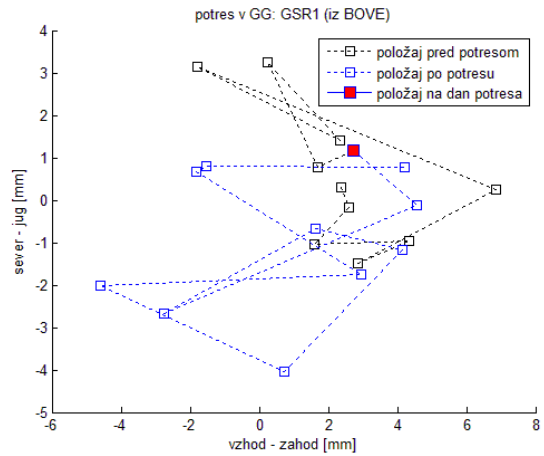
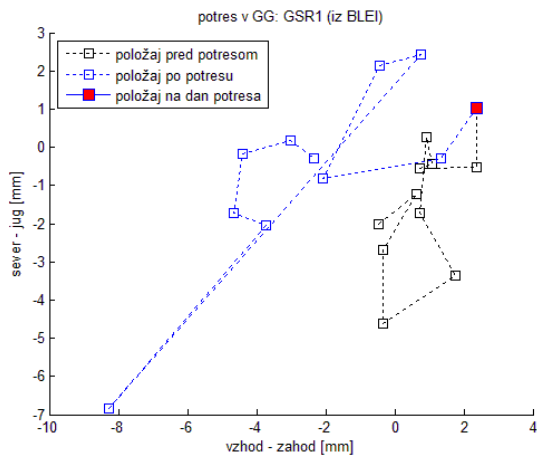
PRILOGA C3/1: Prikaz premikanja točke RADO pri potresu v Gornjem Gradu



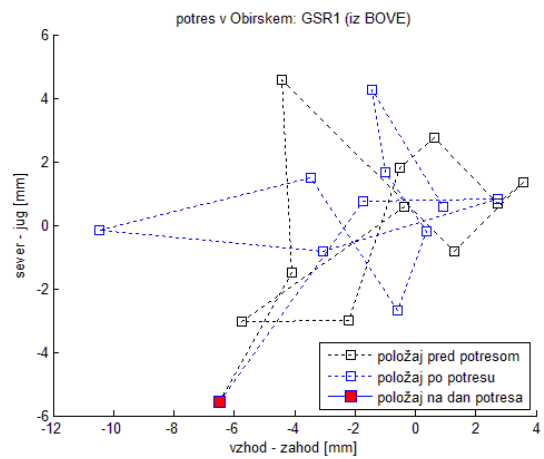
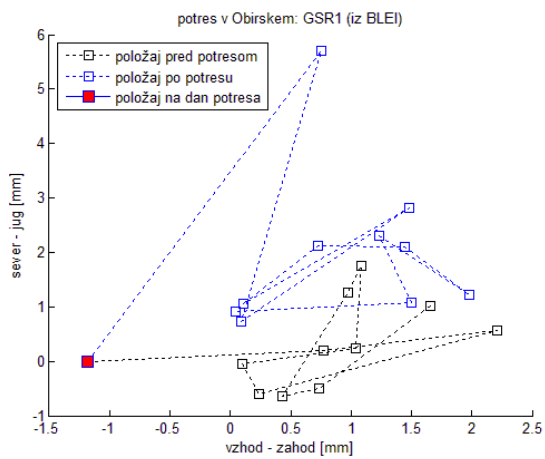
PRILOGA C3/2: Prikaz premikanja točke RADO pri potresu v Obirskem



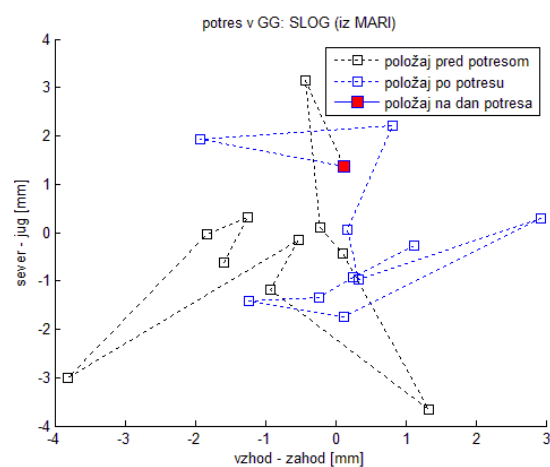
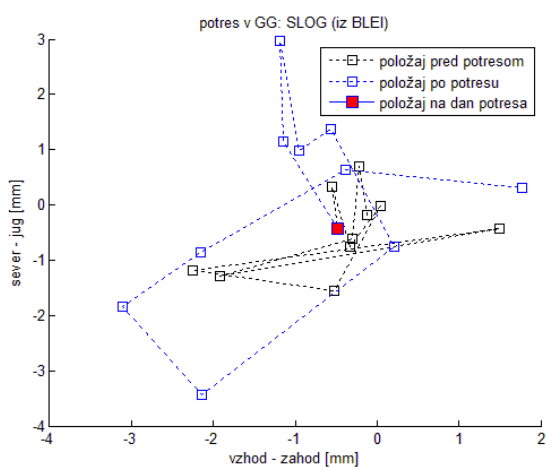
PRILOGA C4/1: Prikaz premikanja točke GSR1 pri potresu v Gornjem Gradu



