

UDK 550.384.3(497.5):537.67:528.024
Prethodno priopćenje

Geomagnetske anomalije na području Republike Hrvatske

Matej VARGA – Zagreb¹

SAŽETAK. Prikazano je geomagnetsko, normalno i anomalno polje na sekularnim točkama u razdoblju od 2004. do 2010. godine za deklinaciju, inklinaciju i totalni intenzitet. Uspoređene su godišnje promjene reduciranih vrijednosti geomagnetskih elemenata, normalnog polja i IGRF-11 modela. Za isto su razdoblje izračunate anomalije i godišnje promjene anomalija geomagnetskog polja dobivene pomoću normalnog polja i IGRF-11 modela. Geomagnetski elementi i anomalije te njihove promjene uspoređene su s vrijednostima geomagnetskih opservatorija koji se nalaze u okruženju Republike Hrvatske. Izradene su karte anomalija deklinacije, inklinacije i totalnog intenziteta geomagnetskog polja za epohu 2009.5.

Ključne riječi: Hrvatska geomagnetska sekularna mreža, Hrvatsko geomagnetsko normalno referentno polje, anomalija geomagnetskog polja, karte anomalija.

1. Uvod

Geomagnetskim izmjerama u razdoblju od 2004. do 2010. godine uspostavljena je Osnovna geomagnetska mreža Republike Hrvatske (OGMRH), koja se sastoji od Hrvatske geomagnetske sekularne mreže (HGSM) i Hrvatske geomagnetske mreže za kartiranje polja (HGMP) (vidi Narodne novine 2009). Osnovno o geomagnetizmu vidi npr. u (Lanza i Meloni 2006) ili (Newitt i dr. 1996), a o povijesti i obnovi geomagnetizma u Hrvatskoj u (Jungwirth i Markovinović 2013). Pri uspostavi OGMRH izbjegavani su poznati izvori anomalija; sve lokacije OGMRH zadovoljavaju uvjete malih ili zanemarivih gradijenata, tj. pripovršinskih lokalnih anomalija, s iznimkom točke na vrhu Jabuke (Brkić i dr. 2012a). Međutim, dosadašnji radovi (Brkić i dr. 2013a, Brkić i dr. 2012b, Csontos i dr. 2012, Brkić i dr. 2013b) indiciraju da su točke OGMRH smještene na većim prostornim anomalijama ili u njihovoj blizini. Primjene anomalija geomagnetskog polja mnogobrojne su, ponajprije pri istraživanjima mineralnih, rudnih, naftnih i plinskih depozita u Zemljinoj kori (vidi npr. Milsom 2003), pri procjeni geomagnetskih elemenata u razdoblju bez geomagnetske izmjere (vidi npr. Brkić i dr. 2012c), itd.

¹ Matej Varga, mag. ing. geod. et geoinf., Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Croatia, e-mail: mvarga@geof.hr

Karte geomagnetskog polja (deklinacije D , inklinacije I i totalnog intenziteta F), kao primjerice (Brkić 2013a), uključuju doprinos glavnog polja (normalno polje koje uz Zemljinu jezgru uključuje i doprinose donje kore) te anomalno magnetsko polje Zemljine kore. Glavno magnetsko polje na globalnoj prostornoj skali reprezentira se npr. modelom International Ggeomagnetic Reference Field IGRF-11 (URL 1). Za manja područja, poput Hrvatske, normalno polje opisano je polinomom II. reda po geografskoj širini i dužini [vidi npr. Brkić i dr. 2012b, izrazi (5) – (7)]. Pregledi redukcija modela normalnog polja i karata geomagnetskog polja za epohu 2009.5 izračunatih iz reduciranih geomagnetskih mjerenja publicirani su u (Vujić i dr. 2013, Brkić i dr. 2013a).

