

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:

Breška, M., 2014. Ponovno umerjanje in primerjava enačb največjega pospeška tal. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Stankovski, V., somentor Peruš, I.): 33 str.

Datum arhiviranja: 01-10-2014

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:

Breška, M., 2014. Ponovno umerjanje in primerjava enačb največjega pospeška tal. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Stankovski, V., co-supervisor Peruš, I.): 33 pp.

Archiving Date: 01-10-2014

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 ŠTUDIJSKI  
PROGRAM PRVE STOPNJE  
GRADBENIŠTVO

Kandidat:

**MATEVŽ BREŠKA**

**PONOVNO UMERJANJE IN PRIMERJAVA ENAČB  
NAJVEČJEGA POSPEŠKA TAL**

Diplomska naloga št.: 119/B-GR

**REFITTING AND COMPARISON OF PEAK GROUND  
ACCELERATION EQUATIONS**

Graduation thesis No.: 119/B-GR

**Mentor:**

doc. dr. Vlado Stankovski

**Predsednik komisije:**

izr. prof. dr. Janko Logar

**Somentor:**

doc. dr. Iztok Peruš

Ljubljana, 09. 09. 2014

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

## **IZJAVE**

Podpisani Matevž Breška izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: »**Primerjava napovednih zmožnosti enačb pojemanja za oceno največjega vršnega pospeška tal**«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 13.8.2014

Matevž Breška

## BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

<b>UDK:</b>	004.4:624.04(043.2)
<b>Avtor:</b>	Matevž Breška
<b>Mentor:</b>	doc. dr. Vlado Stankovski
<b>Somentor:</b>	doc. dr. Iztok Peruš
<b>Naslov:</b>	Ponovno umerjanje in primerjava enačb največjega pospeška tal
<b>Tip dokumenta:</b>	Diplomska naloga – univerzitetni študij – B
<b>Obseg in oprema:</b>	33 str., 13 pregl., 18 sl., 53 en., 1 pril.
<b>Ključne besede:</b>	največji vršni pospešek tal, umerjanje konstant, Levenberg–Marquardtov algoritem, enačbe gibanja tal, prečno preverjanje, potresno inženirstvo

### Izvleček

V zadnjih 50 letih je bilo razvitih veliko število enačb, ki napovedujejo največji vršni pospešek tal ob potresu. Njihovi avtorji so jih razvijali z različnimi nameni: za splošno uporabo ali za točno določeno področje, za določen interval magnitude potresa itd. Enačbe so nastajale na podlagi različnih zbirk podatkov o potresih. Trenutna zbirka PF-L obsega 3550 zapisov o močnejših potresih iz Evrope in Amerike ter je celovitejša od zbirk v preteklosti. Tako je cilj diplomske naloge, da konstante izbranih 45 enačb, ki napovedujejo največji vršni pospešek tal ob potresu, umerimo glede na novejšo podatkovno zbirko PF-L in primerjamo njihove napovedne možnosti. Za umerjanje konstant smo uporabili algoritem Levenberg–Marquardt v programu Matlab. Začetne vrednosti konstant smo tako izbrali iz štirih naraščajočih intervalov  $[-1,1]$ ,  $[-10,10]$ ,  $[-100,100]$  in  $[-1000,1000]$ . Za vsak interval smo konstante enačb umerili in napovedne možnosti dobljenih enačb med seboj kvantitativno primerjali s pomočjo mere srednjega kvadratnega odklona. Nato smo podatkovno zbirko desetkrat naključno razbili na učno (90%) in testno množico (10%) ter s pomočjo prečnega preverjanja preverili napovedne vrednosti enačb z novimi. Rešitve najboljših petih enačb smo narisali za tri različne magnitude. Ugotovili smo, da je napovedna zmožnost večine enačb glede na kvantitativni kriterij med seboj zelo podobna in da so enačbe s konstantami, umerjenimi pri prečnem preverjanju, skoraj popolnoma enake kot pri enačbah s konstantami, umerjenimi na celotni zbirki. Obenem smo opazili spodnjo mejo napake pri napovedi na neznanih primerih, ki se nahaja pri vrednosti napake srednjega kvadratnega odklona 0,08 in je ni izboljšala nobena enačba.

## **BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

<b>UDC:</b>	004.4:624.04(043.2)
<b>Author:</b>	Matevž Breška
<b>Supervisor:</b>	Assist. Prof. Vlado Stankovski, Ph.D.
<b>Co-advisor:</b>	Assist. Prof. Iztok Peruš, Ph.D.
<b>Title:</b>	Refitting and comparison of peak ground acceleration equations
<b>Document type:</b>	Graduation Thesis – University studies
<b>Notes:</b>	33 p., 13 tab., 18 fig., 53 eq., 1 ann.
<b>Key words:</b>	peak ground acceleration, curve fitting, Levenberg–Marquardt algorithm, ground-motion prediction equations, cross-validation, earthquake engineering

### **Abstract**

In the past 50 years many equations have been developed that predict the value of the peak ground acceleration in case of an earthquake. Authors have developed these equations with different purposes (for universal use or specific area, specified magnitude interval etc.) and by using different databases. The current database PF-L [3] contains 3550 records of strong earthquakes from Europe and America and is more complete in comparison with the past databases. The goal of the thesis is to refit constants of 45 selected equations that predict the peak ground acceleration by using the newer PF-L database and compare their predicted values. For fitting the Levenberg–Marquardt algorithm in the Matlab program was used. Initial constant values are chosen from four increasing intervals  $[-1,1]$ ,  $[-10,10]$ ,  $[-100,100]$  and  $[-1000,1000]$ . Predicted values were compared by using root mean square error. Further to this, the database is split ten times in learning (90%) and testing (10%) sets. With cross validation the new prediction values were checked. Five best equations are drawn at 3 different magnitudes. The conclusion is that the prediction accuracy of most equations is very similar and that functions fitted with cross validation are almost the same as at fitting the whole PF-L database. At the same time we found lower bound of prediction error. In our case it is situated at root mean square error value of 0,08.

## **ZAHVALE**

Zahvalil bi se mentorju doc. dr. Vladu Stankovskemu in somentorju doc. dr. Iztoku Perušu za pomoč ter potrpežljivost pri izdelavi diplomske naloge.

Rad bi se zahvalil mojim staršem, ki so mi omogočili šolanje.

Zahvala pa gre tudi mojemu dekletu Mateji za moralno podporo in spodbudo.

## KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA.....	I
IZJAVE .....	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT.....	IV
ZAHVALE .....	V
KAZALO VSEBINE.....	VI
KAZALO SLIK.....	VII
SLOVAR MANJ ZNANIH BESED .....	IX
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI.....	X
1 UVOD.....	1
1.1 Parametri gibanja tal.....	1
1.2 Največji vršni pospešek tal.....	1
1.3 Zbirka zapisov potresov.....	1
1.4 Umerjanje konstant.....	1
1.5 Problem.....	1
1.6 Cilji.....	2
1.7 Organiziranost .....	2
2. ALGORITEM LEVENBERG-MARQUARDT .....	3
2.1 Algoritem.....	3
2.2 Primer delovanja algoritma Levenberg-Marquardt .....	3
2.3 Vnos v Matlab .....	5
2.3.1 Podatki .....	5
2.3.2 Algoritem enačbe.....	5
2.3.3 Izpis rezultatov in izhodna datoteka .....	6
2.4 Rešitev primera.....	6
3 POSKUSI .....	8
3.1 Predstavitev izbranih enačb .....	8
3.2 Zbirka zapisov podatkov .....	10
3.3 Vpliv začetnega približka na konvergenco algoritma LM .....	11
3.4 Vpliv velikosti prostora začetnih približkov.....	15
3.5 Napovedovalna moč enačb na neznanih primerih .....	17
3.6 Vpliv izbire vhodnih podatkov na spremembe konstant .....	21
3.7 Detajlna analiza umerjanja konstant najboljše enačbe .....	22
4 INŽENIRSKO VREDNOTENJE NAJBOLJŠIH ENAČB .....	25
5 ZAKLJUČEK.....	31
VIRI.....	33



## KAZALO SLIK

Slika 2-1: Vizualizacija točk v koordinatnem sistemu.....	4
Slika 2-2: Enačba (5).....	7
Slika 1-1: Grafični prikaz razdalj $R_{jb}$ in $R_{rup}$ .....	11
Slika 1-2: Zapisi potresov v zbirki v odvisnosti od magnitude, razdalje in vrste preloma. ....	11
Slika 3-1: Najmanjše vrednosti napake RMSE.....	14
Slika 3-4: Prvi graf razdelitev zbirke $R_{jb}$ . ....	17
Slika 3-5: Drugi graf razdelitve zbirke $R_{jb}$ .....	17
Slika 3-6: Prvi graf razdelitve zbirke $R_{rup}$ . ....	18
Slika 3-7: Drugi graf razdelitve zbirke $R_{rup}$ .....	18
Slika 3-8: Graf najmanjših povprečnih napovednih vrednosti RMSE.....	19
Slika 4-1: Graf petih izbranih enačb za $M_w=5$ . ....	26
Slika 4-2: Graf petih izbranih enačb za $M_w=6$ . ....	26
Slika 4-3: Graf petih izbranih enačb za $M_w=7$ . ....	27
Slika 4-4: Grafi enačbe Sarma in Free za $M_w=7$ .....	28
Slika 4-5: Grafi enačbe Kalkan in Gülkan za $M_w=7$ .....	28
Slika 4-6: Grafi enačbe Özbey za $M_w=7$ .....	29
Slika 4-7: Grafi enačbe Bragato in Slejko za $M_w=7$ .....	29
Slika 4-8: Grafi enačbe Lagramge za $M_w=7$ .....	30

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 2-1: Podatki za primer delovanja algoritma LM.....	4
Preglednica 2-2: Primer izpisa v programu Excel .....	6
Preglednica 3-1: Vrednosti RMSE pri stokrat umerjenih konstant enačb na intervalu [-1,1] .....	12
Preglednica 3-2: Najmanjši RMSE ter varianca rezultatov vsake enačbe na štirih intervalih.....	15
Preglednica 3-3: Najmanjše vrednosti določenega prametra RMSE glede na zbirko .....	20
Preglednica 3-4: Spremembe konstant .....	21
Preglednica 3-5: Vrednosti umerjenih konstant glede na učno množico v zbirki <i>Rjb</i> .....	22
Preglednica 3-6: Vrednosti umerjenih konstant glede na učno množico v zbirki <i>Rrup</i> .....	23
Preglednica 3-7: Primerjava napak vseh dvajsetih učnih množic najboljše enačbe Lagramge (50) .....	24
Preglednica 4-1: Napake 8 najboljših enačb glede napovedne vrednosti v zbirki <i>Rjb</i> .....	25
Preglednica 4-2: Napake 8 najboljših enačb glede napovedne vrednosti v zbirki <i>Rrup</i> .....	25
Preglednica 4-3: Korelacije med <i>Mw</i> in <i>Ml</i> .....	25
Preglednica 4-4: Členi in število njihovih ponovitev v najboljših 5 enačbah .....	30

## SLOVAR MANJ ZNANIH BESED

**Enačbe napovedi gibanja tal** (*angl.* Ground Motion Prediction Equations) so enačbe, ki napovedujejo različne parametre gibanja tal.

**Parametri gibanja tal** (*angl.* Ground Motion Parameters) so največji pospešek tal, največja hitrost tal in največji pomik tal; spektralni pospeški, spektralne hitrosti in spektralni pomiki.

**Največji pospešek tal** (*angl.* Peak Ground Acceleration) je parameter gibanja tal. Merijo ga akcelometri, enačbe napovedi gibanja tal pa ga predvidevajo. Uporablja se za določanje velikosti potresne obtežbe na konstrukcijo.

**Umerjanje konstant** (*angl.* data fitting) je postopek določanja konstant matematične enačbe, ki se najboljše prilega danim podatkom.

**Algoritem Levenberg-Marquardt** (*angl.* Levenberg-Marquardt algorithm) je eden izmed algoritmov, ki se uporabljajo pri umerjanju konstant, ko zaradi prevelikega števila podatkov ne obstaja enolična rešitev sistema enačb.

**Prečno preverjanje** (*angl.* Cross-validation) je preverjanje napovednega modela, kjer z enačbo, katere konstante so umerjene na učni množici (večja podmnožica zbirke), poskušamo napovedati podatke iz testne množice.

**Koren srednjega kvadratnega odklona** (*angl.* Root Mean Square Error) je statistična mera, ki izračuna koren povprečne napake predvidenih vrednosti glede na izmerjene. Enačba je navedena v (2).

**OKRAJŠAVE IN SIMBOLI**

PGA	Peak Ground Acceleration
GMPEs	Ground Motion Prediction Equations
$R_{jb}$	Joyner-Boorova razdalja
$V_{s,30}$	hitrost potresnih valov v zgornjih 30 m površja
$F$	vrsta tektonskega preloma
$M_w$	momentna magnituda
$M_s$	magnituda površinskih valov
$M_l$	lokalna magnituda
$R_{rup}$	najkrajša razdalja do ravnine preloma
LM	Levenberg-Marquardt
RMSE	Root Mean Squared Error

## 1 UVOD

Potres je naravni pojav, ki že od nekdanj buri človeško domišljijo. Že antične civilizacije so se bale njegove rušilne moči in prosile bogove, naj jim prizanesejo. Veliki antični misleci so imeli številne različne razlage za nastanek potresov. Med drugim so za njihov nastanek krivili hlape v votlinah pod tlemi. V Evropi se je zanimanje za raziskovanje potresov ponovno vzbudilo po Lizbonskem potresu leta 1755, ki je skoraj popolnoma uničil mesto. Znanstveniki so nato postopoma z vedno boljšimi orodji začeli s pomočjo tresenja tal spoznavati notranji ustroj Zemlje. V začetku 20. stoletja so prvič razločili med različnimi vrstami valovanj v tleh. Temu sta kmalu sledili Reidova teorija, ki je še danes osnova za tektonske študije, in spoznanje, da je Zemlja pod površjem tekoča. V 60. letih pa je področje seizmologije zaokrožila teorija tektonskih plošč [1].

### 1.1 Parametri gibanja tal

Potres predstavlja dinamično spreminjajočo se obtežbo, ki jo mora biti objekt sposoben prestat. Posebnost te obtežbe je, da v nasprotju z gravitacijo deluje tako v horizontalni kot vertikalni smeri. Ker pa inženirji pri dimenzioniranju elementov uporabljajo statične obremenitve, je potrebno dinamično obtežbo, ki nastane pri potresu, prevesti v statično. Le-to ocenimo s pomočjo parametrov gibanja tal (spektralni pospeški, hitrosti in pomiki; največji pospešek, hitrost in pomik tal). Ti so uporabljeni v enačbah napovedi gibanja tal – GMPEs (*angl.* Ground Motion Prediction Equations).

### 1.2 Največji vršni pospešek tal

Največji vršni pospešek tal – PGA (*angl.* Peak Ground Acceleration) je najbolj pogosto uporabljan podatek za določanje potresne obtežbe na inženirske objekte. Enačbe pojemanja napovedujejo vrednost PGA, ki je parameter gibanja tal. Pospeške tal v treh medsebojno pravokotnih oseh beležijo akcelometri. V Sloveniji imamo mrežo 37 potresnih opazovalnic [2], ki beležijo dogajanje v tleh. Pri vsakdanjem projektiranju se projektni pospešek tal razbere na karti projektnih pospeškov tal. Za projektiranje zahtevnih objektov z višjimi standardi pa se projektni pospeški določijo s študijami, v katere so vključene enačbe gibanja tal.

### 1.3 Zbirka zapisov potresov

V zbirki zapisov potresov, katere avtorja sta Peruš in Fajfar [3], je zbranih 3550 zapisov močnejših potresov, ki so se zgodili v Evropi in Ameriki. Zbirka vsebuje podatke o magnitudi potresa  $M_w$ , dve različni razdalji do preloma  $R_{jb}$  in  $R_{rup}$ , podatek o vrsti preloma  $F$ , hitrost potresnih valov v zgornjih 30 m površja  $V_{s,30}$  ter podatke o največjem pomiku, največji hitrosti in največjem pospešku tal.

### 1.4 Umerjanje konstant

Umerjanje konstant (*angl.* curve fitting) je proces iskanja najboljše kombinacije konstant za serijo podatkovnih točk, ki slednjo najboljše umerijo. Ločimo tri osnovne vrste umerjanj. Metoda najmanjših kvadratov minimizira kvadrat napake med izmerjenimi in predvidenimi vrednostmi, izračunanimi s pomočjo umerjenih konstant enačbe. Z nelinearnim umerjanjem lahko umerimo katerokoli enačbo poljubne oblike. Tudi ta minimizira kvadrat napake. Pri tem lahko izbiramo med različnimi algoritmi. Tretja vrsta pa je glajenje. Ta kot rezultat ne ustvari enačbe, ampak je rezultat sestavljen iz več enačb. Enačbe z umerjenimi konstantami lahko služijo kot pomoč pri vizualizaciji, sklepanju o vrednosti enačbe, kjer nimamo podanih podatkov, in za predstavljanje povezav med dvema ali več spremenljivkami [4].

### 1.5 Problem

V zadnjih 50 letih je bilo razvitih veliko enačb, ki napovedujejo pospeške tal [5]. Njihova namembnost pa se je razlikovala (splošne ali za določena geografska področja, omejeni intervali magnitud itd.). V

tem obdobju so se povečale tudi zbirke zapisov potresov. Radi bi preverili splošno uporabnost, fizikalno smiselnost in napovedno vrednost obstoječih enačb pojevanja.

## 1.6 Cilji

Za razrešitev problema je potrebno najprej izbrati primerno metodo umerjanja in določiti enačbe, katerih konstante bomo umerjali. Nato konstante izbranih enačb ponovno umerimo s podatkovno zbirko PF-L [3], zatem pa s pomočjo prečnega preverjanja preverimo njihovo napovedno vrednost na neznanih primerih, izvedemo primerjavo originalnih in umerjenih konstant ter najboljše enačbe z novo umerjenimi konstantami grafično primerjamo med seboj in z originalnimi enačbami.

Delo je razdeljeno v več delov, ki si sledijo v logičnem zaporedju. V njih so zadani sledeči cilji:

1. Izbrati enačbe, katerih konstante ponovno umerimo, in primerno metodo za njihovo umerjanje.
2. Preveriti vpliv začetnega približka na konvergenco konstant. V ta namen stokrat umerimo konstante vseh enačb pojevanja z uporabo celotne zbirke PF-L. Za začetne približke konstant pri iterativnem postopku LM enakomerno naključno izberemo števila iz intervala  $[-1,1]$ . Po končanem umerjanju primerjamo raztros napake RMSE (2) za vsako od 45 izbranih enačb posebej.
3. Preučitev vpliva velikosti intervala začetnih približkov. Vsako enačbo umerimo stokrat tako, da za začetne približke izberemo naključne vrednosti iz treh postopoma širših intervalov  $[-10,10]$ ,  $[-100,100]$  in  $[-1000,1000]$  z uporabo celotne zbirke PF-L. Zanima nas, kako se spreminja najmanjši RMSE vseh umerjanj.
4. Raziskava napovedne moči enačb na neznanih primerih. V ta namen desetkrat naključno razdelimo zbirko podatkov na učno in testno množico v razmerju 90% : 10%. Tako dobimo deset razbitij originalne podatkovne zbirke PF-L. Konstante vseh enačb nato umerimo na vseh učnih množicah in za vsako testno množico izračunamo vrednost napake RMSE za vsako enačbo posebej. Enačbe razdelimo v skupine glede na njihovo napovedno vrednost.
5. Primerjava originalnih konstant, ki jih predlagajo njihovi avtorji z umerjenimi konstantami glede na postopek LM. Izberemo dve enačbi iz vsake skupine enačb iz poglavja 3.6. Pri tem nas zanima, v kolikšni meri se nove vrednosti konstant razlikujejo od njihovih originalnih vrednosti.
6. Detajlna analiza umerjanja konstant najboljše enačbe. Preučimo vpliv izbire vhodnih podatkov na spremembe konstant enačbe. Izvedemo primerjavo vsake posamezne konstante in opazujemo njeno spreminjanje na vseh desetih množicah. Za najboljšo enačbo izračunamo R (*angl.* Correlation Coefficient), RMSE in MAE (*angl.* Mean Absolute Error) na vseh testnih množicah s pripadajočimi konstantami.
7. Inženirsko vrednotenje najboljših enačb. Izvedemo primerjavo osmih najboljših enačb. V njej primerjamo napake RMSE, MAE in R vseh enačb. Najprimernejših pet enačb tudi narišemo za tri različne magnitude.

## 1.7 Organiziranost

V uvodu predstavimo našo motivacijo za delo in strokovno podlago. V drugem poglavju predstavimo metodo umerjanja konstant v programu Matlab, s katero smo prišli do rezultatov. V naslednjem poglavju so predstavljene izbrane enačbe, podatkovna zbirka, opisani poskusi in pripadajoči rezultati. V četrtem poglavju grafično prikažemo razlike med posameznimi enačbami, temu pa sledi zaključek. Diplomaska naloga se zaključuje z viri in literaturo ter prilogo, v kateri so objavljeni podrobnejši rezultati.

## 2. ALGORITEM LEVENBERG-MARQUARDT

V tem poglavju opišemo algoritem LM, s katerim smo umerili konstante v enačbah pojanja. Predstavimo in obrazložimo tudi našo skripto v programu Matlab ter ponazorimo njeno delovanje na konkretnem primeru.

### 2.1 Algoritem

Za umerjanje konstant uporabimo algoritem Levenberg-Marquardt (LM) v programu Matlab. LM algoritem izberemo, ker zgornja in spodnja meja velikosti posamezne konstante pri umerjanju nista določeni. Rezultate shranjujemo in primerjamo v programu Excel.

Algoritem LM uporablja metodo nelinearnega umerjanja. Glavni optimizacijski kriterij algoritma je

$$\min_x \|G(x, xdata) - ydata\|_2^2 = \min_x \sum_i (G(x, xdata_i) - ydata_i)^2 \quad (1)$$

Ta nam pove, da imamo  $i$  parov sestavljenih iz izmerjenega podatka  $ydata_i$  in pripadajočega podatka  $xdata_i$  ter osnovno enačbo  $G$ . V našem primeru  $ydata$  predstavljajo izmerjeni PGA,  $xdata$  pa je matrika podatkov, sestavljena iz magnitud, razdalj, vrst tal, vrst prelomov in specifičnih vrednosti vsake enačbe.  $x$  označuje vektor parametrov, ki določajo enačbo  $G$ . Enačbe  $G$  so navedene v poglavju 3.1.

Algoritem optimizira parametre  $x$  tako, da je vsota kvadratov razlik med izmerjenimi in predvidenimi vrednostmi najmanjša. Začetne parametre  $x$  je algoritmu potrebno podati v obliki začetnega približka. Algoritem deluje iterativno po principu nelinearne minimizacije; to pomeni, da v vsaki nadaljnji iteraciji vrednosti  $x$  doda vrednost  $\Delta x$ , ki pa ni nujno enaka prejšnji. Algoritem LM je kombinacija dveh metod: Gauss-Newtonove metode in Gradientne metode, zato je bolj robusten kot Gauss-Newtonova metoda. To pomeni, da v večini primerov najde rešitev, tudi če je začetni približek daleč od končnega lokalnega minimuma [6].

Največji izziv pri delu z LM algoritmom so nelinearni problemi. Ti imajo lahko več lokalnih minimumov, ki jih algoritem prepozna kot rešitev. Glede na izbiro začetnega približka posledično ne pridemo vedno do iste rešitve in tudi ne moremo biti prepričani, da je dobljen rezultat obenem tudi globalni minimum. Zato je pomembno, da postopek zaženemo z različnimi, v našem primeru naključnimi začetnimi približki. V nasprotnem primeru izbira začetnega približka zahteva občutek za velikostni red.

Kot kvantitativni kriterij primerjave rezultatov posameznih umerjanj je uporabljen koren srednjih kvadratov napak – RMSE, ki se ga izračuna po sledeči enačbi:

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (m_i - p_i)^2} \quad (2),$$

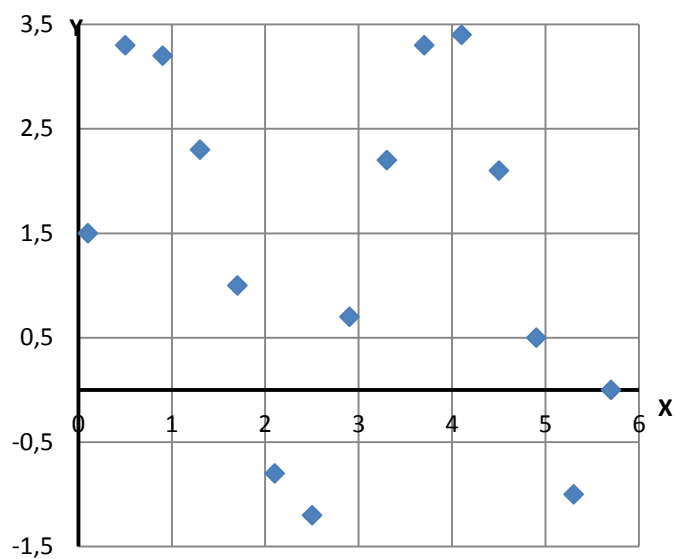
kjer sta  $m_i$  in  $p_i$  izmerjena in predvidena vrednost PGA  $i$ -tega zapisa,  $n$  pa predstavlja število zapisov. Kot najboljši je bil predpostavljen rezultat z najmanjšo vrednostjo RMSE.