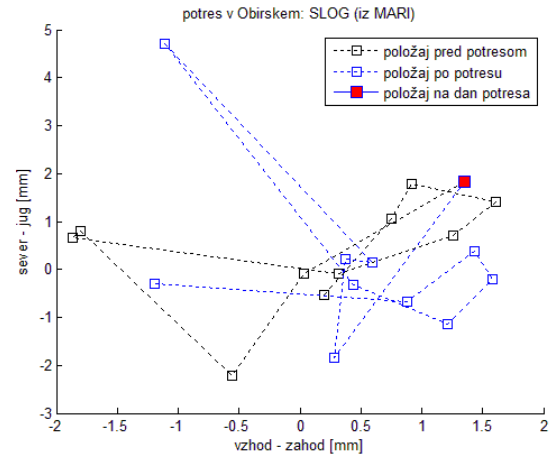
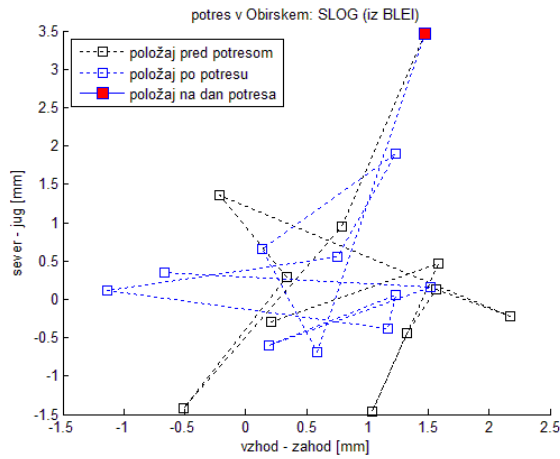
PRILOGA C4/2: Prikaz premikanja točke GSR1 pri potresu v Obirskem



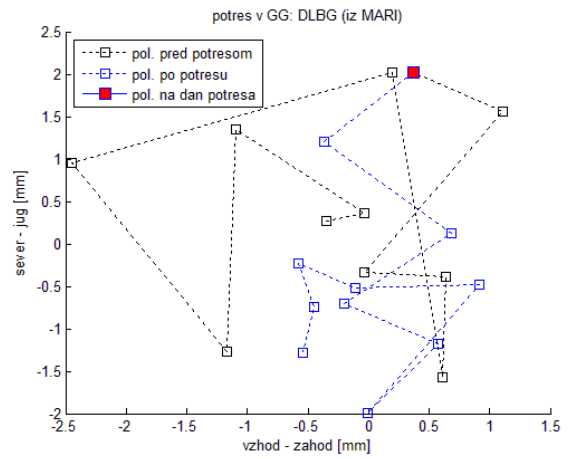
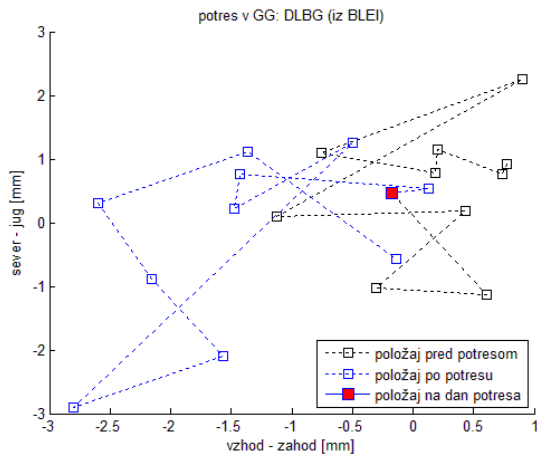
PRILOGA C5/1: Prikaz premikanja točke SLOG pri potresu v Gornjem Gradu



PRILOGA C5/2: Prikaz premikanja točke SLOG pri potresu v Obirskem



PRILOGA C6/1: Prikaz premikanja točke DLBG pri potresu v Gornjem Gradu



PRILOGA C6/2: Prikaz premikanja točke DLBG pri potresu v Obirskem