### 2.2 Primer delovanja algoritma Levenberg-Marquardt

Imamo 15 vrednosti, ki so podane v sledeči preglednici. Predstavimo jih kot točke v koordinatnem sistemu XY. Želimo najti enačbo, ki se najbolj prilega našim podatkom.

Preglednica 2-1: Podatki za primer delovanja algoritma LM

Številka zaporedne meritve	X	Y
1	0,1	1,5
2	0,5	3,3
3	0,9	3,2
4	1,3	2,3
5	1,7	1
6	2,1	-0,8
7	2,5	-1,2
8	2,9	0,7
9	3,3	2,2
10	3,7	3,3
11	4,1	3,4
12	4,5	2,1
13	4,9	0,5
14	5,3	-1
15	5,7	-1,1



Slika 2-1: Vizualizacija točk v koordinatnem sistemu

Iz oblike slike 2-1 predpostavimo sinusno obliko poteka enačbe skozi točke in kot najprimernejšo izberemo sledečo enačbo:

$$f(x) = x_1 + x_2 * \sin(x_3 + x_4 * x) \quad (3),$$

pri čemer so  $x_1, x_2, x_3$  in  $x_4$  neznanke, ki jih iščemo.



## 2.3 Vnos v Matlab

Sledi vnos vseh potrebnih parametrov v program Matlab. Za reševanje metode najmanjših kvadratov ima Matlab vgrajenih pet različnih algoritmov. Ti so `\`, `lsqnonneg`, `lsqlin`, `lsqnonlin` in `lsqcurvefit`. Zaradi oblike našega problema izberemo slednjega. Matlabova pomoč nam poda sledeči opis algoritma: reši nelinearne probleme umerjanja konstant s pomočjo metode najmanjših kvadratov. Algoritem, uporabljen pri umerjanju konstant enačb za napovedovanje GPA, se je v nekaj podrobnostih razlikoval od sledečega. Izločiti smo namreč morali še negativne vrednosti, ki jih je Matlab logaritmiral. Posledično smo kot najboljšo nekajkrat dobili imaginarno rešitev.

### 2.3.1 Podatki

V Matlab podatke iz preglednice 2-1 vnesemo na sledeč način:

```
[x,resnorm,residual] = lsqcurvefit(fun,x0,xdata,ydata,lb,ub,options),
```

kjer so vhodni podatki:

`fun` enačba, ki jo hočemo umeriti. Naša enačba tako dobi obliko:

$$F = @(x,xdata) x(1)+x(2).*sin(x(3)+x(4).*xdata(:,1)); \quad (4)$$

`x0` vrednost začetnega približka. V namen preiskovanja prostora rešitev moramo uporabiti `for end` zanko z vedno drugačno začetno vrednostjo začetnega približka, za kar uporabimo Matlabovo funkcijo `rand`, ki enakomerno naključno vrne število iz zaprtega enotskega intervala  $[0,1]$ . Le-ta ima statistično enakomerno porazdelitev. Tako ima naš začetni približek obliko `x0=[-2+rand*4; -2+rand*4; -2+rand*4; -2+rand*4]`, saj imamo štiri neznanke in smo se odločili preiskovati območje rešitev na intervalu  $[-2, 2]$ . Čeprav je začetni približek v mejah določenega intervala, lahko iteracija pripelje do rešitev izven le-tega;

`xdata` vektor (v splošnem pa matrika) vhodnih podatkov za enačbo; v našem primeru `X` stolpec preglednice;

`ydata` vektor izhodnih podatkov, s katerim preverjamo enačbo; v našem primeru `Y` stolpec preglednice;

`lb` vektor spodnjih mej območja rešitev. LM algoritem jih nima, zato zapišemo `lb=[-inf -inf -inf -inf]`;

`ub` vektor zgornjih mej območja rešitev. LM algoritem jih nima, zato zapišemo `ub=[inf inf inf inf]`;

`options` ustvari in upravlja strukturo možnosti, ki se urejajo z `optimset-om`. Tu nastavimo vrsto algoritma (LM), največje število evaluacij enačbe (10 000) in največje število iteracij (5 000). `options = optimset ('Algorithm', 'levenberg-marquardt', 'MaxFunEvals', 100000, 'MaxIter', 5000)`.

Izhodni podatki so sledeči:

`x` najdene konstante, ki najbolje umerijo enačbo;

`resnorm` vrne vrednost  $\sum ((\text{fun}(x, xdata) - ydata) .^2)$  za umerjene konstante `x`;

`residual` vrne vektor vrednosti  $\text{fun}(x, xdata) - ydata$  pri umerjenih konstantah `x` za vsak posamezen par podatkov `i`.

Ko imamo vektor `residual` znan, z enačbo (2) izračunamo RMSE. V enačbi (2) `m` predstavlja `ydata` in `p` predstavlja `residual + ydata`.

### 2.3.2 Algoritem enačbe

Tako smo sestavili končni algoritem s sledečo obliko:

```
F = @(x,xdata) x(1)+x(2).*sin(x(3)+x(4).*xdata(:,1));
```

```
xdata=[0.1;0.5;0.9;1.3;1.7;2.1;2.5;2.9;3.3;3.7;4.1;4.5;4.9;5.3;5.7];
```

```

ydata=[1.5;3.3;3.2;2.3;1;-0.8;-1.2;0.7;2.2;3.3;3.4;2.1;0.5;-1;-1.1];
lb=[-inf -inf -inf -inf];
ub=[inf inf inf inf];
options=optimset('Algorithm','levenberg-
marquardt','MaxFunEvals',100000,'MaxIter',5000);
n=0; x1=zeros(1,100); x2=zeros(1,100); x3=zeros(1,100);
x4=zeros(1,100); RMSE1=zeros(1,100);
for i=1:100
    x0=[-2+rand*4; -2+rand*4; -2+rand*4; -2+rand*4];
    try
        [x,resnorm,residual] =
        lsqcurvefit(F,x0,xdata,ydata,lb,ub,options);
        pred(:,1)=residual(:,1)+ydata(:,1);
        RMSE=(1/15.*(sum((pred(:,1)-ydata(:,1)).^2))).^(1/2);
        if imag(x)==0;
            RMSE1(1,i)=RMSE(1,1)
            x1(1,i)=x(1,1);
            x2(1,i)=x(2,1);
            x3(1,i)=x(3,1);
            x4(1,i)=x(4,1);
        else
            n=n+1;
        end
    catch
        n=n+1;
    end
end
end

```

V algoritmu se nahaja `for` zanka, ki stokrat zažene postopek umerjanja z vedno drugačnimi naključnimi vrednostmi  $x_0$ . Pri tem je  $n$  števec neuspešnih zagonov in imaginarnih rešitev, ki se pojavijo v posameznih primerih. Pri nekaterih enačbah GMPEs smo po potrebi uporabili dodatne pogoje.

### 2.3.3 Izpis rezultatov in izhodna datoteka

Za izpis rezultatov uporabimo funkcijo `xlswrite`, s katero shranjujemo podatke v Microsoft Excel. Sledeč logaritem zapišemo petkrat, za RMSE in vsako konstanto posebej.

```

vpis1={' ', 'x1', x1(1,1), x1(1,2), x1(1,3), x1(1,4), x1(1,5) ... }
xlswrite('filepath\filename.xlsx', vpis1, 'List1', 'A1')

```

Tako dobimo Excelovo datoteko, v kateri je zapisanih vseh 100 umerjenih kombinacij z vsemi štirimi konstantami in pripadajoči RMSE.

Preglednica 2-2: Primer izpisa v programu Excel

<b>RMSE</b>	0,35	1,365	1,453	0,350	1,365
<b>x1</b>	1,249	-142,527	1,3	1,249	-142,501
<b>x2</b>	-2,296	144,475	-0,389	-2,3	-144,448
<b>x3</b>	6,291	1,559	-3,725	-3,149	-1,582
<b>x4</b>	-2,009	0,03	4,432	2,009	0,031

## 2.4 Rešitev primera

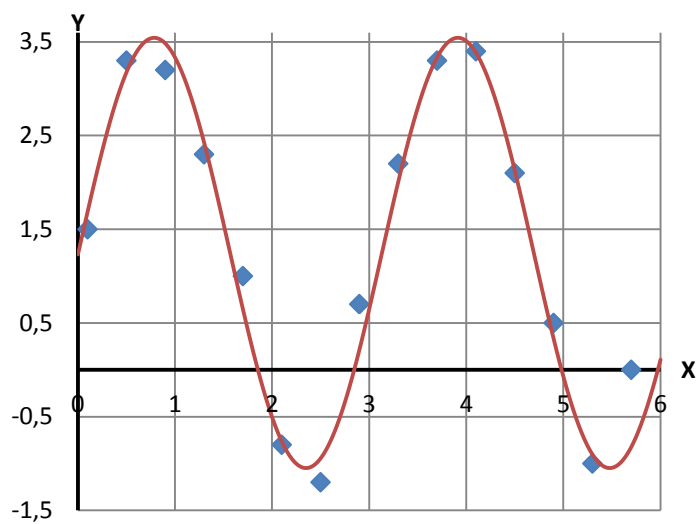
Kot najboljši rezultat z najmanjšim RMSE dobimo sledeče konstante:

$$x_1 = 1,249, x_2 = 2,296, x_3 = -0,007, x_4 = 2,009, RMSE = 0,35$$

Enačba z umerjenimi konstantami ima obliko:

$$f(x) = 1,249 + 2,296 * \sin(-0,007 + 2,009 * x) \quad (5)$$

Za lažjo predstavo zgoraj zapisano enačbo narišemo v sliki 2-2.



Slika 2-2: Enačba (5)

### 3 POSKUSI

V prejšnjem poglavju smo predstavili delovanje algoritma LM, v tem pa najprej predstavimo obravnavane enačbe, katerih konstante nato v nadaljevanju poglavja umerimo. Sledijo rezultati poskusov in komentarji prvih petih zadanih ciljev.

V zbirki [5] je povzeta večina enačb pojemanja tal za oceno največjega vršnega pospeška tal – GMPEs (*angl.* Ground Motion Prediction Equations). Izključene so tiste, ki so bile razvite na podlagi enega potresa ali pa so avtorji pri njihovem nastanku upoštevali premajhen interval magnitude potresa. V zbirki je zajetih 289 študij. Izbrali smo 44 takšnih, katerih avtorji raziskujejo in razvijajo enačbe za uporabo na evropskih tleh. Njihov nastanek kronološko sega od najstarejših pa do najnovejših. Kot zadnje smo dodali modificirano enačbo, ki jo je generiral sistem za strojno učenje enačb Lagramge [7].

#### 3.1 Predstavitev izbranih enačb

V sledečem seznamu so zapisane vse enačbe, ki so uporabljene. Številka pred imenom pomeni zaporedno številko enačbe v zbirki enačb [5], v oklepaju pa je napisana letnica objave enačbe. Izbrane enačbe upoštevajo od dva do pet različnih parametrov. Vse vključujejo magnitudo in razdaljo. Nekatero, kronološko gledano kasnejšo enačbo, pa upoštevajo tudi vpliv vrste tal na mestu merjenja pospeška, pri čemer uporabljajo hitrost potresnih valov v zgornjih 30 m površja  $V_{s,30}$  in vrste preloma  $F$ .

12 Ambraseys {1} (1975)

$$\log(Y) = x_1 + x_2 * M_l + x_3 * \log(R) \quad (6)$$

18 Faccioli {1} (1978)

$$y = x_1 * 10^{x_2 M} (R + 25)^{-x_3} \quad (7)$$

22 Faccioli {2} (1979)

$$\log(y) = x_1 + x_2 M + x_3 \log(R + 25) \quad (8)$$

23 Faccioli in Agalbato (1979)

$$\log(y) = x_1 + x_2 M + x_3 \log(R) \quad (9)$$

34 PML {1} (1982)

$$\ln(a) = x_1 + x_2 M + x_3 \ln[R + x_4 \exp(x_5 M)] \quad (10)$$

35 Schenk (1982)

$$\log(A_{mean}) = x_1 M + x_2 \log(R) + x_3 \quad (11)$$

46 PML {2} (1985)

$$\ln(a) = x_1 + x_2 M + x_3 \ln[R + x_4 \exp(x_5 M)] + x_6 F \quad (12)$$

50 Sabetta in Pugliese (1987)

$$\log(y) = x_1 + x_2 M - \log(R^2 + x_3^2)^{1/2} + x_4 S \quad (13)$$

67 Ambraseys {2} (1990)

$$\log(y) = x_1 + x_2 M_w - \log(d^2 + x_3^2)^{1/2} + x_4 (d^2 + x_3^2)^{1/2} \quad (14)$$

72 Sigbjörnsson {1} in {2} (1990)

$$a_{peak} = x_1 \exp(x_2 M) \exp(-x_3 R) R^{-x_4 P}; P = 1 \quad (15)$$

Zaradi velikega raztrosa enačbe smo le-to logaritmirali in umerili še drugič [8]. Nova enačba ima tako obliko:

$$\ln(a_{peak}) = x_1 + x_2 M - x_3 R - x_4 \ln(R) \quad (16)$$

74 Ambraseys in Bommer (1991)

$$\log(a) = x_1 + x_2 M - \log(d^2 + x_3^2)^{1/2} + x_4 (d^2 + x_3^2)^{1/2} \quad (17)$$

76 Garcia-Fernández in Canas (1991)

$$\ln(PGA) = x_1 + x_2 M - 0,5 \ln(r) - x_3 r \quad (18)$$

86 Ambraseys *et al.* {3} (1992)

$$\log(a) = x_1 + x_2 M + x_3 (d^2 + x_4^2)^{1/2} + x_5 \log(d^2 + x_4^2)^{1/2} \quad (19)$$

92 Theodulidis in Papazachos (1992)

$$\ln(Y) = x_1 + x_2M + x_3 \ln(R + x_4) + x_5S \quad (20)$$

108 Musson *et al.* {1} in {2} (1994)

$$\ln(A) = x_1 + x_2M - \ln(R) + x_3R \quad (21)$$

in  $\ln(A) = x_1 + x_2M + x_3R + \ln G(R, R_0)$

$$(22)$$

113 Ambraseys {4} (1995)

$$\log(a) = x_1 + x_2M_s + x_3(d^2 + x_4^2)^{1/2} + x_5 \log(d^2 + x_4^2)^{1/2} \quad (23)$$

118 Sarma in Free (1995)

$$\log(a_h) = x_1 + x_2M + x_3M^2 + x_4 \log(d^2 + x_5^2)^{1/2} + x_6(d^2 + x_5^2)^{1/2} + x_7S \quad (24)$$

119 Ambraseys *et al.* in Simpson {5} (1996)

$$\log(y) = x_1 + x_2M + x_3 \log(d^2 + x_4^2)^{1/2} + x_5S_A + x_6S_S \quad (25)$$

146 Sarma in Srbulov (1998)

$$\log(a_p/g) = x_1 + x_2M_s + x_3d + x_4 \log d \quad (26)$$

148 Smit (1998)

$$\log(Y) = x_1 + x_2M - \log R + x_3R \quad (27)$$

152 Ólafsson in Sigbjörnsson (1999)

$$\log(a_{\max}) = x_1 + x_2 \log M_0 - x_3 \log(R) \quad (28)$$

157 Ambraseys in Douglas (2000)

$$\log(y) = x_1 + x_2M_s + x_3d + x_4S_A + x_5S_S \quad (29)$$

175 Gülkan in Kalkan (2002)

$$\ln(Y) = x_1 + x_2(M - 6) + x_3(M - 6)^2 + x_4 \ln(r_{cl}^2 + x_5^2)^{1/2} + x_6 \ln(V_S/x_7) \quad (30)$$

181 Tromans in Bommer (2002)

$$\log(y) = x_1 + x_2M_s + x_3 \log(d^2 + x_4^2)^{1/2} + x_5S_A + x_6S_S \quad (31)$$

187 Boomer *et al.* (2003)

$$\log(y) = x_1 + x_2M + x_3 \log(r^2 + x_4^2)^{1/2} + x_5S_A + x_6S_S + x_7S_N + x_8F_R \quad (32)$$

189 Halldórsson in Svelnsson {1} in {2} (2003)

$$\log(A) = x_1M - x_2 \log R + x_3 \quad (33)$$

in  $\log(A) = x_1M - \log R - x_2R + x_3$

$$(34)$$

192 Skarlatoudis *et al.* (2003)

$$\log(Y) = x_1 + x_2M + x_3 \log(R^2 + x_4^2)^{1/2} + x_5F + x_6S \quad (35)$$

195 Bragato {1} (2004)

$$\log_{10}(y) = x_1 + (x_2 + x_3m)m + (x_4 + x_5m) \log_{10}(r^2 + x_6^2)^{1/2} \quad (36)$$

197 Kalkan in Gülkan (2004)

$$\ln Y_v = x_1 + x_2(M - 6) + x_3(M - 6)^2 + x_4(M - 6)^3 + x_5 \ln(r_{cl}^2 + x_6^2)^{1/2} + x_7\Gamma_1 + x_8\Gamma_2 \quad (37)$$

202 Özbey *et al.* (2004)

$$\log(Y) = x_1 + x_2(M - 6) + x_3(M - 6)^2 + x_4 \log(R^2 + x_5^2)^{1/2} + x_6G_1 + x_7G_2 \quad (38)$$

207 Ambraseys *et al.* {6} (2005)

$$\log(y) = x_1 + x_2M_w + (x_3 + x_4M_w) \log(d^2 + x_5^2)^{1/2} + x_6S_S + x_7S_A + x_8F_N + x_9F_T + x_{10}F_O; F_O = 0 \quad (39)$$

209 Bragato {2} (2005)

$$\log_{10}(PGA) = x_1 + x_2M_s + x_3r \quad (40)$$

210 Bragato in Slejko (2005)

$$\log_{10}(Y) = x_1 + (x_2 + x_3M)M + (x_4 + x_5M^3) \log_{10}(d^2 + x_6^2)^{1/2} \quad (41)$$

235 Akkar in Boomer (2007)

$$\log(y) = x_1 + x_2M + x_3M^2 + (x_4 + x_5M) \log(r_{jb}^2 + x_6^2)^{1/2} + x_7S_S + x_8S_A + x_9F_N + x_{10}F_R \quad (42)$$

242 Danciu in Tselentis (2007)

$$\log_{10}(Y) = x_1 + x_2M - x_3 \log_{10}(R^2 + x_4^2)^{1/2} + x_5S + x_6F \quad (43)$$

254 Cauzzi in Faccioli (2008)

$$\log_{10}(y) = x_1 + x_2M_w + x_3 \log_{10}R + x_4S_B + x_5S_C + x_6S_D \quad (44)$$

256 Cotton *et al.* (2008)

$$\log[\text{PSA}(f)] = x_1 + x_2 M_w + x_3 M^2 + x_4 R - \log_{10}[R + x_5 \times 10^{0,42 M_w}] + Si(f) \quad (45)$$

260 Massa *et al.* (2008)

$$\log_{10}(Y) = x_1 + x_2 M + x_3 \log(R^2 + x_4^2)^{1/2} + x_5 S_A + x_6 S_{(B+C)} \quad (46)$$

266 Akyol in Karagöz (2009)

$$\log(y) = x_1 + x_2 (M - 6) + x_3 \log r + x_4 S \quad (47)$$

275 Pétursson in Vogfjörð (2009)

$$\log_{10}(\text{PGA}) = x_1 \log_{10}(r + x_2 10^{gM + eM^2}) + x_3 M + x_5 + x_4 M^2; g = -x_3/x_1, e = -x_4/x_1 \quad (48)$$

283 Faccioli *et al.* {3} (2010)

$$\log_{10} \text{DRS}(T) = x_1 + x_2 M_w + x_3 \log_{10}(R_{rup} + x_4 10^{x_5 M_w}) + x_6 S_B + x_7 S_C + x_8 S_D + x_9 E_N + x_{10} E_R + x_{11} E_S \quad (49)$$

modificirani Lagrange (2013)

Zaradi fizikalne pravilnosti smo enačbi odvzeli člen  $x_i * \ln(R_{jb} + x_{(i+1)})$  in ga zamenjali s členom

$x_i * \ln(\sqrt{R_{jb}^2 + x_{(i+1)}^2})$ . Nova enačba ima tako obliko:

$$\ln(\text{PGA}) = x_1 + x_2 M_w + x_3 \exp(x_4 M_w) + x_5 \exp(x_6 M_w) + x_7 \frac{\exp(x_8 M_w)}{(R_{jb} + x_9)} + x_{10} \ln(R_{jb}^2 + x_{11}^2)^{1/2} + x_{12} S + x_{13} F \quad (50).$$

### 3.2 Zbirka zapisov podatkov

Peruš in Fajfar sta za raziskave z metodo CAE (*angl.* Conditional Average Estimator) ustvarila ogromno zbirko podatkov 'PF-L' [3], ki je unija podatkovnih zbirk, uporabljenih v študijah "Next Generation Attenuation models", in študije evropskih avtorjev Akkarja in Bommerja. Sestavljena je iz 3550 zapisov o približno 200 močnejših potresih, ki so se zgodili v Evropi in Ameriki [7]. V zbirki se nahajajo podatki o:

- magnitudi potresa  $M_w$

Nekatere enačbe zahtevajo magnitudo površinskih valov  $M_S$  ali lokalno magnitudo  $M_l$ . Zato za pretvorbo uporabimo enačbe, navedene v [9]. Le te so sledeče:

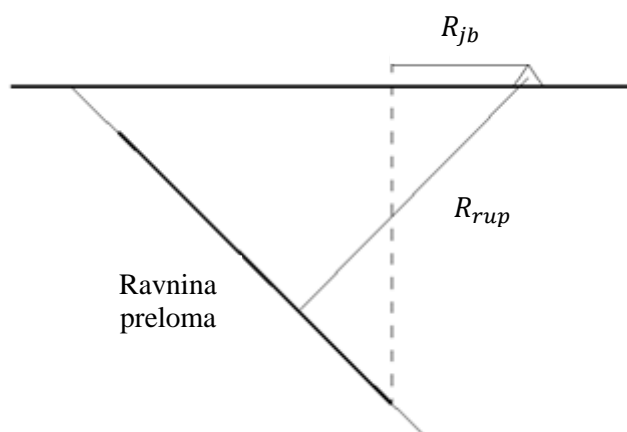
$$M_w = 0,571 M_S + 2,484 \text{ (do } 5,5 M_S), \quad (51)$$

$$M_w = 0,817 M_S + 1,176 \text{ (nad } 5,5 M_S) \text{ in} \quad (52)$$

$$M_w = 0,953 M_l + 0,422; \quad (53)$$

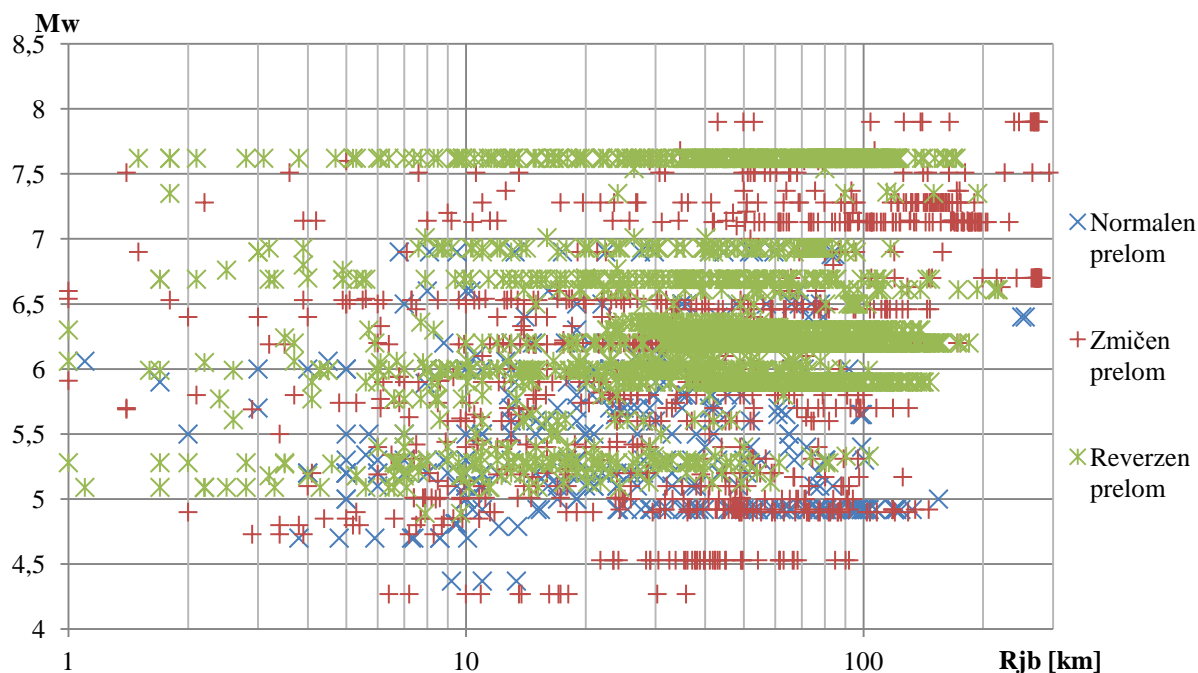
- dve različno definirani razdalji  $R_{jb}$  in  $R_{rup}$

To sta  $R_{jb}$  (Joyner-Boorova razdalja) in  $R_{rup}$  (razdalja do preloma). Vsi izmed teh zapisov imajo podatek  $R_{jb}$ , 3083 pa jih ima podatek  $R_{rup}$ . Zaradi tega so vsi poskusi izvedeni dvakrat, za vsako razdaljo posebej;



Slika 3-1: Grafični prikaz razdalj  $R_{jb}$  in  $R_{rup}$

- podatek o vrsti preloma  $F$ : ločimo tri osnovne vrste prelomov (navadni, reverzni, zmični). Glede na te se razlikuje vrednost  $F$ ;
- hitrost potresnih valov v zgornjih 30 m površja  $V_{s,30}$ ;
- podatke o največjem pomiku, največji hitrosti in največjem pospešku tal;
- zaradi lažjega umerjanja konstant so zbirke po potrebi dodane še za vsako enačbo specifične vrednosti različnih členov enačb.



Slika 3-2: Zapisi potresov v zbirki v odvisnosti od magnitude, razdalje in vrste preloma

### 3.3 Vpliv začetnega približka na konvergenco algoritma LM

Rezultati prvega dela so prikazani v spodnji preglednici. V njej obravnavamo izračunane vrednosti RMSE, ki jih dobimo kot rezultate vseh 100 umerjanj na celotni zbirki PF-L na intervalu [-1,1]. Izmed vseh umerjanj so podani najmanjša in največja vrednost RMSE, povprečje vseh 100 umerjanj in standardna deviacija rezultatov. V zadnjem stolpcu »Zbirka« je naveden podatek, pri kateri razdalji ( $R_{jb}$  ali  $R_{rup}$ ) dobimo za določeno enačbo manjšo minimalno vrednost RMSE. Opazimo, da ima 37

izmed 45 enačb na danem intervalu samo en minimum, oziroma več enakovrednih minimumov v polju rešitev. Preostalih 8 enačb ima več neenakovrednih lokalnih minimumov. Le 4 imajo najboljši rezultat pri umerjanju s podatkom  $R_{rup}$ , pri ostalih pa daje boljše rezultate razdalja  $R_{jb}$ .

Preglednica 3-1: Vrednosti RMSE pri stokrat umerjenih konstantah enačb na intervalu [-1,1]

Enačba	Minimum	Maksimum	Povprečje	St. odklon	Zbirka
Ambraseys {1}	0,41	0,41	0,41	1,8E-09	Rjb
Faccioli {1}	0,09	0,16	0,12	3,7E-02	Rjb
Faccioli {2}	0,09	0,09	0,09	1,7E-10	Rjb
Faccioli in Agalbato	0,41	0,41	0,41	1,2E-09	Rjb
PML {1}	0,09	0,41	0,21	1,5E-01	Rjb
Schenk	0,41	0,41	0,41	7,5E-10	Rjb
PML {2}	0,09	0,4	0,2	1,5E-01	Rjb
Sabetta in Pugliese	0,09	0,09	0,09	1,2E-06	Rjb
Ambraseys {2}	0,09	0,09	0,09	2,5E-07	Rjb
Sigbjörnsson {1}	0,08	3,4E+142	3,5E+140	3,4E+141	Rjb
Sigbjörnsson {2}	0,16	0,16	0,16	7,6E-10	Rjb
Ambraseys in Boomer	0,09	0,09	0,09	2,7E-07	Rjb
García-Fernández in Canas	0,12	0,12	0,12	5,1E-10	Rrup
Ambraseys et al. {3}	0,09	0,09	0,09	4,5E-08	Rjb
Theodulidis in Papazachos	0,1	0,1	0,1	4,3E-06	Rjb
Musson et al. {1}	0,88	0,88	0,88	3,8E-09	Rrup
Musson et al. {2}	2,72	2,72	2,72	5,1E-09	Rjb
Ambrasey {4}	0,09	0,09	0,09	2,6E-08	Rjb
Sarma in Free	0,09	0,09	0,09	1,5E-08	Rjb
Ambraseys et al. in Simpson	0,09	0,09	0,09	3E-09	Rjb
Sarma in Srbulov	0,16	0,16	0,16	2,7E-10	Rjb
Smit	0,8	0,8	0,8	1,6E-15	Rrup
Ólafsson in Sigbjörnsson	0,41	0,41	0,41	9,2E-09	Rjb
Ambraseys in Douglas	0,11	0,11	0,11	7,6E-12	Rjb
Gülkan in Kalkan	0,09	0,09	0,09	4E-08	Rjb
Tromans in Bommer	0,09	0,09	0,09	3,6E-09	Rjb
Bommer et al.	0,09	0,09	0,09	6,2E-08	Rjb
Halldórsson in Sveinsson {1}	0,41	0,41	0,41	5,3E-10	Rjb
Halldórsson in Sveinsson {2}	0,88	0,88	0,88	6,9E-10	Rrup
Skarlatoudis	0,09	0,09	0,09	2,7E-09	Rjb
Bragato {1}	0,09	0,09	0,09	9,1E-07	Rjb
Kalkan in Gülkan	0,09	0,09	0,09	5,8E-08	Rjb
Özbey et al.	0,09	0,09	0,09	3,3E-08	Rjb
Ambraseys {6}	0,09	0,09	0,09	6,5E-07	Rjb
Bragato {2}	0,11	0,11	0,11	7,6E-12	Rjb
Bragato in Slejko	0,08	0,08	0,08	7,8E-07	Rjb
Akkar in Boomer	0,09	0,09	0,09	6,7E-07	Rjb

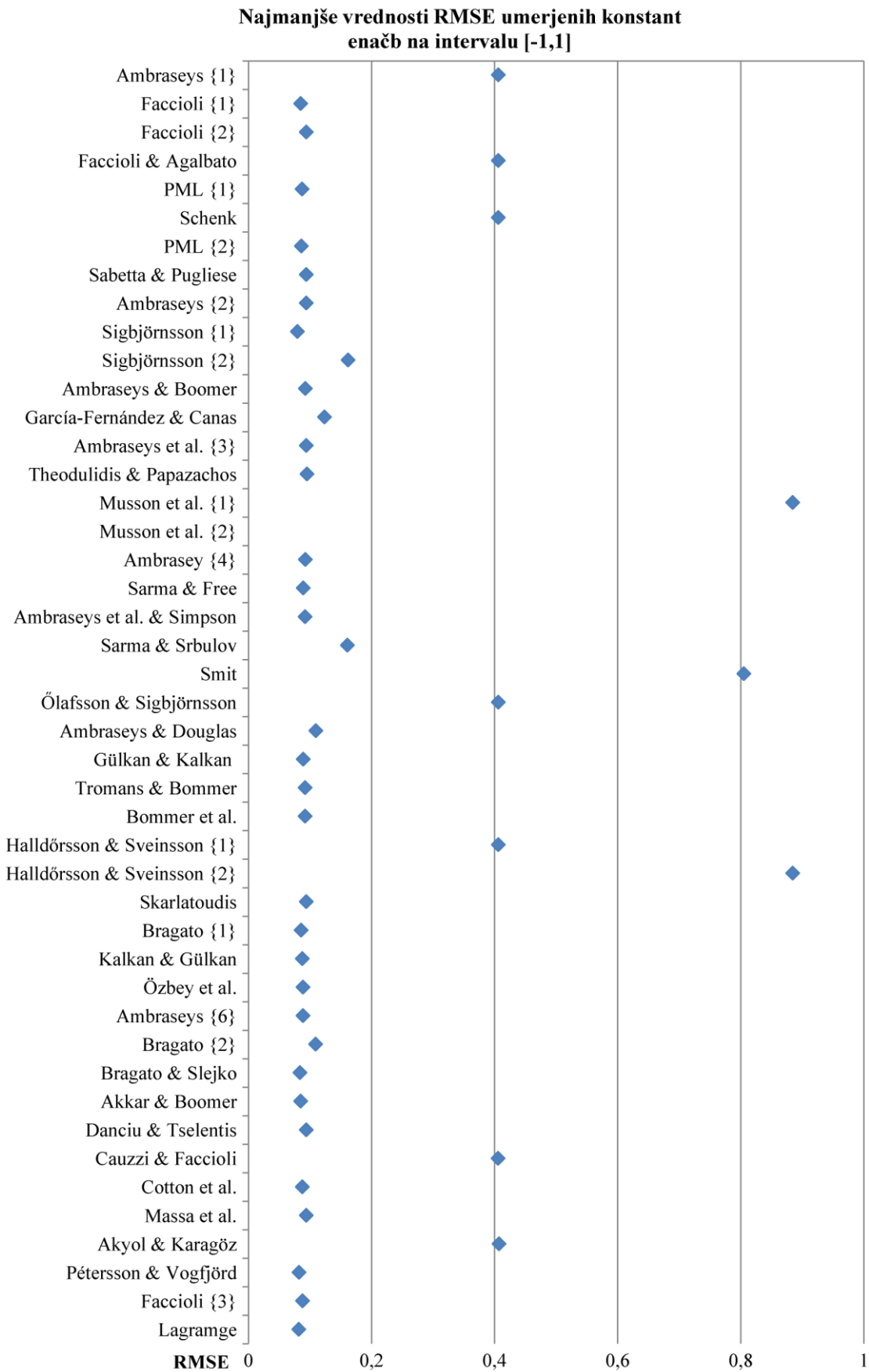
se nadaljuje...



... nadaljevanje preglednice 3-1.

Enačba	Minimum	Maksimum	Povprečje	St. odklon	Zbirka
Danciu in Tselentis	0,09	0,09	0,09	4,5E-09	Rjb
Cauzzi in Faccioli	0,41	0,41	0,41	6,6E-10	Rjb
Cotton et al.	0,09	0,09	0,09	2,5E-07	Rjb
Massa et al.	0,09	0,09	0,09	3,5E-08	Rjb
Akyol in Karagöz	0,41	0,41	0,41	5,5E-10	Rjb
Pétersson in Vogfjörd	0,08	7,67	0,28	8,4E-01	Rjb
Faccioli {3}	0,09	0,4	0,23	1,5E-01	Rjb
Lagrange	0,08	0,09	0,09	2,8E-03	Rjb

Na sledečem grafu je prikazan prvi stolpec zgornje preglednice. Manjka samo najmanjša vrednost enačbe Musson et. al {2}, ki je zaradi boljše ločljivosti (vrednost 2,722) odrezana iz grafa. Razvidno je, da se najmanjše vrednosti RMSE enačb v večini primerov gibljejo na intervalu od 0,08 do 0,1. To kaže na to, da so kljub temu, da so bile enačbe razvite na ločenih zbirkah podatkov in z različnimi nameni, najboljši kvalitativni rezultati novih umeritev večine enačb med seboj skoraj enakovredni.



Slika 3-3: Najmanjše vrednosti napake RMSE

### 3.4 Vpliv velikosti prostora začetnih približkov

Ponovno stokrat umerimo konstante enačb s celotno zbirko PF-L, le da tokrat z izbiro začetnih približkov konstant iz treh postopoma širših intervalov [-10,10], [-100,100] in [-1000,1000]. Pri tem nas zanima ali s povečevanjem intervala pridemo do nižjih vrednosti RMSE in posledično boljših rešitev. V sledeči preglednici je izvedena primerjava najmanjših vrednosti RMSE vseh enačb za vsakega izmed treh intervalov in njihovih varianc. V preglednici se nahaja stolpec »Lastnost«, ki opisuje določeno lastnost posamezne enačbe. Obrazložitev stolpca »Lastnost«:

- a pomeni, da Matlab umeri enačbo vedno na iste konstante, ne glede na vrednost začetnega približka;
- b pomeni, da ima enačba več neenakovrednih lokalnih minimumov v prostoru rešitev;
- c pomeni, da ima enačba za enako kvaliteto umeritev več različnih kombinacij rešitev umerjenih konstant.

Opazimo, da v vseh primerih z izjemo enega (Musson et. al (2)) RMSE z večanjem intervala narašča oziroma ostaja nespremenjen. Iz tega sklepamo, da z večanjem intervala v veliki večini primerov ne dobimo boljšega rezultata. Le-tega dobimo že s podrobnim preiskovanjem prostora rešitev na intervalu [-1,1].

Preglednica 3-2: Najmanjši RMSE in varianca rezultatov vsake enačbe na štirih intervalih

Minimalne vrednosti RMSE			Interval [-10,10]		Interval [-100,100]		Interval [-1000,1000]	
Enačba	Zbirka	Lastnost	RMSE	Varianca	RMSE	Varianca	RMSE	Varianca
Ambraseys {1}	Rjb	a	0,41	3,97E-18	0,41	3,77E-17	0,41	3,5E-15
Faccioli {1}	Rjb	c	0,09	4,41 E+121	0,16	5,54 E+292	0,16	4,3 E+7
Faccioli {2}	Rjb	a	0,09	2,18E-19	0,09	1,48E-17	0,09	1,5E-15
Faccioli in Agalbato	Rjb	a	0,41	1,85E-18	0,41	1,16E-17	0,41	1,1E-15
PML {1}	Rjb	b	0,09	1,90E-02	0,09	1,27E-02	0,13	2,7E-03
Schenk	Rjb	a	0,41	4,64E-19	0,41	1,14E-17	0,41	1E-15
PML {2}	Rjb	b	0,09	2,18E-02	0,09	1,57E-02	0,22	3,3E-04
Sabetta in Pugliese	Rjb	a	0,09	1,43E-12	0,09	1,76E-12	0,09	1,7E-11
Ambraseys {2}	Rjb	b	0,09	4,34E-14	0,09	5,90E-13	0,09	1,1E-04
Sigbjörnsson {1}	Rjb	b	0,09	1,61 E+273	0,09	4,42 E+297	0,16	3,6 E+284
Sigbjörnsson {2}	Rjb	a	0,16	5,83E-19	0,16	3,31E-17	0,16	3,9E-15
Ambraseys in Boomer	Rjb	b	0,09	3,66E-14	0,09	4,59E-12	0,09	6,3E-04
García-Fernández in Canas	Rrup	a	0,12	3,34E-18	0,12	8,08E-17	0,12	7,4E-15
Ambraseys et al. {3}	Rjb	b	0,09	3,92E-15	0,09	1,27E-14	0,09	1,3E-04
Theodulidis in Papazachos	Rjb	a	0,1	1,01E-11	0,1	2,41E-11	0,1	2,7E-11
Musson et al. {1}	Rrup	a	0,88	2,64E-16	0,88	7,03E-15	0,88	5,9E-13
Musson et al. {2}	Rjb	a	2,67	8,60E-17	2,67	6,32E-15	2,67	6,3E-13
Ambrasey {4}	Rjb	b	0,09	8,72E-16	0,09	7,69E-15	0,09	1,5E-04
Sarma in Free	Rjb	b	0,09	5,13E-16	0,09	9,95E-15	0,09	1,4E-04
Ambraseys et al. in Simpson	Rjb	a	0,09	8,59E-18	0,09	2,30E-16	0,09	2,2E-16

se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice 3-2.

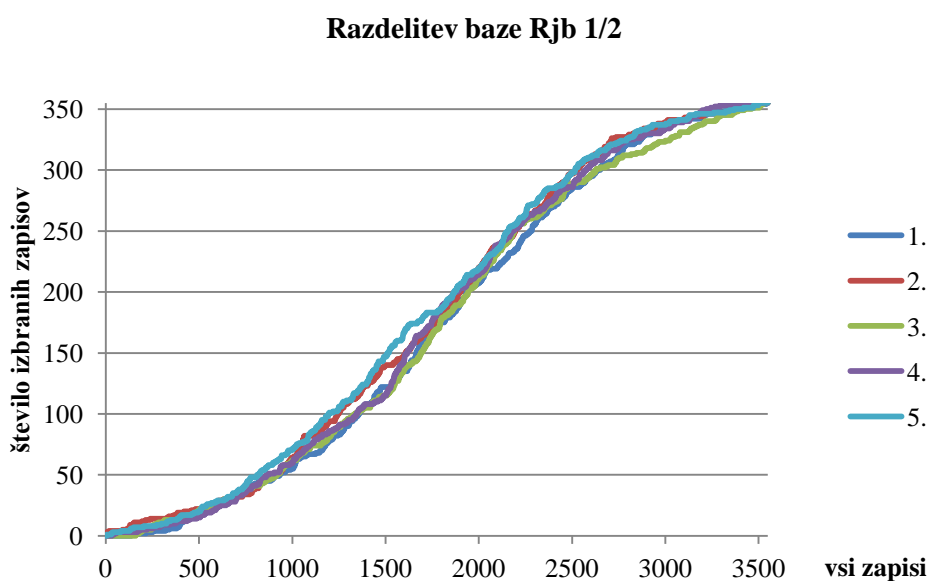
Minimalne vrednosti RMSE			Interval [-10,10]		Interval [-100,100]		Interval [-1000,1000]	
Sarma in Srbulov	Rjb	a	0,161	2,1E-18	0,161	2E-16	0,161	2,2E-14
Smit	Rrup	c	0,844	1,7E-17	0,844	1E-15	0,844	7,1E-14
Ólafsson in Sigbjörnsson	Rjb	a	0,406	3,2E-15	0,406	4E-13	0,406	3,4E-11
Ambraseys in Douglas	Rjb	a	0,109	5,8E-23	0,109	1,2E-21	0,109	1E-19
Gülkan in Kalkan	Rjb	c	0,089	2,2E-15	0,089	9,9E-16	0,089	3,7E-15
Tromans in Bommer	Rjb	b	0,092	8,3E-18	0,092	1,6E-17	0,092	1,2E-05
Bommer et al.	Rjb	a	0,092	4,6E-15	0,092	4,4E-15	0,092	1,4E-14
Halldórsson in Sveinsson {1}	Rjb	a	0,406	4,9E-19	0,406	1,1E-17	0,406	9,5E-16
Halldórsson in Sveinsson {2}	Rrup	a	0,884	2,9E-16	0,884	3,2E-14	0,884	3,2E-12
Skarlatoudis	Rjb	b	0,094	6,6E-18	0,094	3,9E-17	0,094	1,1E-05
Bragato {1}	Rjb	a	0,085	1,9E-12	0,085	1,9E-12	0,085	6,9E-12
Kalkan in Gülkan	Rjb	a	0,087	3,4E-15	0,087	2,4E-15	0,087	1E-14
Özbey et al.	Rjb	a	0,088	1,2E-15	0,088	1,5E-15	0,088	8,1E-15
Ambraseys {6}	Rjb	a	0,088	4,6E-13	0,088	4E-13	0,088	2,3E-12
Bragato {2}	Rjb	a	0,109	5,4E-23	0,109	5E-22	0,109	4,1E-20
Bragato in Slejko	Rjb	b	0,084	7,4E-12	0,084	8,9E-11	0,084	9,5E-05
Akkar in Boomer	Rjb	a	0,085	6,8E-13	0,085	7E-13	0,085	5,4E-12
Danciu in Tselentis	Rjb	b	0,094	4,1E-17	0,094	4,4E-17	0,094	1,1E-05
Cauzzi in Faccioli	Rjb	a	0,406	1,3E-17	0,406	1,4E-15	0,406	1,3E-13
Cotton et al.	Rjb	b	0,087	1,4E-15	0,087	1,7E-16	0,087	4,7E-05
Massa et al.	Rjb	c	0,094	2,7E-15	0,094	1,4E-15	0,094	3,8E-15
Akyol in Karagöz	Rjb	a	0,407	2,2E-18	0,407	1,6E-16	0,407	1,4E-14
Péttersson in Vogfjörð	Rjb	b	0,085	1,4 E11	0,085	7,5 E193	0,085	5,7 E196
Faccioli {3}	Rjb	b	0,087	1,7E-02	0,087	9,40E-03	0,134	1,4E-03
Lagramge	Rjb	b	0,081	5,6 E265	0,089	3,8E+15	0,093	5,5E-04

Zanima nas spreminjanje variance napake glede na velikost intervala. Pri tem posredno opazujemo število različnih kombinacij konstant, ki jih Matlab določi kot rešitev. Algoritem LM kot rešitev prepozna lokalne minimume. Le ti so si lahko med seboj enakovredni ali pa različni. Ko opazujemo varianco napake, opazujemo število neenakovrednih lokalnih minimumov na izbranem intervalu, v katerem začnemo iskati rešitev. Število lokalnih minimumov je odvisno od oblike posamezne enačbe in pripadajočih konstant. Veliko jih ima samo en minimum, nekaj pa je tudi takšnih, ki imajo večje število minimumov. Kot je razvidno iz preglednice, imajo nekatere enačbe zelo velike variance; vzrok je, da algoritem LM pri iskanju minimuma najde rešitev, ki pa je zelo slaba. Zaradi pojava takšnih rešitev posledično varianca zelo hitro narase na izjemne velikosti, ki pa ne odražajo dejanskih rezultatov. Iz tega sklepamo, da varianca v določenih primerih ni primerna mera za oceno napake.

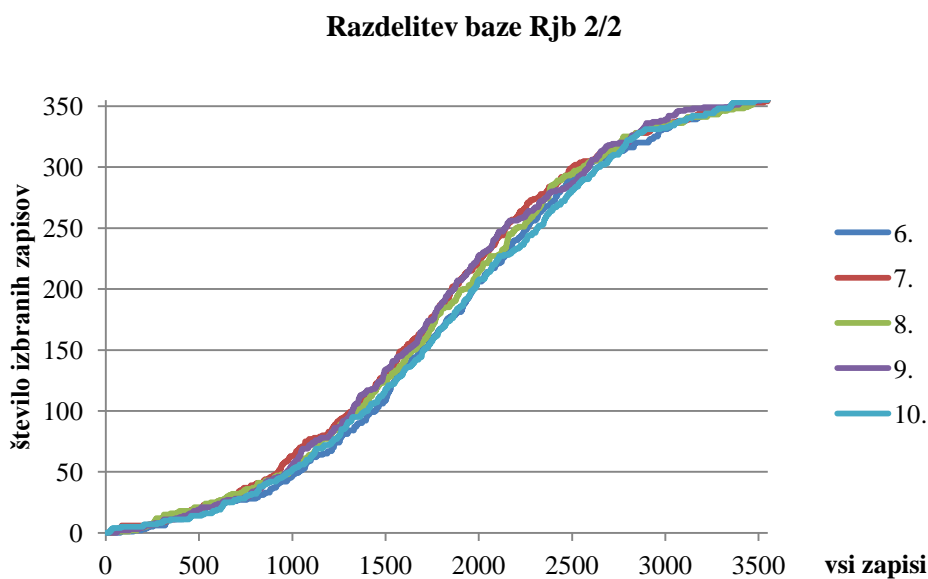
### 3.5 Napovedovalna moč enačb na neznanih primerih

S prečnim preverjanjem dobimo zanesljivo oceno napovedne vrednosti posameznih enačb. V ta namen zbirko podatkov najprej desetkrat naključno razdelimo na učno množico (90%) in testno množico (10%). To nam omogoči funkcija `randn` v Matlabu z naravno porazdelitvijo. Zbirko uredimo po magnitudi naraščajoče. V spodnjih grafih je prikazano število v testne množice izbranih potresov v odvisnosti od celotne zbirke. Na x osi je zaporedna številka potresa v zbirki, na y osi pa se nahaja seštevek izbranih potresov. Zaradi večje preglednosti je število grafov iz dveh povečano na štiri.

Sledita grafa desetih razdelitev zbirke  $R_{jb}$ . Izmed 3550 zapisov smo jih izbrali 355.



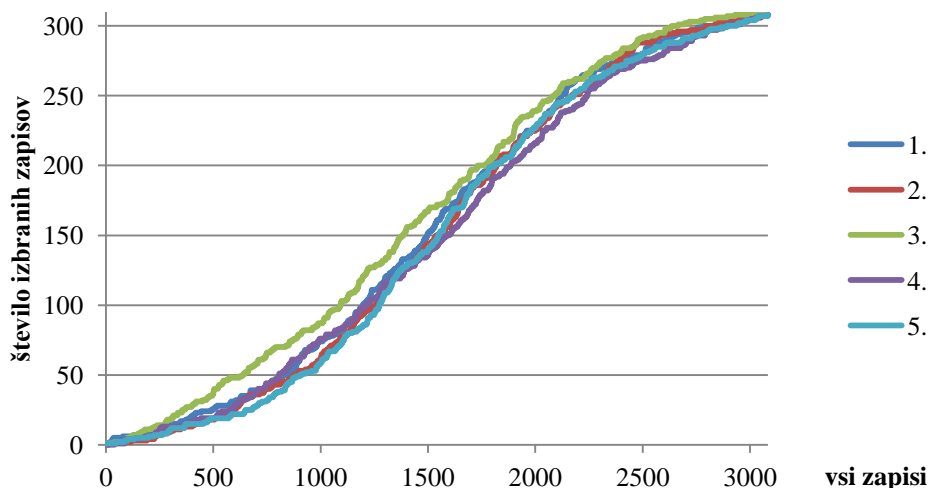
Slika 3-4: Prvi graf razdelitev zbirke  $R_{jb}$



Slika 3-5: Drugi graf razdelitve zbirke  $R_{jb}$

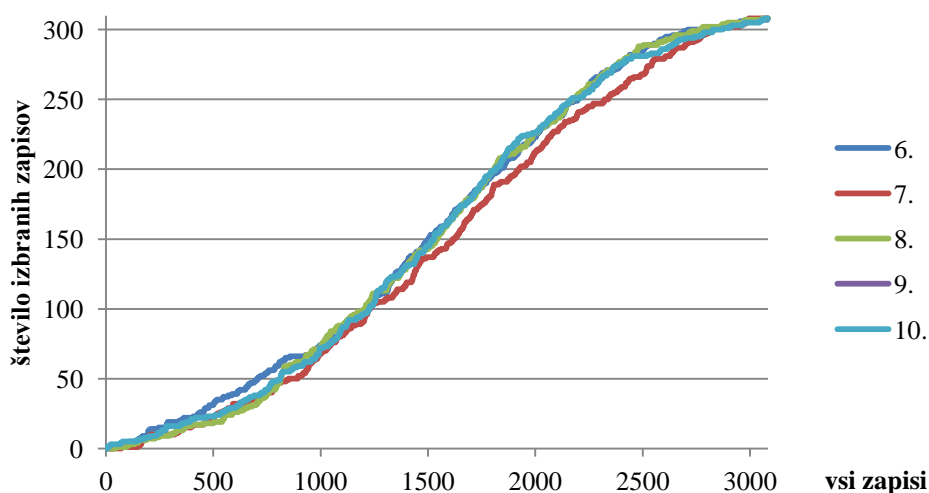
Sledita grafa desetih razdelitev zbirke  $R_{rup}$ . Izmed 3083 zapisov smo jih izbrali 308.

### Razdelitev baze $R_{rup}$ 1/2



Slika 3-6: Prvi graf razdelitve zbirke  $R_{rup}$

### Razdelitev baze $R_{rup}$ 2/2

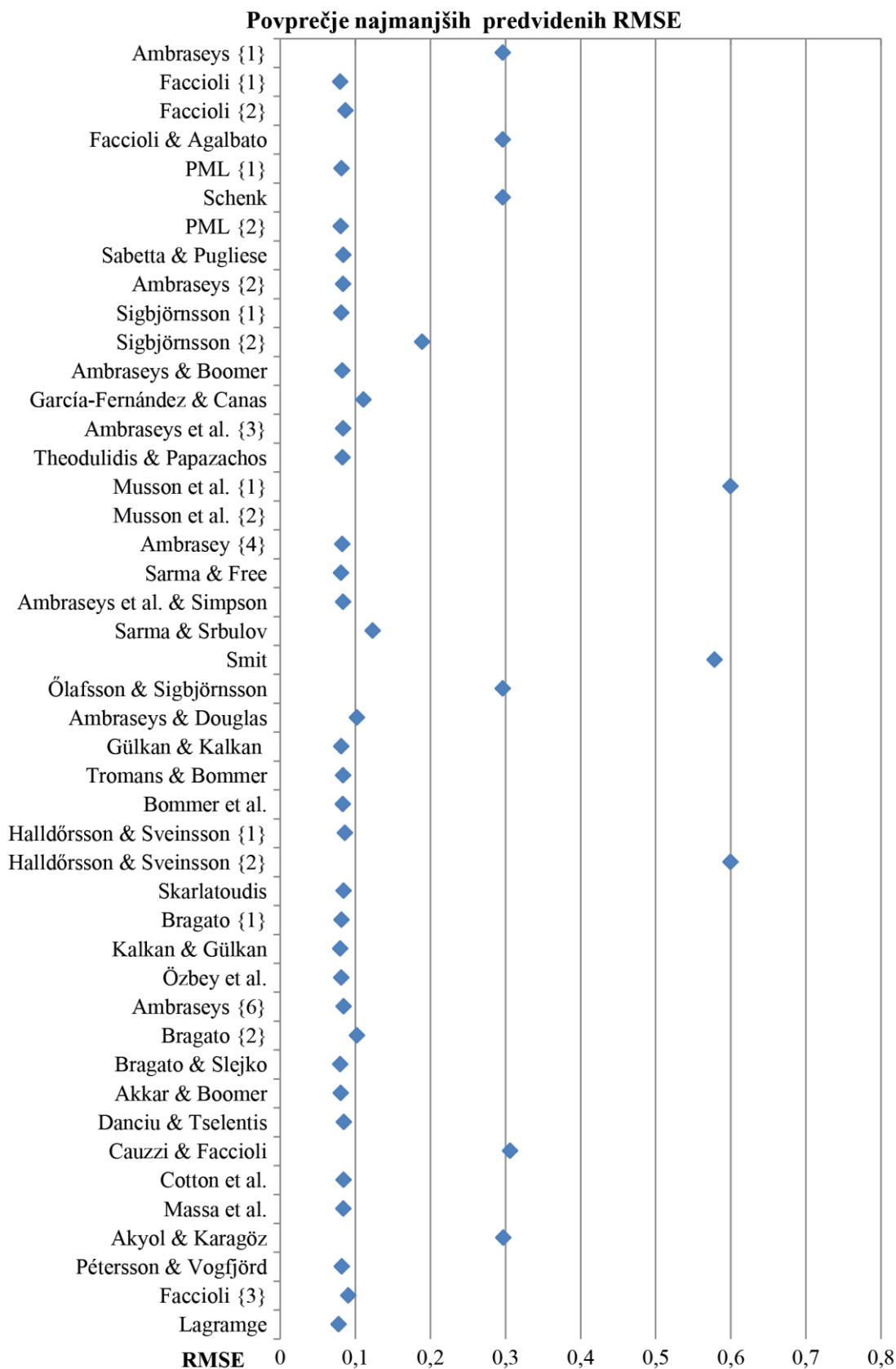


Slika 3-7: Drugi graf razdelitve zbirke  $R_{rup}$

Tako dobimo za vsako vrsto razdalje deset razbitij originalne podatkovne zbirke PF-L. Konstante vseh enačb nato umerimo na vseh učnih množicah. S tem dobimo dve preglednici vseh enačb, v katerih so zapisi konstant posameznih enačb za 20 različnih množic. Podrobnejši rezultati so podani v prilogi v preglednicah A-1 in A-2. Nato za vsako enačbo z novo umerjenimi konstantami s pomočjo testnih množic izračunamo pripadajoče vrednosti napak RMSE. Le-te nato primerjamo. Podrobni rezultati za obe razdalji so prikazani v preglednicah A-3 in A-4.

Na sledečem grafu za lažjo predstavo narišemo povprečje najmanjših vrednosti napake RMSE posameznih testnih množic, a le za razdaljo z manjšo napako. Na njem zaradi boljše razločnosti ni

zajeta vrednost Musson et al. {2} (1,982). Graf nam pomaga razdeliti enačbe v tri skupine glede na njihovo napovedno vrednost.



Slika 3-8: Graf najmanjših povprečnih napovednih vrednosti RMSE

Sledeča preglednica vsebuje ime zbirke ( $R_{jb}$  ali  $R_{rup}$ ), pri kateri dobimo najmanjšo vrednost za določen parameter (varianca, povprečna vrednost, minimum in maksimum). Dobimo vzorec, v katerem vidimo, da sta v večini primerov skupna povprečna in najmanjša posamična vrednost RMSE iz zbirke  $R_{jb}$ . Največja posamična vrednost pa večinoma iz zbirke  $R_{rup}$ .

Preglednica 3-3: Najmanjše vrednosti določenega prametra RMSE glede na zbirko

Enačba	Najmanjša varianca	Najmanjše povprečje	Najmanjši minimum	Najmanjši maksimum
Ambraseys {1}	Rjb	Rjb	Rrup	Rjb
Faccioli {1}	Rrup	Rjb	Rjb	Rrup
Faccioli {2}	Rjb	Rjb	Rjb	Rjb
Faccioli in Agalbato	Rjb	Rjb	Rrup	Rjb
PML {1}	Rrup	Rrup	Rjb	Rrup
Schenk	Rjb	Rjb	Rjb	Rjb
PML {2}	Rrup	Rrup	Rjb	Rrup
Sabetta in Pugliese	Rjb	Rjb	Rjb	Rjb
Ambraseys {2}	Rrup	Rjb	Rjb	Rjb
Sigbjörnsson {1}	Rrup	Rjb	Rjb	Rrup
Sigbjörnsson {2}	Rrup	Rjb	Rjb	Rrup
Ambraseys in Boomer	Rrup	Rjb	Rjb	Rjb
García-Fernández in Canas	Rrup	Rrup	Rrup	Rrup
Ambraseys et al. {3}	Rjb	Rjb	Rjb	Rjb
Theodulidis in Papazachos	Rjb	Rjb	Rjb	Rjb
Musson et al. {1}	Rrup	Rrup	Rrup	Rrup
Musson et al. {2}	Rjb	Rjb	Rrup	Rjb
Ambrasey {4}	Rrup	Rjb	Rjb	Rjb
Sarma in Free	Rjb	Rjb	Rjb	Rjb
Ambraseys et al. in Simpson	Rjb	Rjb	Rjb	Rjb
Sarma in Srbulov	Rjb	Rjb	Rrup	Rjb
Smit	Rrup	Rrup	Rrup	Rrup
Ólafsson in Sigbjörnsson	Rjb	Rjb	Rrup	Rjb
Ambraseys in Douglas	Rjb	Rrup	Rrup	Rjb
Gülkan in Kalkan	Rrup	Rjb	Rjb	Rjb
Tromans in Bommer	Rjb	Rjb	Rjb	Rjb
Bommer et al.	Rjb	Rjb	Rjb	Rjb
Halldórsson in Sveinsson {1}	Rjb	Rjb	Rrup	Rjb
Halldórsson in Sveinsson {2}	Rrup	Rrup	Rrup	Rrup
Skarlatoudis	Rjb	Rjb	Rjb	Rjb
Bragato {1}	Rrup	Rjb	Rjb	Rrup
Kalkan in Gülkan	Rjb	Rjb	Rjb	Rjb
Özbey et al.	Rrup	Rjb	Rjb	Rrup
Ambraseys {6}	Rjb	Rjb	Rjb	Rrup
Bragato {2}	Rjb	Rrup	Rrup	Rjb
Bragato in Slejko	Rrup	Rjb	Rjb	Rrup

se nadaljuje...



... nadaljevanje preglednice 3-3

Enačba	Najmanjša varianca	Najmanjše povprečje	Najmanjši minimum	Najmanjši maksimum
Akkar in Boomer	Rrup	Rrup	Rjb	Rrup
Danciu in Tselentis	Rjb	Rjb	Rjb	Rjb
Cauzzi in Faccioli	Rjb	Rjb	Rrup	Rjb
Cotton et al.	Rrup	Rrup	Rjb	Rrup
Massa et al.	Rjb	Rjb	Rjb	Rjb
Akyol in Karagöz	Rjb	Rjb	Rrup	Rjb
Pétterssonin & Vogfjörd	Rrup	Rjb	Rjb	Rrup
Faccioli {3}	Rrup	Rrup	Rrup	Rrup
Lagrange	Rrup	Rjb	Rjb	Rrup

### 3.6 Vpliv izbire vhodnih podatkov na spremembe konstant

Enačbe razdelimo glede na njihovo povprečno napovedno vrednost iz prejšnje točke v tri skupine po sledečem kriteriju:

- prva skupina je skupina enačb, pri katerih je RMSE najmanjši ( $<0,1$ );
- druga skupina je skupina enačb, pri katerih je RMSE med 0,1 in 0,3;
- tretja skupina enačb ima RMSE večji od 0,3.

Nato iz vsake skupine izberemo dve enačbi. Naredimo primerjavo originalnih konstant, ki jih predlagajo njihovi avtorji z umerjenimi konstantami glede na postopek LM.

Vidimo, da je razpon priporočenih in umerjenih vrednosti konstant ne glede na natančnost napovednih vrednosti enačb relativno velik. Pogosto tudi za več kot 100% priporočene vrednosti avtorjev, v nekaterih primerih pa konstante spremenijo tudi predznak.

Preglednica 3-4: Spremembe konstant

Zaporedna številka konstante	Povprečje 10 umerjanj Rjb	Celotna zbirka Rjb	Povprečje 10 umerjanj Rrup	Celotna zbirka Rrup	Priporočene vrednosti avtorjev
<b>1. SKUPINA</b>					
<b>Faccioli {1}</b>					
x1	25120,213	26225,515	43206,544	43810,565	108,6
x2	0,123	0,124	0,096	0,097	0,265
x3	1,83	1,844	1,828	1,833	0,808
<b>Kalkan in Gülkan</b>					
x1	0,887	0,91	1,306	1,346	0,055
x2	0,882	0,885	0,817	0,829	0,387
x3	-0,038	-0,032	-0,046	-0,039	-0,006
x4	-0,131	-0,133	-0,105	-0,11	0,041
x5	-1,11	-1,119	-1,202	-1,213	-0,944
x6	7,305	7,389	8,681	8,856	7,72
x7	0,185	0,191	0,237	0,234	0,277
x8	0,267	0,274	0,291	0,286	0,03

se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice 3-4

Zaporedna številka konstante	Povprečje 10 umerjanj Rjb	Celotna zbirka Rjb	Povprečje 10 umerjanj Rrup	Celotna zbirka Rrup	Priporočene vrednosti avtorjev
<b>2. SKUPINA</b>					
<b>Ambraseys {1}</b>					
x1	1,524	1,521	1,905	1,902	0,46
x2	0,202	0,204	0,214	0,217	0,63
x3	-0,676	-0,682	-0,931	-0,937	-1,1
<b>Akyol in Karagöz</b>					
x1	-0,288	-0,279	0,169	0,18	1,33
x2	0,212	0,214	0,225	0,228	0,64
x3	-0,677	-0,683	-0,932	-0,939	-1,657
x4	0,106	0,11	0,137	0,144	0,15
<b>3. SKUPINA</b>					
<b>Smit</b>					
x1	8,811	8,806	8,983	8,973	5,23
x2	0,331	-7,184	0,389	4,909	0,868
x3	-0,093	7,422	-0,169	-4,687	-0,001
<b>Musson et al. {2}</b>					
x1	-0,531	-0,552	-0,427	-0,443	-1,471
x2	0,53	0,536	0,514	0,519	0,849
x3	0,002	0,002	0,002	0,002	-0,015

### 3.7 Detajlna analiza umerjanja konstant najboljše enačbe

Podrobno analiziramo najboljšo enačbo po kriteriju RMSE. Njene konstante smo umerili na učnih množicah že v poglavju 3.4, tukaj pa sledi še podroben pregled spreminjanja posameznih konstant glede na različna razbitja. Za najboljšo enačbo po kriteriju RMSE se izkaže modificirana enačba Lagrange (50) oblike:

$$\ln(PGA) = x_1 + x_2 M_w + x_3 \exp(x_4 M_w) + x_5 \exp(x_6 M_w) + x_7 \frac{\exp(x_8 M_w)}{(R_{jb} + x_9)} + x_{10} \ln(R_{jb}^2 + x_{11}^2)^{\frac{1}{2}} + x_{12} S + x_{13} F$$

Konstant  $a_{12}$  in  $a_{13}$  nismo spreminjali, ampak smo ju ohranili enaki, kot sta predlagani v [7]. Preostale konstante pa se spreminjajo na sledeč način:

Preglednica 3-5: Vrednosti umerjenih konstant glede na učno množico v zbirki  $R_{jb}$

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
<b>1. Rjb</b>	-3,948	0,836	-16,248	-12,145	-3,303	-4,21	0	2,693	40,369	-1,168	6,793
<b>2. Rjb</b>	-38,45	4,036	46,777	-0,18	0	2,336	-0,014	1,195	58,771	-1,298	7,717
<b>3. Rjb</b>	-3,985	0,834	-6,602	-5,588	9,572	-9,14	0	2,413	38,628	-1,154	6,589
<b>4. Rjb</b>	-2,616	-1,529	-6,771	0,063	10,118	0,136	0	2,173	107,257	-1,214	7,762
<b>5. Rjb</b>	2,489	-2,169	12,248	0,124	-13,6	0,003	0	2,141	99,252	-1,249	8,206
<b>6. Rjb</b>	0,461	-1,68	9,61	0,128	-9,72	0,001	0	2,202	93,036	-1,222	7,74

se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice 3-5

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
<b>7. Rjb</b>	-4,021	0,847	-6,959	-4,363	0,948	-10,23	0	2,509	41,689	-1,163	6,817
<b>8. Rjb</b>	-4	0,84	-0,83	-2,484	14,21	-3,292	0	2,621	40,694	-1,158	6,671
<b>9. Rjb</b>	0,691	-1,895	-9,624	0,002	9,8	0,133	0	2,2	98,608	-1,238	8,02
<b>10. Rjb</b>	-0,735	0,197	0,093	1,207	-0,09	1,21	-0,008	1,273	58,629	-1,277	7,642
<b>Var.</b>	140,35	3,62	319,84	16,828	83,435	18,952	0	0,267	813,061	0,003	0,371
<b>Min</b>	-38,45	-2,169	-16,248	-12,145	-13,6	-10,23	-0,014	1,195	38,628	-1,298	6,589
<b>Max</b>	2,489	4,036	46,777	1,207	14,21	2,336	0	2,693	107,257	-1,154	8,206
<b>Povpr.</b>	-5,411	0,032	2,169	-2,324	1,794	-2,305	-0,002	2,142	67,693	-1,214	7,396
<b>St. dev.</b>	11,239	1,805	16,966	3,892	8,666	4,13	0,005	0,49	27,051	0,049	0,578

Preglednica 3-6: Vrednosti umerjenih konstant glede na učno množico v zbirki  $R_{rup}$

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
<b>1. Rrup</b>	-36,54	-22,07	81,603	0,125	-336,89	-0,872	-0,002	1,775	384,45	-1,38	9,923
<b>2. Rrup</b>	-40,42	-21,39	-332,99	-0,884	83,06	0,122	-0,002	1,798	364,49	-1,398	10,574
<b>3. Rrup</b>	-64,01	7,802	295,56	-0,429	-935,95	-0,947	-0,003	1,683	309,79	-1,389	10,403
<b>4. Rrup</b>	403,8	67,292	134,92	0,232	-574,33	0,142	-0,049	1,561	886,95	-1,386	10,165
<b>5. Rrup</b>	-62,93	7,669	-913,04	-0,944	292,2	-0,429	-0,002	1,75	278,8	-1,4	10,153
<b>6. Rrup</b>	-29,28	3,344	0	2,744	36,512	-0,193	-0,02	1,154	51,723	-1,409	7,945
<b>7. Rrup</b>	-0,559	0,337	-0,055	1,306	0,056	1,304	-0,061	1,032	57,348	-1,435	7,902
<b>8. Rrup</b>	-57,36	7,055	-874,1	-0,95	272,79	-0,435	-0,002	1,732	258,27	-1,392	9,907
<b>9. Rrup</b>	-40,18	-22,14	84,683	0,123	-334,68	-0,875	-0,002	1,803	368,94	-1,386	10,269
<b>10. Rrup</b>	-30,41	3,489	38,46	-0,197	0	2,635	-0,043	1,059	53,323	-1,425	7,833
<b>Var.</b>	20065	673,03	178769	1,332	152802	1,277	0,001	0,103	60465	0	1,281
<b>Min</b>	-64,01	-22,14	-913,04	-0,95	-935,95	-0,947	-0,061	1,032	51,723	-1,435	7,833
<b>Max</b>	403,8	67,292	295,56	2,744	292,2	2,635	-0,002	1,803	886,95	-1,38	10,574
<b>Povpr.</b>	4,212	3,139	-148,5	0,113	-149,72	0,045	-0,019	1,535	301,41	-1,4	9,507
<b>St. dev.</b>	134,39	24,611	401,11	1,095	370,84	1,072	0,022	0,305	233,28	0,017	1,074

Kljub velikim razlikam med istimi konstantami pri različnih umerjanjih, dobimo skoraj identične grafe, ko vse enačbe narišemo (slika 4-8). To je najverjetneje zaradi polja rešitev, saj ima enačba Lagrange veliko različnih rešitev, ki pa imajo skoraj enako napovedno vrednost po kriteriju RMSE. Ko smo primerjali vpliv različnih konstant pri posameznih umerjanjih, smo ugotovili, da posamezne konstante v nekaterih primerih ne vplivajo na končno vrednost enačbe. Katere so te konstante, je pri vsakem umerjanju odvisno od razmerij med velikostmi konstant. Največkrat na velikost rezultata nista vplivali konstanti  $x_3$  in  $x_5$ .

Sledi preglednica, kjer se nahajajo vrednosti R (*angl.* Correlation Coefficient), RMSE in MAE (*angl.* Mean Absolute Error) za vseh 20 kombinacij konstant na pripadajočih testnih množicah.

Preglednica 3-7: Primerjava napak vseh dvajsetih učnih množic enačbe Lagrange (50)

Rjb	Vrsta napake	Vrednost napake	Rrup	Vrsta napake	Vrednost napake
1	R	0,8	1	R	0,7
	RMSE	0,08		RMSE	0,07
	MAE	0,04		MAE	0,04
2	R	0,8	2	R	0,83
	RMSE	0,1		RMSE	0,07
	MAE	0,04		MAE	0,04
3	R	0,82	3	R	0,79
	RMSE	0,07		RMSE	0,1
	MAE	0,04		MAE	0,04
4	R	0,78	4	R	0,73
	RMSE	0,08		RMSE	0,09
	MAE	0,04		MAE	0,04
5	R	0,8	5	R	0,77
	RMSE	0,09		RMSE	0,07
	MAE	0,04		MAE	0,04
6	R	0,79	6	R	0,78
	RMSE	0,07		RMSE	0,06
	MAE	0,03		MAE	0,03
7	R	0,79	7	R	0,78
	RMSE	0,07		RMSE	0,1
	MAE	0,03		MAE	0,05
8	R	0,81	8	R	0,81
	RMSE	0,07		RMSE	0,06
	MAE	0,04		MAE	0,04
9	R	0,87	9	R	0,83
	RMSE	0,06		RMSE	0,06
	MAE	0,03		MAE	0,03
10	R	0,73	10	R	0,7
	RMSE	0,11		RMSE	0,09
	MAE	0,05		MAE	0,03
povprečje vseh 10 vrednosti Rjb	R	0,8	povprečje vseh 10 vrednosti Rrup	R	0,77
	RMSE	0,08		RMSE	0,08
	MAE	0,04		MAE	0,04

Iz preglednice je razvidno, da je povprečje vsake od treh napak ne glede na zbirko skoraj enako.

#### 4 INŽENIRSKO VREDNOTENJE NAJBOLJŠIH ENAČB

V tem poglavju osem najboljših enačb iz poglavja 3.5 primerjamo med seboj. Vzamemo konstante, ki so bile umerjene na celotni podatkovni zbirki PF-L. Izvedemo primerjavo napak RMSE, MAE in R, najprimernejših pet enačb narišemo za tri različne magnitude, nato pa še grafično prikažemo odstopanja med enačbami pri posameznih umerjanjih konstant ter predlaganimi enačbami avtorjev. Na koncu izvedemo primerjavo posameznih členov, ki se pojavljajo v najboljših enačbah.

V sledeči preglednici se nahajajo napake R, RMSE in MAE za osem najboljših enačb, katerih konstante so umerjene na celotni zbirki podatkov.

–  $R_{jb}$

Preglednica 4-1: Napake osmih najboljših enačb glede napovedne vrednosti v zbirki  $R_{jb}$

	Lagrange	Faccioli {1}	Kalkan in Gulkan	Bragato in Slejko	PML {2}	Sarma in Free	Özbey	Gülkan in Kalkan
R	0,777	0,75	0,744	0,774	0,76	0,731	0,736	0,732
RMSE	0,082	0,085	0,087	0,084	0,086	0,089	0,088	0,089
MAE	0,041	0,047	0,043	0,042	0,043	0,044	0,0436	0,044

–  $R_{rup}$

Preglednica 4-2: Napake osmih najboljših enačb glede napovedne vrednosti v zbirki  $R_{rup}$

	Lagrange	Faccioli {1}	Kalkan in Gulkan	Bragato in Slejko	PML {2}	Sarma in Free	Özbey	Gülkan in Kalkan
R	0,746	0,72	0,698	0,751	0,73	0,695	0,693	0,688
RMSE	0,087	0,089	0,094	0,088	0,089	0,094	0,095	0,095
MAE	0,042	0,048	0,045	0,042	0,042	0,045	0,045	0,046

Vsi rezultati so boljši, ko v enačbah obravnavamo  $R_{jb}$  kot razdaljo namesto  $R_{rup}$ . To najverjetneje odraža lastnost podatkov zbirke. Za risanje grafov izmed zgornjih osem enačb izberemo pet takšnih, ki vsebujejo člen  $x_1 \ln(R_{jb}^2 + x_2^2)^{1/2}$ , saj s tem zagotovimo fizikalno pravilnost enačbe. Pri tem upoštevamo sledeče podatke:

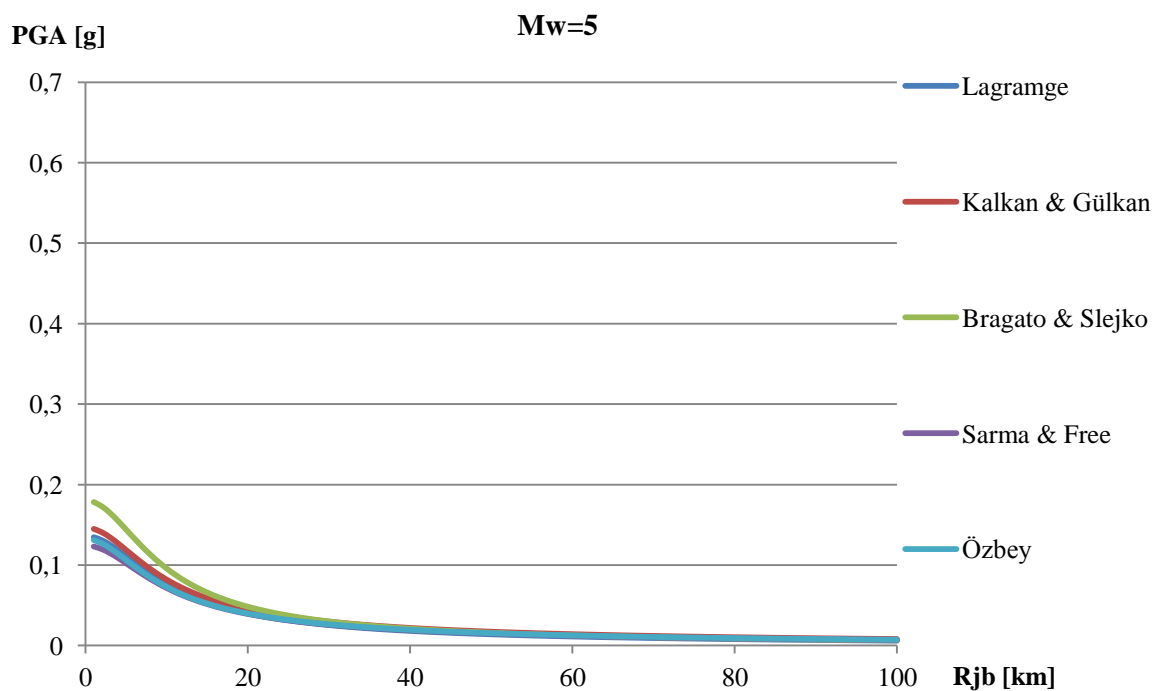
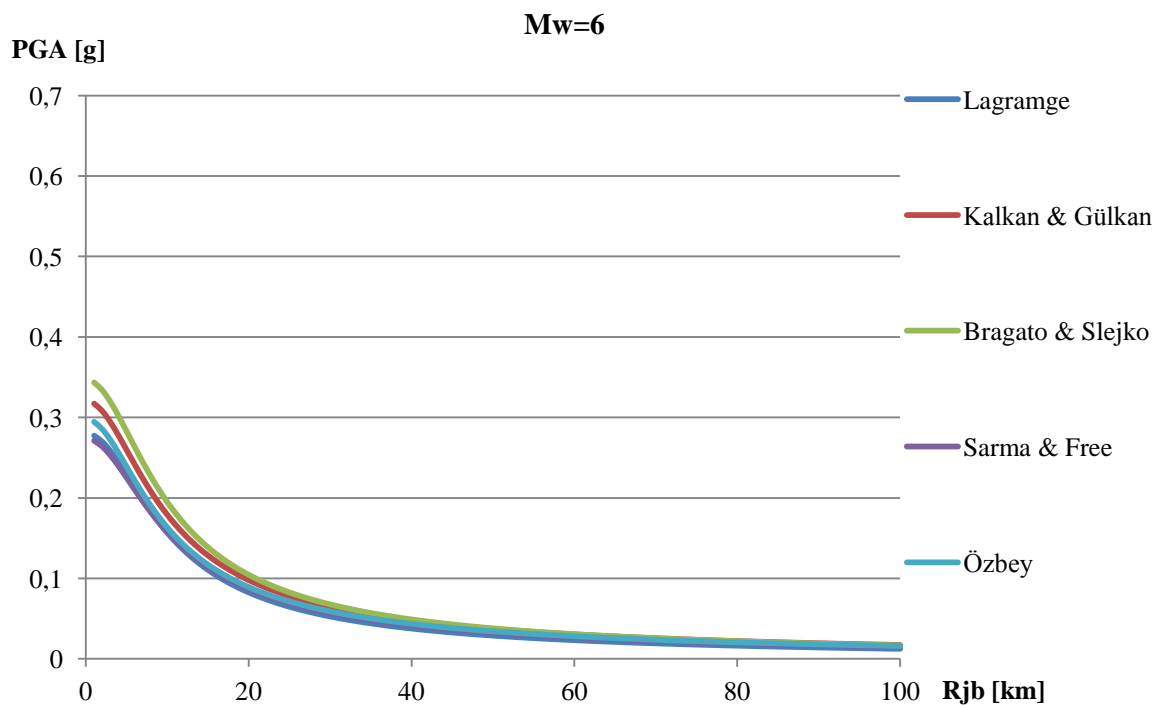
- $V_{s,30}=520$  m/s
- vrsta preloma: zmičen (strike slip)
- $M_w=5,6,7$

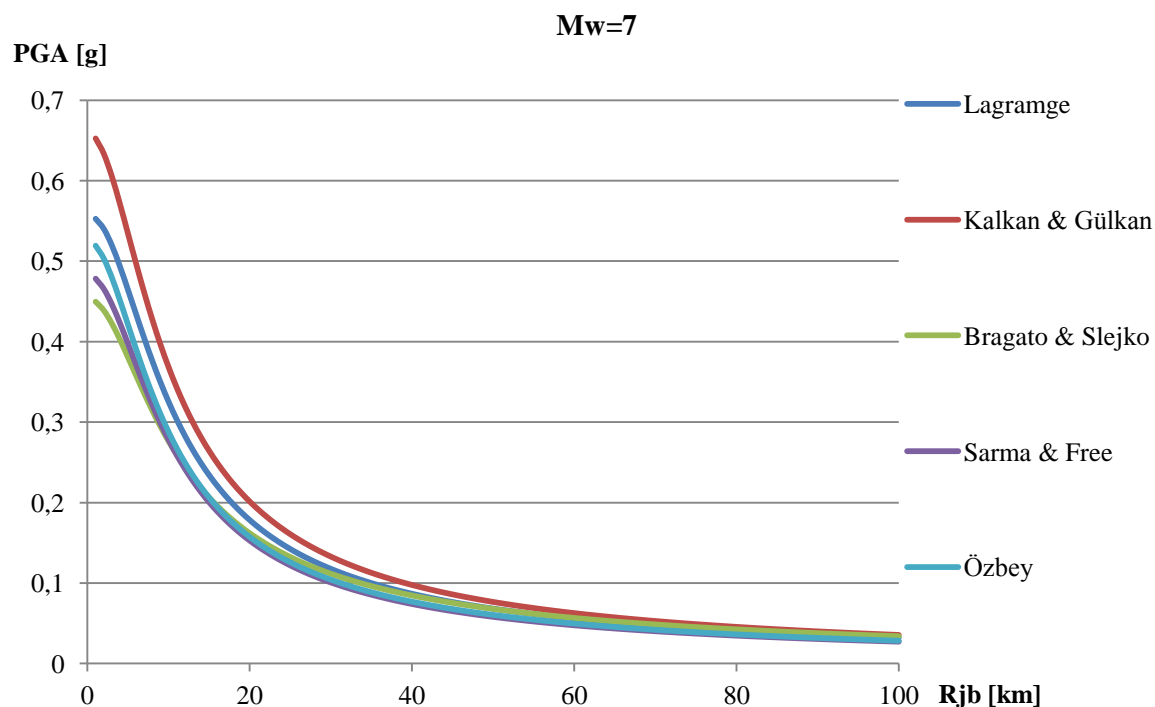
Enačbo Bragato in Slejko izračunamo in narišemo z magnitudo  $M_l$ , ostale pa z  $M_w$ . Tako uporabimo korelacije iz [9].

Preglednica 4-3: Korelacije med  $M_w$  in  $M_l$

Mw	MI
7	6,902
6	5,853
5	4,804

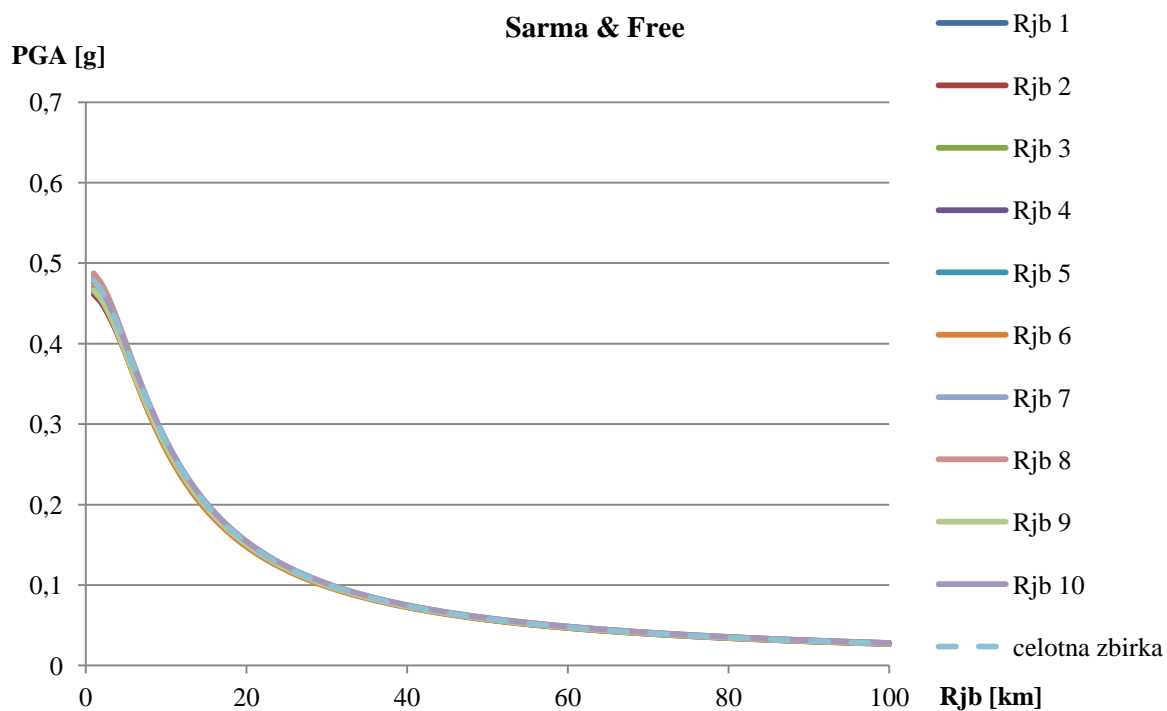
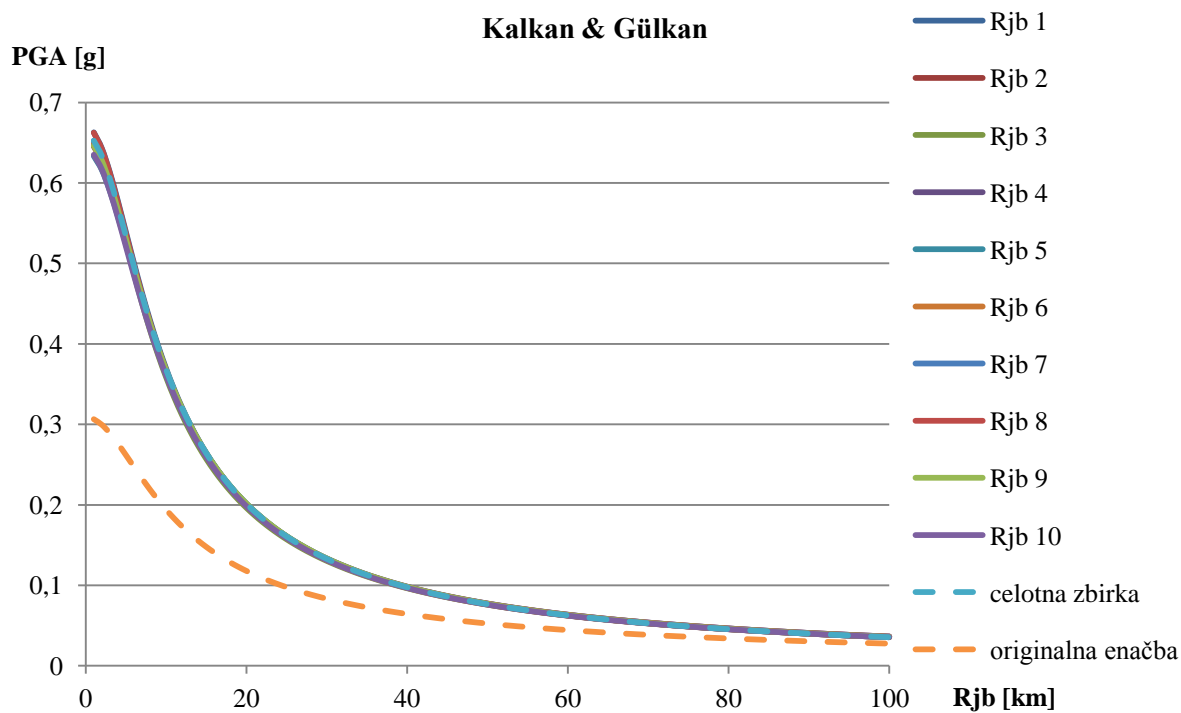
Na x osi grafov se nahaja  $R_{jb}$  razdalja od epicentra v kilometrih, na y osi pa se nahaja PGA izražen kot delež pospeška prostega pada g ( $9,81$  m/s<sup>2</sup>).

Slika 4-1: Graf petih izbranih enačb za  $M_w=5$ Slika 4-2: Graf petih izbranih enačb za  $M_w=6$

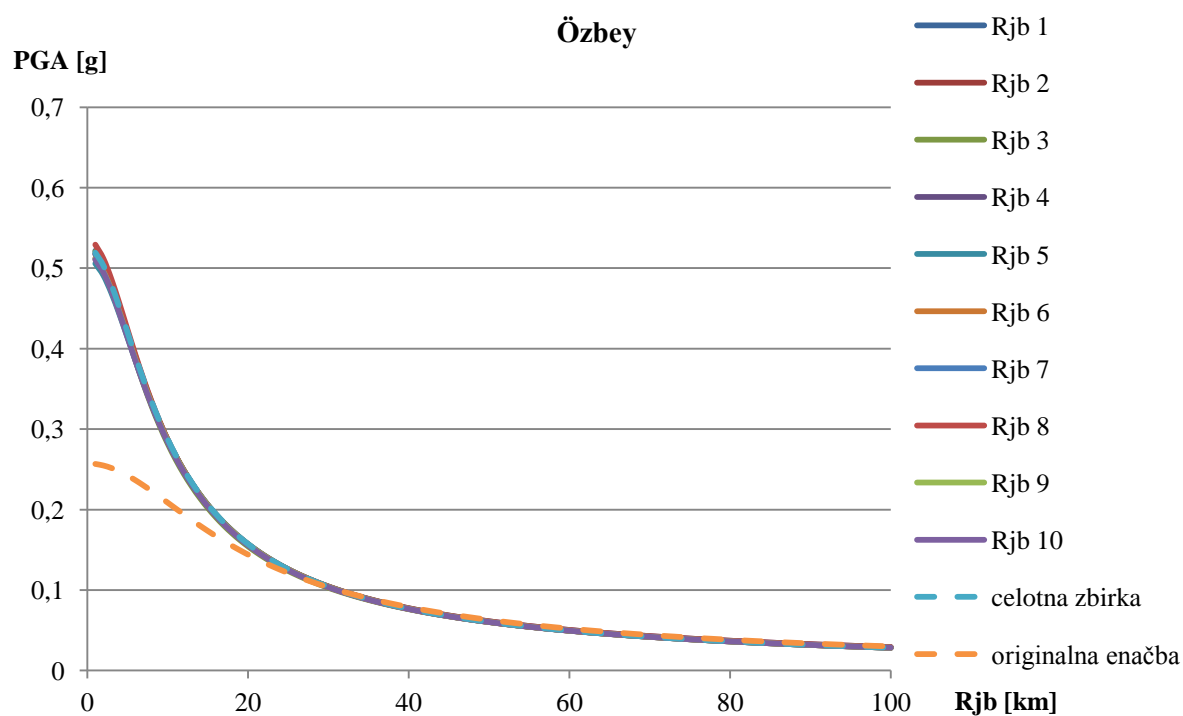


Slika 4-3: Graf petih izbranih enačb za  $M_w=7$

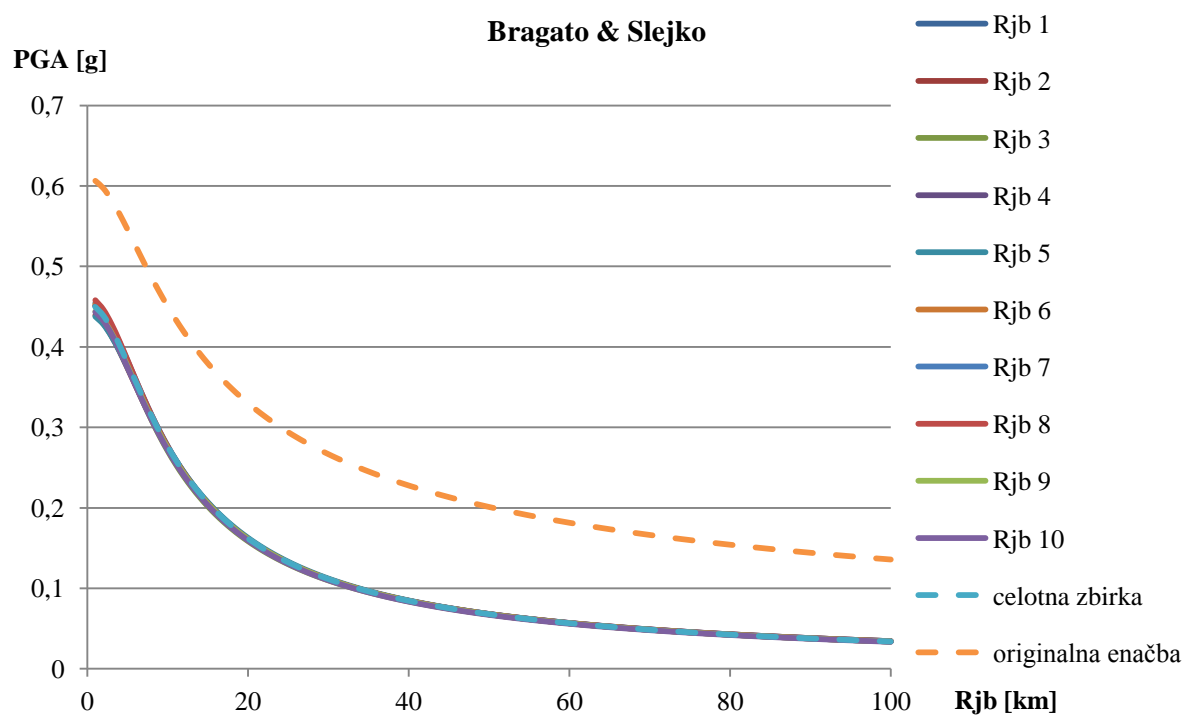
V nadaljevanju so priloženi grafi petih izbranih enačb, katerih konstante so umerjene na vseh desetih učnih množicah zbirke  $R_{jb}$ , celotni zbirki (svetlo modro črtkano) in predlagano krivuljo s strani avtorjev enačbe (oranžno črtkano) pri magnitudi  $M_w=7$ . Ostali podatki so enaki kot pri zgornjih grafih. Razvidno je, da so grafi desetih učnih množic in umeritev celotne zbirke pravzaprav isti graf. Pri enačbi Sarma in Free ni narisana graf originalne enačbe. Vrednosti PGA, izračunane s konstantami, podanimi v [5], so za to enačbo nekajkrat prevelike od pričakovanih. Sklepali smo, da so podane konstante v zbirki [5] napačne in grafa nismo narisali. Originalnega vira nam ni uspelo pridobiti. Pri enačbi Lagrange graf originala enačbe ne obstaja, saj smo le-to tekom naloge spremenili.

Slika 4-4: Grafi enačbe Sarma in Free za  $M_w=7$ Slika 4-5: Grafi enačbe Kalkan in Gülkan za  $M_w=7$

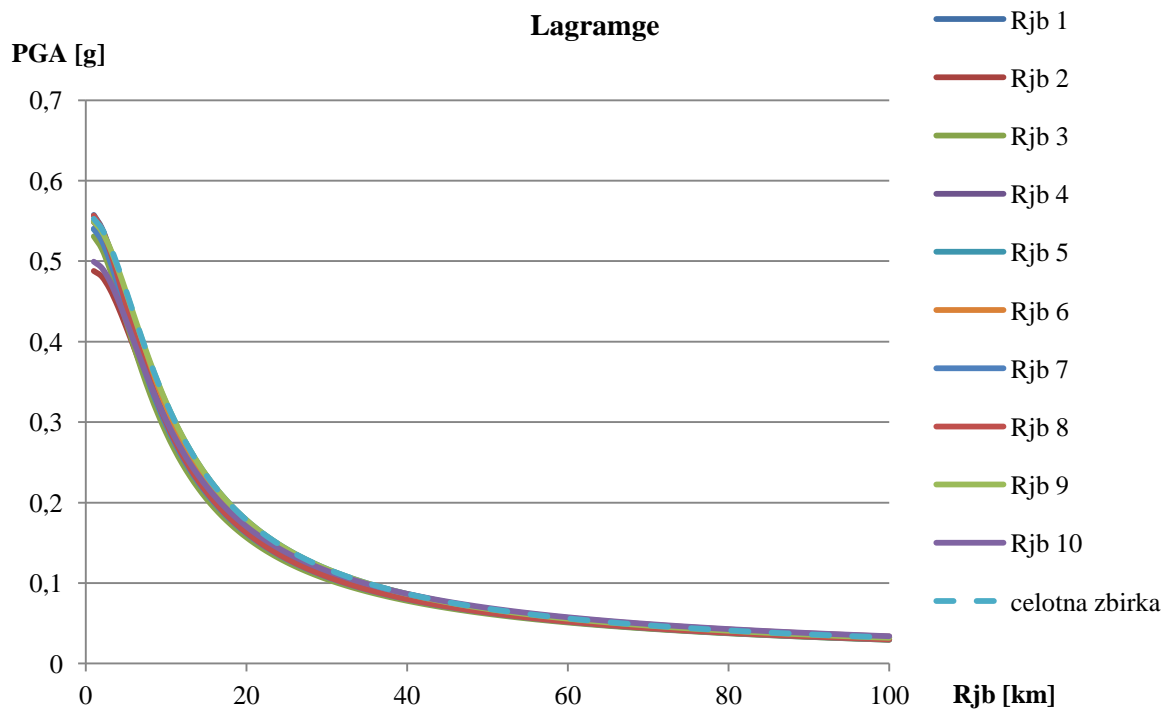




Slika 4-6: Grafi enačbe Özbey za  $M_w=7$



Slika 4-7: Grafi enačbe Bragato in Slejko za  $M_w=7$

Slika 4-8: Grafi enačbe Lagrange za  $M_w=7$ 

V spodnji preglednici so naštetih členi narisanih enačb. Razdeljeni so po parametrih, ki jih vsebujejo (M-magnituda, M in R-magnituda in razdalja ter R-razdalja). Številke poleg člena povedo, v katerih enačbah se posamezen člen pojavi. Poleg naštetih členov vsaka enačba vsebuje še splošen člen  $x_1$ , enačbe (24),(37),(38),(50) vsebujejo člen povezan s hitrostjo potresnih valov v zgornjih 30 metrih površja  $x_1 V_{s,30}$ , enačba (50) pa vsebuje tudi člen, ki pove vrsto preloma  $x_1 F$ .

Preglednica 4-4: Členi in enačbe, v katerih se pojavljajo

Členi z M		Členi z M in R		Členi z R	
člen	enačba	člen	enačba	člen	enačba
$x_1 M$	(24),(50)	$x_1 \frac{\exp(x_2 M)}{(R + x_3)}$	(50)	$x_1 \ln \sqrt{(R^2 + x_2^2)}$	(24),(37),(38),(50)
$x_1 \exp(x_2 M)$	(50)	$\frac{(x_1 + x_2 M^3) *}{\log_{10} \sqrt{(R + x_3^2)}}$	(41)	$x_1 \sqrt{(R^2 + x_2^2)}$	(24)
$x_1 (M - 6)$	(37),(38)				
$x_1 (M - 6)^2$	(37),(38)				
$x_1 (M - 6)^3$	(37)				
$(x_1 + x_2 M) M$	(41)				
$x_1 M^2$	(41)				

## 5 ZAKLJUČEK

Obstaja veliko različnih enačb, ki napovedujejo parametre gibanja tal med potresom. Le-te pa so bile razvite na osnovi različnih zbirk podatkov in z različnimi nameni. V diplomski nalogi smo preučili napovedne vrednosti enačb za napovedovanje pospeška tal in naredili primerjavo. Izbrali smo metodo umerjanja konstant s pomočjo algoritma Levenberg-Marquardt v programu Matlab, rezultate pa smo kvantitativno ocenili s korenem srednjega kvadratnega odklona. Konstante enačb smo umerjali na podatkovni zbirki PF-L. Vse izračune smo izvedli dvakrat, enkrat za razdaljo  $R_{jb}$ , drugič pa za razdaljo  $R_{rup}$ . Za doseganje objektivnejših rezultatov smo za umerjanje konstant za napovedovanje PGA uporabili prečno preverjanje. Ta vrsta preverjanja se ne uporablja pogosto, čeprav bi bila njena uporaba smiselna, saj so rezultati objektivnejši, če so testirani na neznanih primerih.

V okviru diplomske naloge smo najprej izvedli poskuse, pri katerih smo izbrane enačbe umerili na celotni zbirki podatkov. Pri tem smo preučevali vpliv različno velikih prostorov rešitev na kvaliteto rezultatov. Ugotovili smo, da večanje intervala začetnega približka ne prinese boljših rezultatov. Namesto tega dobimo več različnih končnih rezultatov, ki so slabše kakovosti, in posledično večjo varianco. Najboljše rezultate smo dobili pri enačbah, katerih konstante so imele imaginarne vrednosti in smo jih v nadaljevanju izločili.

Zatem smo zbirko podatkov desetkrat naključno razdelili na učno (90%) in testno (10%) množico. Naš namen je bil preučiti natančnost enačb pri napovedovanju prihodnjih dogodkov s pomočjo prečnega preverjanja. Ugotovili smo, da večina enačb ne glede na čas objave približno enako kvalitetno napoveduje neznane primere. To območje se za napako RMSE nahaja v intervalu od 0,08 do 0,1. Pri tem je varianca napake tridesetih najboljših enačb  $1,9 \cdot 10^{-5}$ . Najboljše rezultate so dosegle enačbe Lagrange, Faccioli {1}, Kalkan in Gulkan, Bragato in Slejko, PML {2}, Sarma in Free, Özbey ter Gülkan in Kalkan.

Primerjali smo spremembe velikosti konstant med vrednostmi, ki so jih podali avtorji in novo umerjenimi konstantami s podatki iz zbirke PF-L. Pri tem smo ugotovili, da so konstante spremenjene tudi za več kot 100%, nekatere pa imajo tudi drugačen predznak. Velikost spremembe konstant je neodvisna od natančnosti enačb.

Z namenom primerjanja vpliva različnih podatkovnih množic na velikost konstant smo izvedli primerjavo posameznih konstant najboljše enačbe za vsako učno množico prečnega preverjanja posebej. Ta enačba je bila Lagrange. Opazili smo, da ima enačba ob 10% variaciji v izbiri podatkov za umerjanje ogromno variacijo konstant. Iz tega sklepamo, da se ne moremo zanašati na posamezne člene enačbe, saj nam enačba le kot celota na koncu kljub veliki varianci posameznih konstant v vseh desetih primerih izriše skoraj iste grafe. Pri posameznih umerjanjih se vpliv posameznih konstant na rezultat enačbe močno spreminja. Največkrat bi pri enačbi Lagrange lahko zanemarili konstanti  $x_3$  ali  $x_5$ .

V zaključku smo z namenom inženirskega vrednotenja enačb narisali pet izbranih enačb za tri različne magnitude. Grafi so od razdalje več kot 40 km za posamezno magnitudo skoraj enaki. Z manjšanjem razdalje do epicentra pa se razlike med njimi povečujejo. Ko smo primerjali enačbe, katerih konstante so umerjene na učnih množicah, smo opazili, da se vsi njihovi grafi skoraj popolnoma ujemajo z grafom, katerega konstante so umerjene na celotni množici. Na koncu smo izvedli primerjavo različnih členov najboljših enačb in pogostost njihovega pojavljanja.

V prihodnje bi bilo potrebno preučiti vpliv različnih magnitud na rezultate pri enačbah. Zaradi velike računske zahtevnosti umerjanja konstant enačb (posamezni izračuni so na osebнем računalniku trajali tudi več kot dva dneva) bi bilo potrebno ustvariti portal, ki bi omogočal distribuirano računanje računsko zahtevnih procesov vsem uporabnikom v programu Matlab.

Glede na rezultate diplomske naloge lahko zaključimo, da se napovedna sposobnost enačb s povečevanjem zbirk podatkov in novimi parametri ne more več bistveno izboljšati ter da bo v prihodnje za doseganje natančnejših napovedi vrednosti vršnega pospeška tal potrebno uporabiti drugačne metode.

## VIRI

- [1] Ben-Menahem, A. 1995. A Concise History of Mainstream Seismology: Origins, Legacy, and Perspectives. *Bulletin of the Seismological Society of America* 85, 4: 1202-1225
- [2] Agencija RS za okolje. 2014. Potresi. <http://www.arso.gov.si/potresi/> (Pridobljeno 25.06.2014)
- [3] Peruš, I., Fajfar, P. 2010. Ground motion prediction by a non-parametric approach. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 39,12: 1395-1416
- [4] Synergy Software, Inc. 2014. The CaledaGraph Guide to Curve Fitting <http://www.synergy.com/Tools/curvefitting.pdf> (Pridobljeno 25.06.2014)
- [5] Douglas, J. 2011. Ground-motion prediction equations 1964–2010. Final report, BRGM/RP-59356-FR and PEER/2011/102, Pacific Earthquake Engineering Research Center: 444 p.
- [6] Lourakis, I. A. Manolis. 2005. A Brief Description of the Levenberg-Marquardt Algorithm Implemented by levmar. Heraklion, Institute of Computer Science, Foundation for Research and Technology – Hellas (FORTH): 6 str. <http://users.ics.forth.gr/~lourakis/levmar/levmar.pdf> (Pridobljeno 25.06.2014)
- [7] Markič, Š. 2013. Napoved največjega pospeška tal ob potresu z uporabo programa za strojno učenje enačb Lagrange. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba Š. Markič): 95 str.
- [8] Bronštejn, I. N., Semendjajev, K. A., Musiol, G. 1997. Matematični priročnik. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 967 str.
- [9] Yenier, E., Erdoğan, Ö., Akkar, S. 2008. Empirical relationships for magnitude and source-to-site distance conversions using recently compiled Turkish strong-ground motion database. Peking, Kitajska: 8 str. [http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/14\\_03-01-0013.PDF](http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/14_03-01-0013.PDF) (Pridobljeno 25.06. 2014)

## SEZNAM PRILOG

Preglednica A-1: Novo umerjene konstante enačb vseh učnih množic za razdaljo <i>Rjb</i> .....	A1
Preglednica A-2: Novo umerjene konstante enačb vseh učnih množic za razdaljo <i>Rrup</i> .....	A8
Preglednica A-3: Napake RMSE vseh enačb na pripadajočih testnih množicah za razdaljo <i>Rjb</i> .....	A15
Preglednica A-4: Napake RMSE vseh enačb na pripadajočih testnih množicah za razdaljo <i>Rrup</i> ...	A16

## PRILOGA A

Diplomski nalogi prilagamo štiri preglednice. V prvi preglednici se nahajajo novo umerjene konstante vseh obravnavanih enačb za vse učne množice razdalje  $R_{jb}$ . V drugi preglednici enako, le da za razdaljo  $R_{rup}$ . V tretji preglednici so prikazane izračunane napake RMSE za vsako enačbo na pripadajočih testnih množicah za razdaljo  $R_{jb}$ , v četrti pa za razdaljo  $R_{rup}$ .

Preglednica A-1: Novo umerjene konstante enačb vseh učnih množic za razdaljo  $R_{jb}$

	1. Rjb	2. Rjb	3. Rjb	4. Rjb	5. Rjb	6. Rjb	7. Rjb	8. Rjb	9. Rjb	10. Rjb
<b>Ambraseys {1}</b>										
x1	1,524	1,527	1,519	1,518	1,526	1,534	1,508	1,524	1,524	1,535
x2	0,204	0,202	0,200	0,200	0,202	0,200	0,204	0,204	0,202	0,198
x3	-0,687	-0,680	-0,668	-0,665	-0,679	-0,676	-0,673	-0,681	-0,680	-0,671
<b>Faccioli {1}</b>										
x1	25493	23271	27744	26053	21566	25697	25486	25963	25244	24685
x2	0,124	0,121	0,120	0,122	0,124	0,122	0,123	0,127	0,123	0,123
x3	1,837	1,802	1,846	1,839	1,795	1,832	1,834	1,853	1,831	1,828
<b>Faccioli {2}</b>										
x1	3,183	3,181	3,174	3,161	3,182	3,192	3,161	3,170	3,170	3,184
x2	0,272	0,270	0,270	0,271	0,271	0,269	0,272	0,272	0,272	0,269
x3	-1,719	-1,712	-1,706	-1,701	-1,714	-1,712	-1,705	-1,709	-1,712	-1,709
<b>Faccioli in Agalbato</b>										
x1	1,433	1,437	1,431	1,430	1,436	1,446	1,417	1,434	1,435	1,447
x2	0,214	0,212	0,210	0,210	0,212	0,210	0,214	0,214	0,212	0,208
x3	-0,687	-0,680	-0,668	-0,665	-0,679	-0,676	-0,673	-0,681	-0,680	-0,671
<b>PML {1}</b>										
x1	-3,113	-3,148	-3,148	-3,244	-3,081	-3,132	-3,229	-3,205	-3,211	-3,156
x2	0,868	0,885	0,885	0,875	0,882	0,870	0,879	0,869	0,884	0,864
x3	-1,327	-1,341	-1,341	-1,305	-1,351	-1,323	-1,313	-1,306	-1,328	-1,313
x4	0,121	0,110	0,110	0,083	0,128	0,107	0,089	0,094	0,094	0,097
x5	0,713	0,736	0,736	0,768	0,714	0,734	0,759	0,747	0,755	0,744
<b>Schenk</b>										
x1	0,214	0,212	0,210	0,210	0,212	0,210	0,214	0,214	0,212	0,208
x2	0,687	0,680	0,668	0,665	0,679	0,676	0,673	0,681	0,680	0,671
x3	1,433	1,437	1,431	1,430	1,436	1,446	1,417	1,434	1,435	1,447
<b>PML {2}</b>										
x1	-1,613	-1,625	-1,625	-1,724	-1,556	-1,632	-1,655	-1,692	-1,668	-1,657
x2	0,614	0,625	0,625	0,616	0,623	0,612	0,618	0,614	0,625	0,612
x3	-1,303	-1,313	-1,313	-1,280	-1,325	-1,296	-1,296	-1,284	-1,305	-1,290
x4	0,552	0,511	0,511	0,422	0,586	0,496	0,505	0,474	0,474	0,476
x5	0,469	0,488	0,487	0,507	0,470	0,486	0,480	0,488	0,495	0,489
x6	0,045	0,041	0,041	0,054	0,042	0,056	0,038	0,040	0,038	0,039

se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice A-1

	1. Rjb	2. Rjb	3. Rjb	4. Rjb	5. Rjb	6. Rjb	7. Rjb	8. Rjb	9. Rjb	10. Rjb
<b>Sabetta in Pugliese</b>										
x1	-1,338	-1,328	-1,327	-1,327	-1,322	-1,320	-1,333	-1,330	-1,337	-1,307
x2	0,258	0,256	0,256	0,257	0,256	0,254	0,258	0,258	0,257	0,255
x3	5,719	5,825	5,778	5,866	5,871	5,793	5,797	5,741	5,832	5,844
x4	0,054	0,057	0,053	0,053	0,048	0,060	0,049	0,048	0,056	0,040
<b>Ambraseys {2}</b>										
x1	-1,309	-1,296	-1,295	-1,298	-1,297	-1,285	-1,306	-1,303	-1,306	-1,287
x2	0,267	0,264	0,264	0,265	0,265	0,263	0,266	0,266	0,266	0,263
x3	6,407	6,475	6,333	6,481	6,632	6,478	6,429	6,345	6,544	6,484
x4	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000
<b>Sigbjörnsson {1}</b>										
x1	0,694	0,687	0,716	0,680	0,645	0,684	0,669	0,655	0,683	0,667
x2	0,265	0,262	0,259	0,266	0,272	0,266	0,271	0,275	0,266	0,268
x3	0,028	0,028	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,028	0,029	0,029
x4	0,112	0,103	0,105	0,104	0,100	0,100	0,100	0,117	0,105	0,101
<b>Sigbjörnsson {2}</b>										
x1	-2,220	-2,206	-2,226	-2,244	-2,236	-2,199	-2,254	-2,209	-2,230	-2,197
x2	0,577	0,572	0,571	0,572	0,574	0,569	0,577	0,576	0,575	0,566
x3	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
x4	0,440	0,437	0,425	0,423	0,428	0,430	0,429	0,441	0,434	0,429
<b>Ambraseys in Boomer</b>										
x1	-0,892	-0,884	-0,884	-0,885	-0,883	-0,876	-0,891	-0,889	-0,892	-0,879
x2	0,202	0,201	0,200	0,201	0,201	0,200	0,202	0,202	0,202	0,200
x3	6,276	6,354	6,217	6,365	6,508	6,359	6,320	6,216	6,421	6,359
x4	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>García-Fernández in Canas</b>										
x1	2,562	2,584	2,599	2,592	2,580	2,613	2,561	2,568	2,570	2,620
x2	0,573	0,567	0,565	0,566	0,569	0,564	0,572	0,572	0,570	0,560
x3	0,008	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
<b>Ambraseys et al. {3}</b>										
x1	-1,177	-1,127	-1,202	-1,222	-1,150	-1,210	-1,212	-1,201	-1,185	-1,149
x2	0,268	0,266	0,264	0,265	0,266	0,264	0,267	0,266	0,267	0,264
x3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
x4	7,563	7,965	7,141	7,156	7,936	7,151	7,267	7,264	7,637	7,710
x5	-1,098	-1,125	-1,069	-1,057	-1,108	-1,056	-1,070	-1,076	-1,090	-1,103
<b>Theodulidis in Papazachos</b>										
x1	6,116	6,135	6,043	6,082	6,218	6,164	6,075	6,035	6,142	6,133
x2	0,464	0,462	0,459	0,461	0,463	0,459	0,464	0,463	0,464	0,458
x3	-1,278	-1,278	-1,254	-1,263	-1,296	-1,278	-1,265	-1,256	-1,282	-1,272
x4	9,652	9,797	9,328	9,664	10,299	9,890	9,630	9,268	9,961	9,756
x5	-0,128	-0,170	-0,118	-0,147	-0,128	-0,153	-0,109	-0,146	-0,154	-0,110

se nadaljuje...



... nadaljevanje preglednice A-1

	1. Rjb	2. Rjb	3. Rjb	4. Rjb	5. Rjb	6. Rjb	7. Rjb	8. Rjb	9. Rjb	10. Rjb
<b>Musson et al. {1}</b>										
x1	4,022	4,043	4,075	4,078	4,051	4,090	4,035	4,024	4,045	4,111
x2	0,538	0,533	0,524	0,525	0,533	0,525	0,534	0,537	0,533	0,520
x3	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,003
<b>Musson et al. {2}</b>										
x1	-0,567	-0,545	-0,513	-0,510	-0,538	-0,498	-0,554	-0,564	-0,544	-0,477
x2	0,538	0,533	0,525	0,525	0,533	0,525	0,534	0,537	0,533	0,520
x3	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
<b>Ambrasey {4}</b>										
x1	-0,754	-0,711	-0,783	-0,802	-0,733	-0,795	-0,792	-0,780	-0,766	-0,734
x2	0,203	0,202	0,201	0,202	0,202	0,200	0,203	0,202	0,203	0,200
x3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
x4	7,460	7,850	7,074	7,091	7,816	7,066	7,188	7,173	7,524	7,610
x5	-1,101	-1,127	-1,075	-1,062	-1,109	-1,060	-1,073	-1,080	-1,092	-1,106
<b>Sarma in Free</b>										
x1	-3,083	-3,017	-3,157	-3,248	-3,081	-3,265	-3,230	-3,195	-3,177	-3,085
x2	0,887	0,877	0,900	0,925	0,893	0,930	0,922	0,917	0,912	0,895
x3	-0,049	-0,049	-0,051	-0,053	-0,050	-0,053	-0,052	-0,052	-0,051	-0,050
x4	-1,150	-1,173	-1,121	-1,110	-1,157	-1,109	-1,116	-1,132	-1,138	-1,151
x5	7,793	8,177	7,418	7,448	8,154	7,420	7,493	7,543	7,836	7,919
x6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
x7	0,074	0,076	0,070	0,070	0,070	0,079	0,066	0,068	0,075	0,059
<b>Ambraseys et al. in Simpson</b>										
x1	-0,829	-0,818	-0,844	-0,841	-0,807	-0,820	-0,839	-0,839	-0,827	-0,811
x2	0,204	0,203	0,202	0,202	0,203	0,201	0,204	0,203	0,204	0,202
x3	-1,100	-1,104	-1,082	-1,084	-1,108	-1,098	-1,089	-1,087	-1,102	-1,096
x4	7,264	7,442	6,985	7,153	7,580	7,297	7,188	7,045	7,444	7,325
x5	0,023	0,027	0,021	0,024	0,020	0,032	0,018	0,020	0,027	0,012
x6	0,127	0,127	0,123	0,119	0,123	0,131	0,121	0,118	0,127	0,110
<b>Sarma in Srbulov</b>										
x1	-1,556	-1,556	-1,564	-1,572	-1,567	-1,555	-1,574	-1,553	-1,564	-1,556
x2	0,190	0,189	0,188	0,188	0,189	0,188	0,190	0,190	0,190	0,186
x3	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004
x4	-0,444	-0,441	-0,429	-0,426	-0,432	-0,434	-0,432	-0,445	-0,438	-0,433
<b>Smit</b>										
x1	8,802	8,806	8,813	8,814	8,814	8,827	8,804	8,795	8,808	8,831
x2	0,150	0,790	0,243	0,966	-0,429	0,502	0,583	-0,504	0,807	0,198
x3	0,089	-0,552	-0,006	-0,729	0,666	-0,268	-0,344	0,745	-0,570	0,035

se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice A-1

	1. Rjb	2. Rjb	3. Rjb	4. Rjb	5. Rjb	6. Rjb	7. Rjb	8. Rjb	9. Rjb	10. Rjb
<b>Ólafsson in Sigbjörnsson</b>										
x1	2,574	2,568	2,521	2,513	2,565	2,580	2,497	2,554	2,564	2,578
x2	0,143	0,141	0,140	0,140	0,141	0,140	0,143	0,142	0,142	0,138
x3	0,687	0,680	0,668	0,665	0,679	0,676	0,673	0,681	0,680	0,671
<b>Ambraseys in Douglas</b>										
x1	-1,134	-1,133	-1,133	-1,133	-1,126	-1,129	-1,137	-1,118	-1,139	-1,114
x2	0,200	0,199	0,199	0,200	0,200	0,198	0,201	0,200	0,200	0,198
x3	-0,008	-0,007	-0,008	-0,007	-0,007	-0,008	-0,007	-0,008	-0,007	-0,007
x4	-0,017	-0,010	-0,007	-0,011	-0,024	-0,005	-0,022	-0,026	-0,012	-0,029
x5	0,081	0,079	0,086	0,074	0,068	0,084	0,073	0,063	0,077	0,058
<b>Gülkan in Kalkan</b>										
x1	2,811	3,086	2,733	2,738	2,797	2,660	2,959	2,807	2,830	2,779
x2	0,682	0,678	0,675	0,680	0,681	0,678	0,684	0,682	0,684	0,676
x3	-0,122	-0,119	-0,123	-0,127	-0,123	-0,131	-0,128	-0,126	-0,127	-0,122
x4	-1,109	-1,111	-1,090	-1,093	-1,118	-1,105	-1,099	-1,095	-1,109	-1,106
x5	7,077	7,270	6,861	7,014	7,455	7,109	7,071	6,907	7,250	7,220
x6	-0,324	-0,305	-0,304	-0,296	-0,312	-0,317	-0,306	-0,296	-0,311	-0,293
x7	1,927	0,536	1,387	1,232	1,846	2,701	0,781	1,008	1,446	1,162
<b>Tromans in Bommer</b>										
x1	2,163	2,173	2,147	2,150	2,184	2,172	2,153	2,152	2,165	2,181
x2	0,204	0,203	0,202	0,202	0,203	0,201	0,204	0,203	0,204	0,202
x3	-1,100	-1,104	-1,082	-1,084	-1,108	-1,098	-1,089	-1,087	-1,102	-1,096
x4	7,264	7,442	6,985	7,153	7,580	7,297	7,188	7,045	7,444	7,325
x5	0,023	0,027	0,021	0,024	0,020	0,032	0,018	0,020	0,027	0,012
x6	0,127	0,127	0,123	0,119	0,123	0,131	0,121	0,118	0,127	0,110
<b>Bommer et al.</b>										
x1	-0,850	-0,843	-0,864	-0,865	-0,830	-0,839	-0,858	-0,858	-0,844	-0,830
x2	0,199	0,199	0,198	0,197	0,199	0,196	0,199	0,199	0,200	0,197
x3	-1,087	-1,090	-1,070	-1,068	-1,094	-1,082	-1,076	-1,074	-1,090	-1,082
x4	7,029	7,185	6,768	6,862	7,305	7,006	6,937	6,803	7,205	7,055
x5	0,016	0,021	0,015	0,016	0,013	0,023	0,011	0,012	0,021	0,004
x6	0,127	0,128	0,123	0,119	0,123	0,129	0,121	0,118	0,126	0,108
x7	0,032	0,031	0,030	0,033	0,030	0,027	0,027	0,027	0,025	0,024
x8	0,045	0,042	0,040	0,047	0,042	0,048	0,043	0,042	0,038	0,041
<b>Halldórsson in Sveinsson {1}</b>										
x1	0,214	0,212	0,210	0,210	0,212	0,210	0,214	0,214	0,212	0,208
x2	0,687	0,680	0,668	0,665	0,679	0,676	0,673	0,681	0,680	0,671
x3	-1,558	-1,554	-1,561	-1,562	-1,555	-1,546	-1,574	-1,558	-1,557	-1,545

... se nadaljuje

... nadaljevanje preglednice A-1

	1. Rjb	2. Rjb	3. Rjb	4. Rjb	5. Rjb	6. Rjb	7. Rjb	8. Rjb	9. Rjb	10. Rjb
<b>Halldórsson in Sveinsson {2}</b>										
x1	0,234	0,231	0,228	0,228	0,231	0,228	0,232	0,233	0,231	0,226
x2	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001
x3	-1,245	-1,236	-1,222	-1,220	-1,232	-1,215	-1,239	-1,244	-1,235	-1,206
<b>Skarlatoudis</b>										
x1	1,728	1,746	1,716	1,724	1,752	1,749	1,717	1,719	1,735	1,752
x2	0,269	0,267	0,265	0,266	0,267	0,264	0,267	0,267	0,268	0,265
x3	-1,114	-1,116	-1,094	-1,096	-1,123	-1,110	-1,102	-1,101	-1,115	-1,111
x4	7,606	7,774	7,300	7,477	7,951	7,597	7,511	7,396	7,758	7,693
x5	-0,011	-0,009	-0,010	-0,010	-0,010	-0,003	-0,006	-0,007	-0,007	-0,005
x6	0,084	0,082	0,081	0,078	0,083	0,082	0,082	0,079	0,081	0,076
<b>Bragato {1}</b>										
x1	-0,466	-0,372	-0,517	-0,560	-0,414	-0,543	-0,519	-0,554	-0,475	-0,484
x2	0,284	0,272	0,294	0,310	0,284	0,308	0,299	0,303	0,294	0,291
x3	-0,020	-0,020	-0,021	-0,022	-0,021	-0,022	-0,021	-0,021	-0,021	-0,021
x4	-1,728	-1,792	-1,719	-1,717	-1,772	-1,718	-1,728	-1,704	-1,753	-1,731
x5	0,100	0,109	0,102	0,101	0,105	0,100	0,102	0,099	0,104	0,101
x6	7,621	7,878	7,266	7,423	8,071	7,506	7,486	7,373	7,767	7,641
<b>Kalkan in Gülkan</b>										
x1	0,891	0,919	0,825	0,845	0,950	0,884	0,877	0,868	0,904	0,907
x2	0,890	0,886	0,866	0,878	0,881	0,872	0,893	0,893	0,886	0,875
x3	-0,035	-0,026	-0,043	-0,044	-0,036	-0,049	-0,039	-0,037	-0,040	-0,036
x4	-0,134	-0,137	-0,123	-0,128	-0,131	-0,126	-0,136	-0,137	-0,131	-0,130
x5	-1,116	-1,118	-1,095	-1,099	-1,126	-1,108	-1,106	-1,101	-1,117	-1,113
x6	7,243	7,439	7,019	7,192	7,667	7,227	7,278	7,108	7,452	7,427
x7	0,196	0,173	0,191	0,196	0,181	0,190	0,185	0,171	0,197	0,173
x8	0,287	0,254	0,272	0,272	0,269	0,270	0,269	0,250	0,277	0,253
<b>Özbey et al.</b>										
x1	3,398	3,405	3,370	3,377	3,415	3,398	3,386	3,380	3,402	3,396
x2	0,299	0,298	0,295	0,298	0,299	0,297	0,300	0,298	0,300	0,296
x3	-0,054	-0,053	-0,054	-0,056	-0,055	-0,057	-0,056	-0,056	-0,056	-0,054
x4	-1,098	-1,102	-1,080	-1,081	-1,107	-1,094	-1,088	-1,084	-1,099	-1,096
x5	7,011	7,200	6,779	6,919	7,354	7,025	6,991	6,805	7,182	7,124
x6	0,108	0,105	0,105	0,099	0,108	0,104	0,108	0,103	0,105	0,101
x7	0,199	0,167	0,192	0,160	0,173	0,197	0,159	0,164	0,162	0,173
<b>Ambraseys {6}</b>										
x1	0,814	0,972	0,807	0,808	0,899	0,830	0,839	0,768	0,867	0,863
x2	0,093	0,070	0,090	0,089	0,084	0,088	0,087	0,099	0,086	0,086
x3	-1,756	-1,852	-1,744	-1,742	-1,803	-1,750	-1,765	-1,720	-1,788	-1,765
x4	0,103	0,118	0,105	0,104	0,109	0,104	0,107	0,100	0,108	0,106
x5	7,563	7,812	7,204	7,278	7,873	7,462	7,380	7,324	7,724	7,525

se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice A-1

	1. Rjb	2. Rjb	3. Rjb	4. Rjb	5. Rjb	6. Rjb	7. Rjb	8. Rjb	9. Rjb	10. Rjb
x6	0,122	0,123	0,116	0,113	0,117	0,123	0,116	0,111	0,120	0,103
x7	0,017	0,024	0,013	0,016	0,014	0,023	0,011	0,011	0,021	0,004
x8	0,030	0,028	0,028	0,032	0,026	0,025	0,024	0,025	0,023	0,021
x9	0,060	0,058	0,055	0,064	0,057	0,063	0,059	0,057	0,054	0,057
<b>Bragato {2}</b>										
x1	-1,100	-1,096	-1,093	-1,101	-1,100	-1,091	-1,107	-1,097	-1,105	-1,095
x2	0,199	0,197	0,198	0,199	0,198	0,198	0,200	0,199	0,199	0,197
x3	-0,008	-0,007	-0,008	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007
<b>Bragato in Slejko</b>										
x1	-3,111	-3,109	-3,187	-3,261	-3,117	-3,224	-3,223	-3,225	-3,187	-3,143
x2	1,183	1,206	1,204	1,227	1,208	1,218	1,220	1,209	1,216	1,198
x3	-0,094	-0,098	-0,097	-0,098	-0,097	-0,097	-0,098	-0,096	-0,098	-0,096
x4	-1,423	-1,455	-1,409	-1,409	-1,455	-1,413	-1,419	-1,403	-1,435	-1,426
x5	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
x6	7,652	7,918	7,335	7,501	8,148	7,568	7,573	7,448	7,825	7,723
<b>Akkar in Boomer</b>										
x1	0,642	0,774	0,603	0,549	0,674	0,544	0,570	0,522	0,595	0,671
x2	0,858	0,842	0,868	0,886	0,868	0,891	0,884	0,892	0,884	0,857
x3	-0,066	-0,066	-0,067	-0,068	-0,067	-0,069	-0,068	-0,068	-0,068	-0,066
x4	-2,018	-2,113	-2,013	-2,018	-2,072	-2,014	-2,025	-1,999	-2,056	-2,026
x5	0,144	0,158	0,146	0,147	0,151	0,144	0,147	0,143	0,149	0,146
x6	7,389	7,685	7,116	7,192	7,759	7,330	7,305	7,178	7,564	7,409
x7	0,142	0,141	0,134	0,131	0,137	0,142	0,134	0,131	0,140	0,121
x8	0,033	0,037	0,029	0,031	0,028	0,038	0,025	0,027	0,036	0,018
x9	0,046	0,045	0,041	0,047	0,043	0,040	0,041	0,041	0,040	0,038
x10	0,043	0,043	0,038	0,046	0,042	0,045	0,041	0,040	0,037	0,040
<b>Danciu in Tselentis</b>										
x1	1,730	1,747	1,718	1,725	1,754	1,751	1,719	1,722	1,737	1,753
x2	0,269	0,267	0,265	0,266	0,268	0,264	0,267	0,267	0,268	0,265
x3	1,114	1,116	1,094	1,096	1,123	1,109	1,102	1,101	1,115	1,110
x4	7,609	7,754	7,295	7,462	7,934	7,591	7,493	7,383	7,761	7,669
x5	0,082	0,080	0,079	0,075	0,080	0,079	0,079	0,077	0,079	0,074
x6	-0,009	-0,008	-0,009	-0,008	-0,008	-0,002	-0,005	-0,005	-0,006	-0,004
<b>Cauzzi in Faccioli</b>										
x1	-0,574	-0,590	-0,569	-0,584	-0,570	-0,557	-0,588	-0,576	-0,587	-0,548
x2	0,215	0,213	0,210	0,210	0,213	0,210	0,214	0,214	0,213	0,208
x3	-0,694	-0,687	-0,674	-0,671	-0,686	-0,683	-0,680	-0,689	-0,687	-0,677
x4	-0,033	-0,011	-0,038	-0,023	-0,035	-0,031	-0,035	-0,025	-0,014	-0,043
x5	0,069	0,084	0,055	0,069	0,065	0,060	0,062	0,067	0,079	0,048
x6	0,147	0,132	0,134	0,114	0,114	0,134	0,098	0,116	0,124	0,108

se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice A-1

	1. Rjb	2. Rjb	3. Rjb	4. Rjb	5. Rjb	6. Rjb	7. Rjb	8. Rjb	9. Rjb	10. Rjb
<b>Cotton et al.</b>										
x1	-2,460	-2,444	-2,460	-2,554	-2,500	-2,572	-2,559	-2,542	-2,544	-2,443
x2	0,845	0,839	0,846	0,876	0,858	0,884	0,876	0,873	0,871	0,841
x3	-0,040	-0,040	-0,040	-0,043	-0,041	-0,043	-0,042	-0,042	-0,042	-0,040
x4	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001
x5	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
<b>Massa et al.</b>										
x1	-0,504	-0,660	-0,438	-0,656	-1,116	-1,126	-0,499	-0,724	-0,573	-0,154
x2	0,256	0,254	0,252	0,253	0,254	0,252	0,255	0,254	0,255	0,252
x3	-1,100	-1,100	-1,079	-1,084	-1,109	-1,093	-1,086	-1,085	-1,100	-1,096
x4	7,584	7,704	7,236	7,447	7,953	7,545	7,441	7,356	7,745	7,635
x5	-0,615	-0,466	-0,694	-0,483	0,023	0,008	-0,627	-0,419	-0,553	-0,945
x6	-0,558	-0,390	-0,642	-0,417	0,079	0,077	-0,579	-0,354	-0,486	-0,895
<b>Akyol in Karagöz</b>										
x1	-0,272	-0,283	-0,300	-0,304	-0,284	-0,286	-0,292	-0,276	-0,282	-0,298
x2	0,214	0,212	0,210	0,210	0,212	0,210	0,214	0,214	0,213	0,208
x3	-0,688	-0,680	-0,669	-0,666	-0,680	-0,677	-0,674	-0,682	-0,681	-0,672
x4	0,131	0,098	0,127	0,094	0,101	0,121	0,087	0,097	0,094	0,107
<b>Pétersson in Vogfjörd</b>										
x1	-1,308	-1,328	-1,332	-1,298	-1,334	-1,307	-1,303	-1,293	-1,318	-1,304
x2	0,012	0,015	0,019	0,010	0,014	0,009	0,009	0,010	0,010	0,011
x3	0,873	0,858	0,816	0,893	0,876	0,934	0,906	0,878	0,904	0,875
x4	-0,041	-0,040	-0,036	-0,043	-0,041	-0,046	-0,044	-0,042	-0,043	-0,042
x5	-2,860	-2,791	-2,652	-2,934	-2,831	-3,039	-2,970	-2,896	-2,947	-2,863
<b>Faccioli {3}</b>										
x1	1,277	0,988	1,168	1,251	0,975	0,708	1,242	1,670	1,056	1,259
x2	0,362	0,373	0,373	0,367	0,371	0,364	0,370	0,366	0,372	0,364
x3	-1,304	-1,318	-1,318	-1,278	-1,320	-1,301	-1,294	-1,286	-1,305	-1,289
x4	0,116	0,094	0,094	0,068	0,102	0,095	0,080	0,080	0,080	0,080
x5	0,305	0,325	0,325	0,340	0,319	0,321	0,332	0,330	0,332	0,330
x6	0,009	0,030	0,030	0,025	0,010	0,024	0,001	0,018	0,022	0,005
x7	0,111	0,128	0,128	0,119	0,110	0,121	0,103	0,115	0,119	0,100
x8	0,202	0,194	0,194	0,183	0,178	0,212	0,160	0,177	0,180	0,176
x9	0,343	0,575	0,394	0,282	0,624	0,882	0,321	-0,115	0,492	0,320
x10	0,362	0,594	0,413	0,302	0,644	0,911	0,343	-0,094	0,512	0,342
x11	0,000	0,000	-0,128	-0,101	0,325	-0,051	0,841	0,133	-134,3	0,367
<b>Lagrange</b>										
x1	-3,948	-38,45	-3,985	-2,616	2,489	0,461	-4,021	-4,000	0,691	-0,735
x2	0,836	4,036	0,834	-1,529	-2,169	-1,680	0,847	0,840	-1,895	0,197
x3	-16,25	46,777	-6,602	-6,771	12,248	9,610	-6,959	-0,830	-9,624	0,093
x4	-12,15	-0,180	-5,588	0,063	0,124	0,128	-4,363	-2,484	0,002	1,207
x5	-3,303	0,000	9,572	10,118	-13,6	-9,720	0,948	14,210	9,800	-0,090

se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice A-1

	1. Rjb	2. Rjb	3. Rjb	4. Rjb	5. Rjb	6. Rjb	7. Rjb	8. Rjb	9. Rjb	10. Rjb
x6	-4,211	2,336	-9,138	0,136	0,003	0,001	-10,23	-3,292	0,133	1,210
x7	0,000	-0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,008
x8	2,693	1,195	2,413	2,173	2,141	2,202	2,509	2,621	2,200	1,273
x9	40,369	58,771	38,628	107,257	99,252	93,036	41,689	40,694	98,608	58,629
x10	-1,168	-1,298	-1,154	-1,214	-1,249	-1,222	-1,163	-1,158	-1,238	-1,277
x11	6,793	7,717	6,589	7,762	8,206	7,740	6,817	6,671	8,020	7,642

Preglednica A-2: Novo umerjene konstante enačb vseh učnih množic za razdaljo  $R_{rup}$ 

	1. Rrup	2. Rrup	3. Rrup	4. Rrup	5. Rrup	6. Rrup	7. Rrup	8. Rrup	9. Rrup	10. Rrup
<b>Ambraseys {1}</b>										
x1	1,907	1,899	1,903	1,930	1,892	1,913	1,891	1,909	1,901	1,900
x2	0,216	0,214	0,215	0,213	0,215	0,213	0,216	0,213	0,215	0,214
x3	-0,938	-0,927	-0,930	-0,940	-0,930	-0,930	-0,928	-0,928	-0,930	-0,927
<b>Faccioli {1}</b>										
x1	4824	36910	34954	47292	45505	45677	36641	46545	44244	46056
x2	0,097	0,097	0,097	0,095	0,097	0,096	0,101	0,095	0,093	0,096
x3	1,858	1,792	1,778	1,850	1,845	1,840	1,806	1,843	1,825	1,842
<b>Faccioli {2}</b>										
x1	3,400	3,392	3,370	3,415	3,390	3,404	3,357	3,404	3,381	3,402
x2	0,255	0,256	0,255	0,253	0,258	0,255	0,257	0,254	0,256	0,255
x3	-1,764	-1,759	-1,743	-1,764	-1,766	-1,763	-1,743	-1,760	-1,755	-1,763
<b>Faccioli in Agalbato</b>										
x1	1,812	1,804	1,808	1,836	1,797	1,818	1,796	1,814	1,805	1,805
x2	0,226	0,225	0,226	0,223	0,226	0,224	0,227	0,224	0,225	0,225
x3	-0,938	-0,927	-0,930	-0,940	-0,930	-0,930	-0,928	-0,928	-0,930	-0,927
<b>PML {1}</b>										
x1	-3,335	-3,339	-3,353	-3,275	-3,327	-3,349	-3,433	-3,348	-3,367	-3,366
x2	0,874	0,893	0,888	0,873	0,882	0,890	0,901	0,889	0,891	0,891
x3	-1,294	-1,317	-1,305	-1,305	-1,307	-1,311	-1,306	-1,308	-1,309	-1,309
x4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
x5	1,595	1,515	1,555	1,544	1,523	1,585	1,589	1,586	1,532	1,532
<b>Schenk</b>										
x1	0,226	0,225	0,226	0,223	0,226	0,224	0,227	0,224	0,225	0,225
x2	0,938	0,927	0,930	0,940	0,930	0,930	0,928	0,928	0,930	0,927
x3	1,812	1,804	1,808	1,836	1,797	1,818	1,796	1,814	1,805	1,805
<b>PML {2}</b>										
x1	-1,778	-1,738	-1,789	-1,714	-1,746	-1,763	-1,814	-1,766	-1,766	-1,766
x2	0,612	0,621	0,618	0,609	0,617	0,621	0,625	0,618	0,626	0,626
x3	-1,272	-1,292	-1,275	-1,281	-1,286	-1,286	-1,280	-1,281	-1,290	-1,290

se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice A-2

	1. Rrup	2. Rrup	3. Rrup	4. Rrup	5. Rrup	6. Rrup	7. Rrup	8. Rrup	9. Rrup	10. Rrup
x4	0,004	0,006	0,004	0,005	0,006	0,004	0,004	0,004	0,006	0,006
x5	1,120	1,057	1,116	1,083	1,058	1,120	1,116	1,127	1,063	1,063
x6	0,052	0,063	0,062	0,055	0,048	0,054	0,063	0,059	0,036	0,036
<b>Sabetta in Pugliese</b>										
x1	-1,188	-1,180	-1,213	-1,165	-1,195	-1,148	-1,183	-1,159	-1,170	-1,169
x2	0,236	0,236	0,237	0,234	0,238	0,235	0,238	0,235	0,236	0,236
x3	4,965	5,311	5,398	5,044	5,085	5,234	5,257	5,120	5,218	5,160
x4	0,066	0,061	0,096	0,062	0,064	0,038	0,054	0,049	0,048	0,051
<b>Ambraseys {2}</b>										
x1	-1,140	-1,138	-1,133	-1,124	-1,152	-1,131	-1,148	-1,128	-1,141	-1,136
x2	0,248	0,249	0,248	0,246	0,250	0,248	0,250	0,247	0,248	0,248
x3	6,226	6,701	6,748	6,280	6,390	6,695	6,549	6,352	6,491	6,500
x4	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001
<b>Sigbjörnsson {1}</b>										
x1	1,031	0,928	0,948	1,048	0,969	0,981	0,895	1,011	1,001	1,008
x2	0,235	0,239	0,237	0,230	0,238	0,236	0,245	0,233	0,230	0,233
x3	0,032	0,033	0,031	0,032	0,034	0,033	0,032	0,033	0,034	0,033
x4	0,096	0,068	0,083	0,095	0,070	0,072	0,079	0,077	0,066	0,080
<b>Sigbjörnsson {2}</b>										
x1	-1,116	-1,219	-1,172	-1,066	-1,213	-1,206	-1,205	-1,153	-1,170	-1,211
x2	0,552	0,554	0,553	0,546	0,556	0,552	0,555	0,550	0,553	0,554
x3	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,005	0,005	0,005	0,006
x4	0,731	0,696	0,711	0,733	0,707	0,695	0,707	0,710	0,714	0,697
<b>Ambraseys in Boomer</b>										
x1	-0,752	-0,748	-0,746	-0,737	-0,759	-0,743	-0,757	-0,742	-0,752	-0,747
x2	0,188	0,189	0,188	0,186	0,189	0,189	0,189	0,188	0,188	0,189
x3	6,073	6,541	6,572	6,126	6,236	6,525	6,369	6,198	6,339	6,347
x4	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001
<b>García-Fernández in Canas</b>										
x1	2,784	2,785	2,778	2,826	2,758	2,796	2,771	2,810	2,775	2,791
x2	0,561	0,562	0,562	0,555	0,565	0,561	0,562	0,559	0,562	0,562
x3	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,008	0,009	0,008	0,009
<b>Ambraseys et al. {3}</b>										
x1	-0,617	-0,630	-0,643	-0,638	-0,642	-0,644	-0,660	-0,602	-0,630	-0,648
x2	0,251	0,251	0,250	0,248	0,253	0,251	0,252	0,250	0,251	0,251
x3	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
x4	10,969	11,289	11,206	10,616	10,971	11,191	11,011	11,007	11,081	10,854
x5	-1,370	-1,358	-1,344	-1,346	-1,362	-1,343	-1,345	-1,372	-1,361	-1,345
<b>Theodulidis in Papazachos</b>										
x1	6,562	6,706	6,638	6,614	6,634	6,743	6,564	6,615	6,598	6,645
x2	0,436	0,437	0,436	0,432	0,439	0,436	0,439	0,435	0,436	0,436

se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice A-2

	1. Rrup	2. Rrup	3. Rrup	4. Rrup	5. Rrup	6. Rrup	7. Rrup	8. Rrup	9. Rrup	10. Rrup
x3	-1,331	-1,359	-1,341	-1,334	-1,350	-1,366	-1,331	-1,337	-1,337	-1,346
x4	8,748	9,810	9,542	8,892	9,312	9,949	9,130	9,058	9,200	9,359
x5	-0,185	-0,177	-0,257	-0,178	-0,186	-0,125	-0,158	-0,151	-0,145	-0,155
<b>Musson et al. {1}</b>										
x1	4,313	4,319	4,328	4,359	4,293	4,342	4,294	4,341	4,315	4,323
x2	0,541	0,541	0,540	0,535	0,544	0,539	0,545	0,538	0,540	0,541
x3	-0,001	-0,001	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001
<b>Musson et al. {2}</b>										
x1	-0,438	-0,411	-0,410	-0,374	-0,448	-0,373	-0,470	-0,453	-0,468	-0,425
x2	0,514	0,512	0,512	0,505	0,518	0,506	0,522	0,520	0,520	0,511
x3	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
<b>Ambrasey {4}</b>										
x1	-0,217	-0,229	-0,246	-0,240	-0,239	-0,246	-0,258	-0,203	-0,230	-0,249
x2	0,191	0,191	0,190	0,189	0,192	0,191	0,192	0,190	0,190	0,190
x3	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
x4	10,838	11,146	11,051	10,482	10,814	11,040	10,847	10,884	10,941	10,724
x5	-1,377	-1,364	-1,350	-1,352	-1,366	-1,349	-1,352	-1,380	-1,367	-1,352
<b>Sarma in Free</b>										
x1	-2,541	-2,561	-2,681	-2,431	-2,394	-2,601	-2,617	-2,602	-2,460	-2,529
x2	0,855	0,860	0,881	0,814	0,800	0,873	0,871	0,886	0,829	0,846
x3	-0,048	-0,048	-0,050	-0,045	-0,043	-0,049	-0,049	-0,051	-0,046	-0,047
x4	-1,396	-1,385	-1,371	-1,374	-1,383	-1,368	-1,370	-1,406	-1,383	-1,373
x5	10,670	10,986	10,876	10,402	10,683	10,873	10,633	10,760	10,791	10,613
x6	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
x7	0,083	0,082	0,118	0,080	0,086	0,059	0,073	0,071	0,068	0,071
<b>Ambraseys et al. in Simpson</b>										
x1	-0,593	-0,562	-0,605	-0,573	-0,584	-0,534	-0,587	-0,563	-0,576	-0,569
x2	0,193	0,194	0,193	0,191	0,194	0,193	0,194	0,193	0,193	0,193
x3	-1,188	-1,202	-1,192	-1,188	-1,198	-1,202	-1,185	-1,191	-1,189	-1,191
x4	8,615	9,253	9,212	8,563	8,869	9,240	8,881	8,768	8,878	8,853
x5	0,042	0,035	0,070	0,039	0,044	0,016	0,030	0,024	0,023	0,030
x6	0,141	0,141	0,166	0,136	0,140	0,115	0,128	0,127	0,126	0,126
<b>Sarma in Srbulov</b>										
x1	-1,089	-1,132	-1,113	-1,070	-1,127	-1,129	-1,124	-1,107	-1,112	-1,130
x2	0,182	0,182	0,182	0,180	0,183	0,182	0,183	0,181	0,182	0,183
x3	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
x4	-0,739	-0,704	-0,720	-0,741	-0,714	-0,703	-0,715	-0,718	-0,722	-0,705
<b>Smit</b>										
x1	8,978	8,982	8,984	8,998	8,971	8,992	8,971	8,990	8,979	8,983
x2	0,484	-0,121	0,566	0,001	0,846	0,789	0,227	0,403	0,048	0,650
x3	-0,263	0,342	-0,345	0,217	-0,625	-0,570	-0,005	-0,183	0,173	-0,429

se nadaljuje...



... nadaljevanje preglednice A-2

	1. Rrup	2. Rrup	3. Rrup	4. Rrup	5. Rrup	6. Rrup	7. Rrup	8. Rrup	9. Rrup	10. Rrup
<b>Ólafsson in Sigbjörnsson</b>										
x1	4,080	4,031	4,046	4,145	4,027	4,075	4,011	4,057	4,046	4,036
x2	0,151	0,150	0,150	0,149	0,151	0,149	0,151	0,149	0,150	0,150
x3	0,938	0,927	0,930	0,940	0,930	0,930	0,928	0,928	0,930	0,927
<b>Ambraseys in Douglas</b>										
x1	-1,120	-1,118	-1,170	-1,110	-1,124	-1,097	-1,107	-1,108	-1,114	-1,115
x2	0,192	0,192	0,194	0,190	0,193	0,193	0,191	0,192	0,193	0,193
x3	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007
x4	0,008	0,002	0,049	0,017	0,006	-0,014	-0,006	0,000	-0,009	0,010
x5	0,110	0,110	0,148	0,114	0,104	0,085	0,094	0,107	0,097	0,105
<b>Gülkan in Kalkan</b>										
x1	3,204	3,263	3,315	3,145	3,323	3,159	3,159	3,219	3,193	3,253
x2	0,650	0,651	0,650	0,637	0,648	0,651	0,653	0,650	0,648	0,648
x3	-0,115	-0,116	-0,117	-0,105	-0,104	-0,117	-0,117	-0,118	-0,110	-0,112
x4	-1,189	-1,204	-1,189	-1,189	-1,199	-1,202	-1,187	-1,192	-1,192	-1,193
x5	8,092	8,709	8,614	8,152	8,423	8,679	8,356	8,259	8,408	8,388
x6	-0,335	-0,337	-0,338	-0,317	-0,322	-0,321	-0,325	-0,326	-0,336	-0,320
x7	2,286	2,445	1,785	2,057	1,399	2,552	2,220	2,058	2,446	1,668
<b>Tromans in Bommer</b>										
x1	2,399	2,429	2,387	2,419	2,408	2,458	2,405	2,428	2,416	2,423
x2	0,193	0,194	0,193	0,191	0,194	0,193	0,194	0,193	0,193	0,193
x3	-1,188	-1,202	-1,192	-1,188	-1,198	-1,202	-1,185	-1,191	-1,189	-1,191
x4	8,615	9,254	9,212	8,563	8,869	9,240	8,881	8,768	8,877	8,853
x5	0,042	0,035	0,070	0,039	0,044	0,016	0,030	0,024	0,023	0,030
x6	0,141	0,141	0,166	0,136	0,140	0,115	0,128	0,127	0,126	0,126
<b>Bommer et al.</b>										
x1	-0,668	-0,645	-0,686	-0,641	-0,656	-0,617	-0,668	-0,635	-0,642	-0,641
x2	0,191	0,190	0,190	0,188	0,192	0,190	0,191	0,189	0,191	0,189
x3	-1,166	-1,173	-1,165	-1,166	-1,176	-1,176	-1,159	-1,167	-1,168	-1,167
x4	7,998	8,452	8,451	7,909	8,241	8,499	8,134	8,070	8,302	8,150
x5	0,047	0,039	0,075	0,044	0,051	0,021	0,036	0,029	0,027	0,034
x6	0,156	0,156	0,182	0,150	0,155	0,129	0,144	0,141	0,138	0,140
x7	0,082	0,080	0,080	0,068	0,074	0,087	0,084	0,072	0,069	0,070
x8	0,052	0,062	0,058	0,054	0,049	0,055	0,060	0,056	0,047	0,056
<b>Halldórsson in Sveinsson {1}</b>										
x1	0,226	0,225	0,226	0,223	0,226	0,224	0,227	0,224	0,225	0,225
x2	0,938	0,927	0,930	0,940	0,930	0,930	0,928	0,928	0,930	0,927
x3	-1,180	-1,188	-1,184	-1,156	-1,194	-1,173	-1,196	-1,177	-1,186	-1,186

se nadaljuje...

...nadaljevanje preglednice A-2

	1. Rrup	2. Rrup	3. Rrup	4. Rrup	5. Rrup	6. Rrup	7. Rrup	8. Rrup	9. Rrup	10. Rrup
<b>Halldórsson in Sveinsson {2}</b>										
x1	0,235	0,235	0,235	0,232	0,236	0,234	0,237	0,234	0,235	0,235
x2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
x3	-1,119	-1,116	-1,112	-1,099	-1,127	-1,106	-1,127	-1,106	-1,117	-1,114
<b>Skarlatoudis</b>										
x1	1,978	2,002	1,990	1,996	1,987	2,027	1,975	1,991	1,974	1,995
x2	0,258	0,258	0,256	0,254	0,259	0,257	0,259	0,256	0,258	0,256
x3	-1,194	-1,209	-1,198	-1,195	-1,206	-1,211	-1,193	-1,198	-1,196	-1,199
x4	8,904	9,556	9,527	8,854	9,170	9,580	9,202	9,062	9,159	9,153
x5	-0,043	-0,036	-0,036	-0,028	-0,036	-0,046	-0,040	-0,030	-0,033	-0,030
x6	0,096	0,096	0,096	0,093	0,092	0,091	0,092	0,095	0,095	0,090
<b>Bragato {1}</b>										
x1	0,158	0,265	0,206	0,291	0,297	0,212	0,224	0,174	0,305	0,269
x2	0,241	0,232	0,244	0,215	0,206	0,247	0,240	0,251	0,215	0,225
x3	-0,023	-0,024	-0,025	-0,022	-0,021	-0,024	-0,025	-0,025	-0,023	-0,023
x4	-2,098	-2,163	-2,147	-2,152	-2,131	-2,151	-2,168	-2,138	-2,171	-2,156
x5	0,142	0,150	0,150	0,151	0,146	0,147	0,154	0,148	0,153	0,150
x6	8,544	9,300	9,023	8,538	8,894	9,228	8,860	8,634	8,926	8,886
<b>Kalkan in Gülkan</b>										
x1	1,282	1,342	1,275	1,309	1,317	1,343	1,289	1,311	1,280	1,308
x2	0,827	0,818	0,825	0,792	0,822	0,812	0,827	0,805	0,823	0,817
x3	-0,043	-0,049	-0,048	-0,046	-0,035	-0,054	-0,049	-0,056	-0,040	-0,044
x4	-0,111	-0,104	-0,108	-0,095	-0,108	-0,100	-0,107	-0,097	-0,110	-0,105
x5	-1,200	-1,211	-1,193	-1,198	-1,208	-1,211	-1,195	-1,198	-1,200	-1,202
x6	8,431	8,959	8,816	8,415	8,705	8,972	8,651	8,497	8,682	8,680
x7	0,243	0,244	0,240	0,219	0,237	0,246	0,228	0,222	0,249	0,243
x8	0,300	0,304	0,293	0,260	0,284	0,300	0,283	0,293	0,306	0,287
<b>Özbey et al.</b>										
x1	3,588	3,614	3,594	3,590	3,602	3,617	3,587	3,599	3,589	3,598
x2	0,284	0,285	0,284	0,278	0,283	0,284	0,285	0,284	0,283	0,283
x3	-0,051	-0,051	-0,052	-0,046	-0,046	-0,052	-0,051	-0,052	-0,049	-0,050
x4	-1,186	-1,200	-1,186	-1,187	-1,195	-1,199	-1,183	-1,190	-1,188	-1,189
x5	8,301	8,884	8,764	8,254	8,577	8,852	8,485	8,398	8,573	8,506
x6	0,103	0,108	0,101	0,098	0,099	0,101	0,100	0,105	0,105	0,098
x7	0,193	0,198	0,190	0,192	0,174	0,167	0,196	0,197	0,194	0,209
<b>Ambraseys {6}</b>										
x1	1,537	1,660	1,616	1,690	1,642	1,613	1,660	1,624	1,703	1,696
x2	-0,004	-0,020	-0,019	-0,027	-0,017	-0,007	-0,023	-0,014	-0,024	-0,025
x3	-2,140	-2,206	-2,194	-2,219	-2,211	-2,165	-2,209	-2,172	-2,228	-2,220
x4	0,153	0,161	0,160	0,165	0,161	0,154	0,164	0,157	0,165	0,164
x5	7,912	8,488	8,457	7,855	8,245	8,485	8,177	8,031	8,320	8,149

se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice A-2

	1. Rrup	2. Rrup	3. Rrup	4. Rrup	5. Rrup	6. Rrup	7. Rrup	8. Rrup	9. Rrup	10. Rrup
x6	0,147	0,146	0,174	0,144	0,147	0,123	0,136	0,134	0,127	0,131
x7	0,045	0,037	0,074	0,044	0,050	0,021	0,035	0,028	0,023	0,032
x8	0,090	0,091	0,090	0,079	0,085	0,093	0,093	0,080	0,078	0,082
x9	0,078	0,088	0,084	0,079	0,076	0,080	0,087	0,082	0,073	0,082
<b>Bragato {2}</b>										
x1	-1,050	-1,051	-1,060	-1,035	-1,059	-1,051	-1,052	-1,041	-1,056	-1,047
x2	0,190	0,190	0,191	0,188	0,191	0,191	0,189	0,190	0,191	0,191
x3	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007
<b>Bragato in Slejko</b>										
x1	-2,850	-2,830	-2,904	-2,758	-2,693	-2,884	-2,953	-2,936	-2,791	-2,814
x2	1,281	1,300	1,313	1,268	1,242	1,318	1,334	1,328	1,286	1,289
x3	-0,111	-0,114	-0,115	-0,111	-0,109	-0,115	-0,117	-0,116	-0,113	-0,113
x4	-1,646	-1,680	-1,660	-1,663	-1,666	-1,680	-1,666	-1,664	-1,677	-1,670
x5	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
x6	8,402	9,129	8,840	8,372	8,737	9,069	8,641	8,487	8,766	8,728
<b>Akkar in Boomer</b>										
x1	1,336	1,482	1,362	1,629	1,601	1,388	1,433	1,388	1,549	1,539
x2	0,790	0,769	0,793	0,721	0,720	0,800	0,787	0,797	0,754	0,752
x3	-0,069	-0,068	-0,070	-0,065	-0,064	-0,070	-0,071	-0,071	-0,067	-0,067
x4	-2,459	-2,532	-2,525	-2,532	-2,509	-2,506	-2,554	-2,515	-2,544	-2,533
x5	0,200	0,210	0,210	0,212	0,206	0,205	0,216	0,209	0,213	0,212
x6	7,729	8,332	8,169	7,664	8,079	8,255	7,919	7,856	8,164	7,966
x7	0,155	0,154	0,185	0,151	0,155	0,132	0,144	0,145	0,136	0,141
x8	0,052	0,044	0,084	0,051	0,056	0,029	0,041	0,038	0,031	0,041
x9	0,128	0,130	0,130	0,115	0,120	0,131	0,132	0,120	0,115	0,119
x10	0,059	0,068	0,063	0,061	0,057	0,060	0,066	0,061	0,054	0,063
<b>Danciu in Tselentis</b>										
x1	1,987	2,006	1,999	2,005	1,995	2,034	1,983	1,998	1,983	2,003
x2	0,258	0,258	0,256	0,254	0,259	0,257	0,259	0,256	0,258	0,256
x3	1,195	1,210	1,198	1,196	1,206	1,212	1,193	1,199	1,197	1,199
x4	8,909	9,567	9,533	8,865	9,175	9,584	9,206	9,059	9,169	9,154
x5	0,090	0,094	0,091	0,088	0,087	0,086	0,088	0,091	0,090	0,085
x6	-0,041	-0,035	-0,034	-0,027	-0,035	-0,045	-0,039	-0,029	-0,031	-0,029
<b>Cauzzi in Faccioli</b>										
x1	-0,261	-0,260	-0,285	-0,226	-0,269	-0,222	-0,259	-0,237	-0,250	-0,248
x2	0,228	0,227	0,228	0,225	0,228	0,226	0,229	0,226	0,228	0,227
x3	-0,940	-0,930	-0,934	-0,944	-0,932	-0,932	-0,931	-0,931	-0,932	-0,930
x4	0,014	0,004	0,039	0,007	0,010	-0,018	0,000	-0,008	-0,009	-0,002
x5	0,109	0,105	0,128	0,101	0,102	0,079	0,093	0,089	0,090	0,089
x6	0,194	0,190	0,220	0,196	0,176	0,143	0,190	0,181	0,179	0,203

se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice A-2

	1. Rrup	2. Rrup	3. Rrup	4. Rrup	5. Rrup	6. Rrup	7. Rrup	8. Rrup	9. Rrup	10. Rrup
<b>Cotton et al.</b>										
x1	-2,086	-2,079	-2,139	-1,894	-1,917	-2,133	-2,119	-2,107	-1,994	-1,994
x2	0,771	0,768	0,787	0,713	0,714	0,787	0,780	0,780	0,739	0,739
x3	-0,037	-0,037	-0,038	-0,033	-0,033	-0,038	-0,038	-0,038	-0,034	-0,034
x4	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001
x5	0,008	0,009	0,009	0,008	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
<b>Massa et al.</b>										
x1	-0,294	-0,264	-0,099	-0,284	-0,920	-0,106	0,042	-0,593	0,274	-0,989
x2	0,240	0,241	0,240	0,238	0,242	0,240	0,242	0,239	0,240	0,240
x3	-1,193	-1,206	-1,195	-1,193	-1,203	-1,209	-1,190	-1,194	-1,194	-1,198
x4	8,948	9,569	9,521	8,937	9,174	9,640	9,220	9,034	9,198	9,213
x5	-0,553	-0,557	-0,769	-0,545	0,074	-0,680	-0,891	-0,227	-1,104	0,167
x6	-0,474	-0,480	-0,656	-0,469	0,155	-0,627	-0,822	-0,163	-1,041	0,233
<b>Akyol in Karagöz</b>										
x1	0,178	0,162	0,171	0,185	0,162	0,170	0,164	0,168	0,165	0,164
x2	0,226	0,225	0,226	0,223	0,226	0,224	0,227	0,224	0,225	0,225
x3	-0,939	-0,928	-0,932	-0,941	-0,931	-0,931	-0,930	-0,930	-0,931	-0,929
x4	0,134	0,137	0,137	0,142	0,121	0,112	0,144	0,141	0,138	0,161
<b>Pétersson in Vogfjörd</b>										
x1	-1,427	-1,469	-1,448	-1,458	-1,457	-1,467	-1,453	-1,444	-1,458	-1,457
x2	0,029	0,034	0,027	0,053	0,049	0,030	0,028	0,026	0,040	0,040
x3	0,834	0,850	0,880	0,742	0,756	0,873	0,875	0,873	0,800	0,799
x4	-0,039	-0,040	-0,043	-0,032	-0,033	-0,042	-0,042	-0,042	-0,036	-0,036
x5	-2,431	-2,418	-2,537	-2,091	-2,156	-2,487	-2,527	-2,519	-2,287	-2,287
<b>Faccioli {3}</b>										
x1	1,195	1,194	0,656	1,201	1,494	0,776	1,379	0,939	1,010	0,789
x2	0,375	0,380	0,374	0,372	0,378	0,379	0,384	0,379	0,382	0,382
x3	-1,269	-1,285	-1,319	-1,279	-1,282	-1,279	-1,279	-1,284	-1,283	-1,283
x4	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
x5	0,747	0,713	0,603	0,724	0,716	0,751	0,745	0,735	0,714	0,714
x6	0,053	0,045	0,057	0,052	0,058	0,032	0,045	0,039	0,034	0,034
x7	0,146	0,146	0,147	0,143	0,149	0,127	0,138	0,136	0,130	0,129
x8	0,243	0,244	0,245	0,244	0,228	0,204	0,241	0,237	0,230	0,230
x9	0,294	0,301	0,934	0,317	-0,008	0,734	0,085	0,560	0,474	0,695
x10	0,247	0,261	0,895	0,283	-0,052	0,682	0,039	0,525	0,432	0,653
x11	0,201	-0,026	-0,162	0,000	0,000	0,000	0,258	0,060	-0,175	0,000
<b>Lagramme</b>										
x1	-36,539	-40,418	-64,010	403,798	-62,934	-29,28	-0,559	-57,360	-40,18	-30,408
x2	-22,072	-21,386	7,802	67,292	7,669	3,344	0,337	7,055	-22,14	3,489
x3	81,603	-332,99	295,561	134,918	-913,04	0,000	-0,055	-874,1	84,683	38,460
x4	0,125	-0,884	-0,429	0,232	-0,944	2,744	1,306	-0,950	0,123	-0,197
x5	-336,89	83,060	-935,95	-574,33	292,199	36,512	0,056	272,785	-334,7	0,000

... se nadaljuje

... nadaljevanje preglednice A-2

	1. Rrup	2. Rrup	3. Rrup	4. Rrup	5. Rrup	6. Rrup	7. Rrup	8. Rrup	9. Rrup	10. Rrup
x6	-0,872	0,122	-0,947	0,142	-0,429	-0,193	1,304	-0,435	-0,875	2,635
x7	-0,002	-0,002	-0,003	-0,049	-0,002	-0,020	-0,061	-0,002	-0,002	-0,043
x8	1,775	1,798	1,683	1,561	1,750	1,154	1,032	1,732	1,803	1,059
x9	384,454	364,491	309,792	886,947	278,795	51,723	57,348	258,273	368,94	53,323
x10	-1,380	-1,398	-1,389	-1,386	-1,400	-1,409	-1,435	-1,392	-1,386	-1,425
x11	9,923	10,574	10,403	10,165	10,153	7,945	7,902	9,907	10,269	7,833

Preglednica A-3: Napake RMSE vseh enačb na pripadajočih testnih množicah za razdaljo  $R_{jb}$

	1. Rjb	2. Rjb	3. Rjb	4. Rjb	5. Rjb	6. Rjb	7. Rjb	8. Rjb	9. Rjb	10. Rjb
Ambraseys {1}	0,42	0,36	0,19	0,16	0,31	0,27	0,23	0,50	0,33	0,20
Faccioli {1}	0,07	0,10	0,07	0,08	0,10	0,07	0,06	0,07	0,06	0,11
Faccioli {2}	0,08	0,11	0,07	0,09	0,11	0,07	0,07	0,08	0,06	0,12
Faccioli in Agalbato	0,42	0,36	0,19	0,16	0,31	0,27	0,23	0,50	0,33	0,20
PML {1}	0,07	0,11	0,07	0,09	0,10	0,07	0,06	0,08	0,06	0,12
Schenk	0,42	0,36	0,19	0,16	0,31	0,27	0,23	0,50	0,33	0,20
PML {2}	0,07	0,11	0,07	0,09	0,10	0,07	0,06	0,07	0,06	0,11
Sabetta in Pugliese	0,08	0,11	0,07	0,09	0,10	0,07	0,07	0,08	0,06	0,11
Ambraseys {2}	0,08	0,10	0,07	0,09	0,10	0,07	0,07	0,08	0,06	0,11
Sigbjörnsson {1}	0,07	0,11	0,07	0,08	0,10	0,07	0,06	0,08	0,06	0,11
Sigbjörnsson {2}	0,19	0,21	0,18	0,19	0,20	0,18	0,17	0,19	0,18	0,21
Ambraseys in Boomer	0,08	0,10	0,07	0,09	0,10	0,07	0,07	0,08	0,06	0,11
García-Fernández in Canas	0,20	0,18	0,11	0,11	0,17	0,13	0,12	0,28	0,16	0,13
Ambraseys et al. {3}	0,08	0,10	0,07	0,09	0,11	0,07	0,07	0,08	0,06	0,11
Theodulidis in Papazachos	0,08	0,10	0,06	0,09	0,10	0,07	0,07	0,09	0,06	0,11
Musson et al. {1}	2,57	2,45	1,30	1,03	2,05	1,83	1,50	3,16	2,18	1,39
Musson et al. {2}	2,62	2,49	1,33	1,05	2,09	1,86	1,53	3,22	2,22	1,41
Ambrasey {4}	0,08	0,10	0,07	0,09	0,10	0,07	0,07	0,08	0,06	0,11
Sarma in Free	0,07	0,10	0,06	0,08	0,10	0,07	0,07	0,08	0,06	0,11
Ambraseys et al. in Simpson	0,08	0,11	0,07	0,09	0,10	0,07	0,07	0,08	0,06	0,11
Sarma in Srbulov	0,15	0,14	0,09	0,10	0,13	0,10	0,09	0,20	0,11	0,12
Smit	2,97	2,88	1,55	1,24	2,39	2,13	1,77	3,83	2,54	1,65
Ólafsson in Sigbjörnsson	0,42	0,36	0,19	0,16	0,31	0,27	0,23	0,50	0,33	0,20
Ambraseys in Douglas	0,10	0,14	0,09	0,11	0,13	0,09	0,09	0,10	0,09	0,14
Gülkan in Kalkan	0,08	0,11	0,07	0,08	0,10	0,07	0,07	0,08	0,06	0,11
Tromans in Bommer	0,08	0,11	0,07	0,09	0,10	0,07	0,07	0,08	0,06	0,11

se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice A-3

	1. Rjb	2. Rjb	3. Rjb	4. Rjb	5. Rjb	6. Rjb	7. Rjb	8. Rjb	9. Rjb	10. Rjb
Bommer et al.	0,08	0,10	0,07	0,09	0,10	0,07	0,07	0,08	0,06	0,11
Halldórsson in Sveinsson {1}	0,42	0,36	0,19	0,16	0,31	0,27	0,23	0,50	0,33	0,20
Halldórsson in Sveinsson {2}	2,57	2,45	1,30	1,03	2,05	1,83	1,50	3,16	2,18	1,39
Skarlatoudis	0,08	0,11	0,07	0,09	0,10	0,07	0,07	0,08	0,06	0,11
Bragato {1}	0,07	0,11	0,07	0,08	0,10	0,07	0,07	0,07	0,06	0,11
Kalkan in Gülkan	0,08	0,10	0,06	0,08	0,10	0,07	0,07	0,08	0,06	0,11
Özbey et al.	0,08	0,10	0,07	0,08	0,10	0,07	0,07	0,08	0,06	0,11
Ambraseys {6}	0,08	0,11	0,07	0,09	0,10	0,07	0,07	0,08	0,06	0,11
Bragato {2}	0,10	0,13	0,09	0,11	0,13	0,09	0,09	0,10	0,09	0,13
Bragato in Slejko	0,07	0,10	0,07	0,08	0,10	0,07	0,06	0,07	0,06	0,11
Akkar in Boomer	0,07	0,11	0,07	0,09	0,10	0,07	0,07	0,07	0,06	0,11
Danciu in Tselentis	0,08	0,11	0,07	0,09	0,10	0,07	0,07	0,08	0,06	0,11
Cauzzi in Faccioli	0,47	0,41	0,18	0,15	0,32	0,28	0,24	0,49	0,33	0,19
Cotton et al.	0,08	0,11	0,07	0,09	0,10	0,07	0,07	0,08	0,06	0,12
Massa et al.	0,08	0,11	0,07	0,09	0,11	0,07	0,07	0,08	0,06	0,11
Akyol in Karagöz	0,42	0,36	0,19	0,16	0,31	0,27	0,23	0,50	0,33	0,20
Péttersson in Vogfjörð	0,07	0,11	0,07	0,09	0,10	0,07	0,06	0,07	0,06	0,11
Faccioli {3}	0,09	0,13	0,09	0,10	0,10	0,33	0,15	0,09	0,09	0,12
Lagrange	0,08	0,10	0,07	0,08	0,09	0,07	0,07	0,07	0,05	0,11

Preglednica A-4: Napake RMSE vseh enačb na pripadajočih testnih množicah za razdaljo  $R_{rup}$ 

	1. Rrup	2. Rrup	3. Rrup	4. Rrup	5. Rrup	6. Rrup	7. Rrup	8. Rrup	9. Rrup	10. Rrup
Ambraseys {1}	0,67	0,13	0,66	1,38	0,08	0,14	0,18	0,21	0,41	0,22
Faccioli {1}	0,07	0,08	0,11	0,09	0,06	0,07	0,11	0,07	0,06	0,10
Faccioli {2}	0,07	0,09	0,12	0,10	0,07	0,07	0,12	0,08	0,07	0,10
Faccioli in Agalbato	0,67	0,13	0,66	1,38	0,08	0,14	0,18	0,21	0,41	0,22
PML {1}	0,07	0,07	0,10	0,10	0,07	0,08	0,10	0,07	0,07	0,10
Schenk	1,62	1,67	1,82	1,44	2,30	1,21	2,49	2,69	2,63	0,27
PML {2}	0,07	0,07	0,09	0,10	0,07	0,07	0,10	0,07	0,06	0,10
Sabetta in Pugliese	0,08	0,08	0,11	0,10	0,08	0,08	0,12	0,08	0,07	0,11
Ambraseys {2}	0,08	0,08	0,11	0,10	0,08	0,07	0,12	0,08	0,07	0,11
Sigbjörnsson {1}	0,07	0,08	0,11	0,10	0,07	0,07	0,11	0,07	0,06	0,10
Sigbjörnsson {2}	0,18	0,19	0,21	0,19	0,18	0,18	0,21	0,18	0,18	0,20
Ambraseys in Boomer	0,08	0,08	0,11	0,10	0,07	0,07	0,11	0,08	0,07	0,10

se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice A-4

	<b>1. Rrup</b>	<b>2. Rrup</b>	<b>3. Rrup</b>	<b>4. Rrup</b>	<b>5. Rrup</b>	<b>6. Rrup</b>	<b>7. Rrup</b>	<b>8. Rrup</b>	<b>9. Rrup</b>	<b>10. Rrup</b>
García-Fernández in Canas	0,13	0,09	0,15	0,16	0,08	0,08	0,13	0,09	0,08	0,12
Ambraseys et al. {3}	0,07	0,09	0,11	0,10	0,07	0,07	0,12	0,07	0,07	0,10
Theodulidis in Papazachos	0,08	0,08	0,11	0,10	0,07	0,07	0,12	0,08	0,06	0,11
Musson et al. {1}	0,98	0,17	1,01	2,12	0,08	0,18	0,23	0,29	0,63	0,30
Musson et al. {2}	1,80	2,03	2,11	1,57	2,76	1,41	3,00	3,25	3,13	0,29
Ambrasey {4}	0,07	0,08	0,11	0,10	0,07	0,07	0,11	0,07	0,06	0,10
Sarma in Free	0,07	0,08	0,11	0,10	0,07	0,07	0,11	0,07	0,06	0,10
Ambraseys et al. in Simpson	0,07	0,08	0,11	0,10	0,07	0,07	0,11	0,07	0,07	0,10
Sarma in Srbulov	0,32	0,09	0,30	0,52	0,08	0,09	0,14	0,13	0,19	0,15
Smit	0,94	0,16	0,97	2,05	0,08	0,18	0,22	0,28	0,61	0,29
Ólafsson in Sigbjörnsson	0,67	0,13	0,66	1,38	0,08	0,14	0,18	0,21	0,41	0,22
Ambraseys in Douglas	0,08	0,11	0,14	0,11	0,08	0,08	0,14	0,09	0,09	0,11
Gülkan in Kalkan	0,07	0,08	0,11	0,10	0,07	0,07	0,11	0,07	0,06	0,10
Tromans in Bommer	0,07	0,08	0,11	0,10	0,07	0,07	0,11	0,07	0,07	0,10
Bommer et al.	0,07	0,08	0,11	0,10	0,07	0,07	0,11	0,07	0,07	0,10
Halldórsson in Sveinsson {1}	0,67	0,13	0,66	1,38	0,08	0,14	0,18	0,21	0,41	0,22
Halldórsson in Sveinsson {2}	0,98	0,17	1,01	2,12	0,08	0,18	0,23	0,29	0,63	0,30
Skarlatoudis	0,07	0,08	0,12	0,10	0,07	0,07	0,11	0,07	0,07	0,10
Bragato {1}	0,07	0,08	0,11	0,09	0,07	0,07	0,11	0,07	0,07	0,10
Kalkan in Gülkan	0,07	0,08	0,11	0,10	0,07	0,07	0,11	0,07	0,06	0,10
Özbey et al.	0,07	0,08	0,11	0,10	0,07	0,07	0,11	0,07	0,06	0,10
Ambraseys {6}	0,07	0,09	0,11	0,10	0,07	0,07	0,11	0,07	0,07	0,10
Bragato {2}	0,08	0,11	0,14	0,11	0,08	0,08	0,14	0,08	0,09	0,11
Bragato in Slejko	0,07	0,08	0,10	0,09	0,07	0,07	0,11	0,07	0,07	0,10
Akkar in Boomer	0,06	0,08	0,11	0,09	0,07	0,07	0,11	0,07	0,07	0,09
Danciu in Tselentis	0,07	0,08	0,11	0,10	0,07	0,07	0,11	0,07	0,07	0,10
Cauzzi in Faccioli	0,61	0,14	0,61	1,57	0,08	0,15	0,18	0,19	0,47	0,20
Cotton et al.	0,07	0,08	0,10	0,10	0,07	0,07	0,11	0,07	0,07	0,10
Massa et al.	0,07	0,08	0,11	0,10	0,07	0,07	0,12	0,08	0,07	0,10
Akyol in Karagöz	0,67	0,13	0,67	1,39	0,08	0,14	0,18	0,21	0,42	0,22

se nadaljuje...

... nadaljevanje preglednice A-4

	<b>1. Rrup</b>	<b>2. Rrup</b>	<b>3. Rrup</b>	<b>4. Rrup</b>	<b>5. Rrup</b>	<b>6. Rrup</b>	<b>7. Rrup</b>	<b>8. Rrup</b>	<b>9. Rrup</b>	<b>10. Rrup</b>
Pétersson in Vogfjörd	0,07	0,08	0,11	0,10	0,07	0,07	0,11	0,07	0,07	0,10
Faccioli {3}	0,06	0,08	0,12	0,10	0,07	0,08	0,14	0,07	0,08	0,10
Lagramge	0,07	0,07	0,10	0,09	0,07	0,06	0,10	0,06	0,06	0,09