1.1. Ciljevi rada

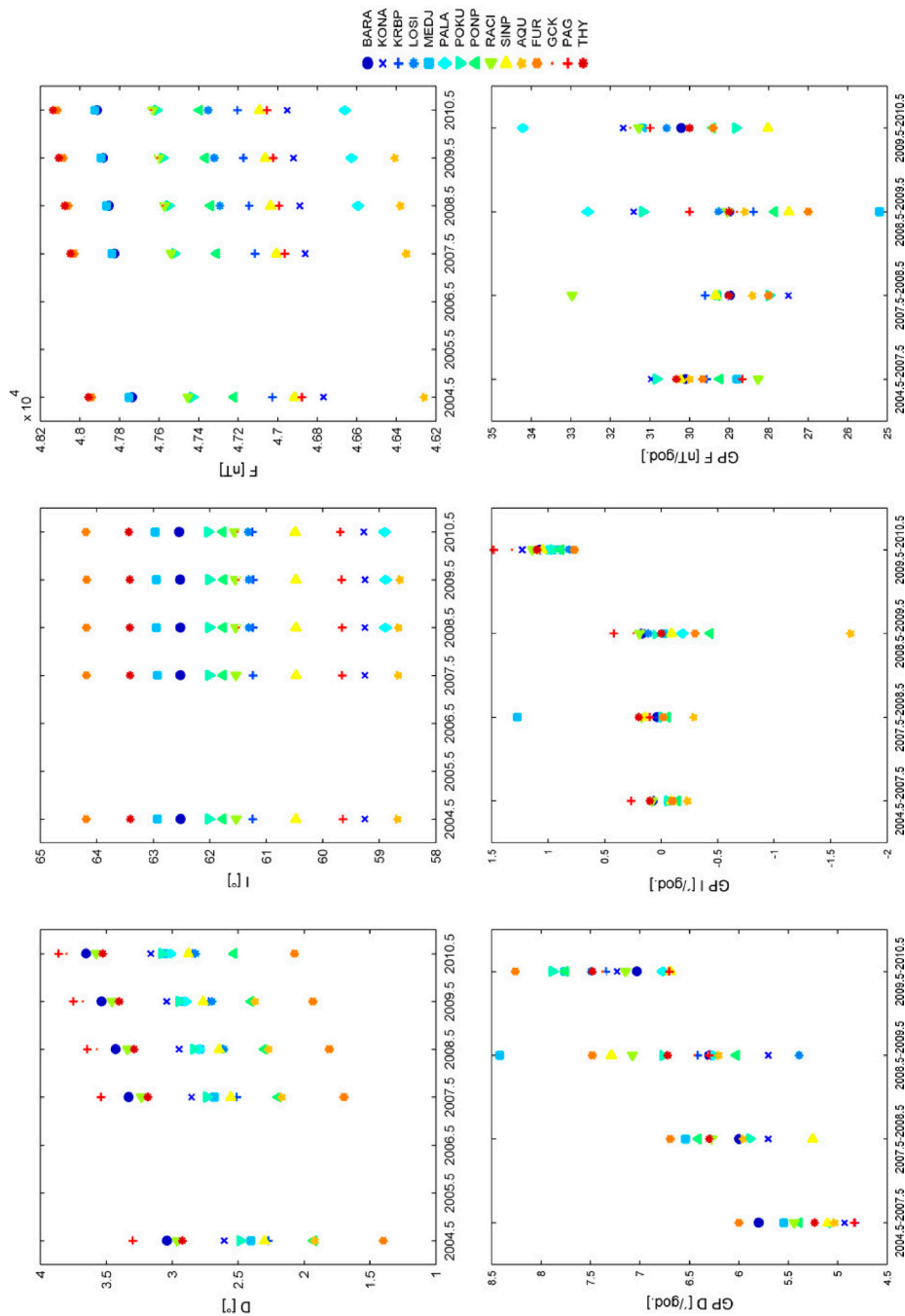
Vremenski kontinuitet izmjere sekularnih točaka na području Republike Hrvatske (HGSM), od 2004. do 2010. godine, omogućuje procjenu promjene geomagnetskih elemenata, normalnog i anomalnog polja za epohe 2004.5, 2007.5, 2008.5, 2009.5, 2010.5. Razlikom pojedinih elemenata između slijednih epoha (npr. 2007.5 – 2008.5) definirane su pripadne godišnje promjene (oznaka: GP , engl. *annual change*). Reducirane vrijednosti geomagnetskih elemenata te koeficijenti normalnih polja za razmatrane epohe preuzeti su iz (Vujić i dr. 2013, tablica 3.1 i tablica 3.2). Anomalije geomagnetskog polja na točkama HGSM-a za svaku pojedinu epohu određene su diferencijom reduciranih vrijednosti geomagnetskih elemenata (D , I , F) od Hrvatskoga geomagnetskog normalnog polja (HGMRP) odnosno IGRF-11 modela. Za anomalije definirane pomoću HGMRP-a i IGRF-11 modela uvode se oznake *HGMRP anomalija* i *IGRF-11 anomalija*. Anomalije su određene na točkama HGSM-a: Baranja (BARA), Konavle (KONA), Kravsko polje (KRBP), Mali Lošinj (LOSI), Međimurje (MEDJ), Palagruža (PALA), Pokupsko (POKU), Ponte Porton (PONP), Račinovci (RACI) i Sinjsko polje (SINP). Osim na točkama HGSM-a, zbog usporedbe s reprezentativnim vrijednostima, uključeni su i geomagnetski opservatoriji koji se nalaze u okruženju: Fürstenfeldbruck (FUR, Njemačka), Grocka (GCK, Srbija), L'Aquila (AQU, Italija), Panagyurishte (PAG, Bugarska) i Tihany (THY, Mađarska).

Pomoću HGMRP i IGRF-11 anomalija izrađene su karte anomalija za epohu 2009.5 za geomagnetske elemente D , I i F .

2. Vremenska promjena geomagnetskog polja 2004.5 – 2010.5

Na svim točkama HGSM-a od epohe 2004.5 do 2010.5 vidljiv je porast reduciranih vrijednosti deklinacije i totalnog intenziteta, dok je inklinacija približno konstantna (slika 1, gore). Godišnje su promjene deklinacije od minimalno $5'$ /god. do maksimalno $7'$ /god., inklinacije manje od $1'$ /god., a totalnog intenziteta približno 30 nT/god. (slika 1, dolje).

Geomagnetski elementi na točkama HGSM-a u skladu su s istima na opservatorijima. Odstupanje godišnje promjene od ponašanja ostalih točaka postoji na točkama: MEDJ (D i F , u razdoblju 2008.5–2009.5; I , u razdoblju 2007.5–2008.5), PALA i RACI (F , u svim razdobljima) te opservatoriju AQU (za I , u razdoblju 2008.5–2009.5) (slika 1).



Slika 1. Geomagnetski elementi (gore) i godišnje promjene geomagnetskih elemenata (dolje) na točkama HGSM-a i opservatorijima.

2.1. Usporedba HGMRP-a i IGRF-11 modela

U svim razmatranim epohama (od 2004.5 do 2010.5) i za sve elemente (D , I i F) ovisnost između HGMRP-a i IGRF-11 modela te reduciranih geomagnetskih elementa vrlo je jaka (koef. korel. $> 0,99$). Kao i kod geomagnetskih elemenata, deklinacija normalnog polja i IGRF-11 raste od $5'$ /god. do $7'$ /god., inklinacija normalnog polja ne mijenja se znatno (manje od $1'$ /god.), dok se totalni intenzitet povećava oko 30 nT/god.

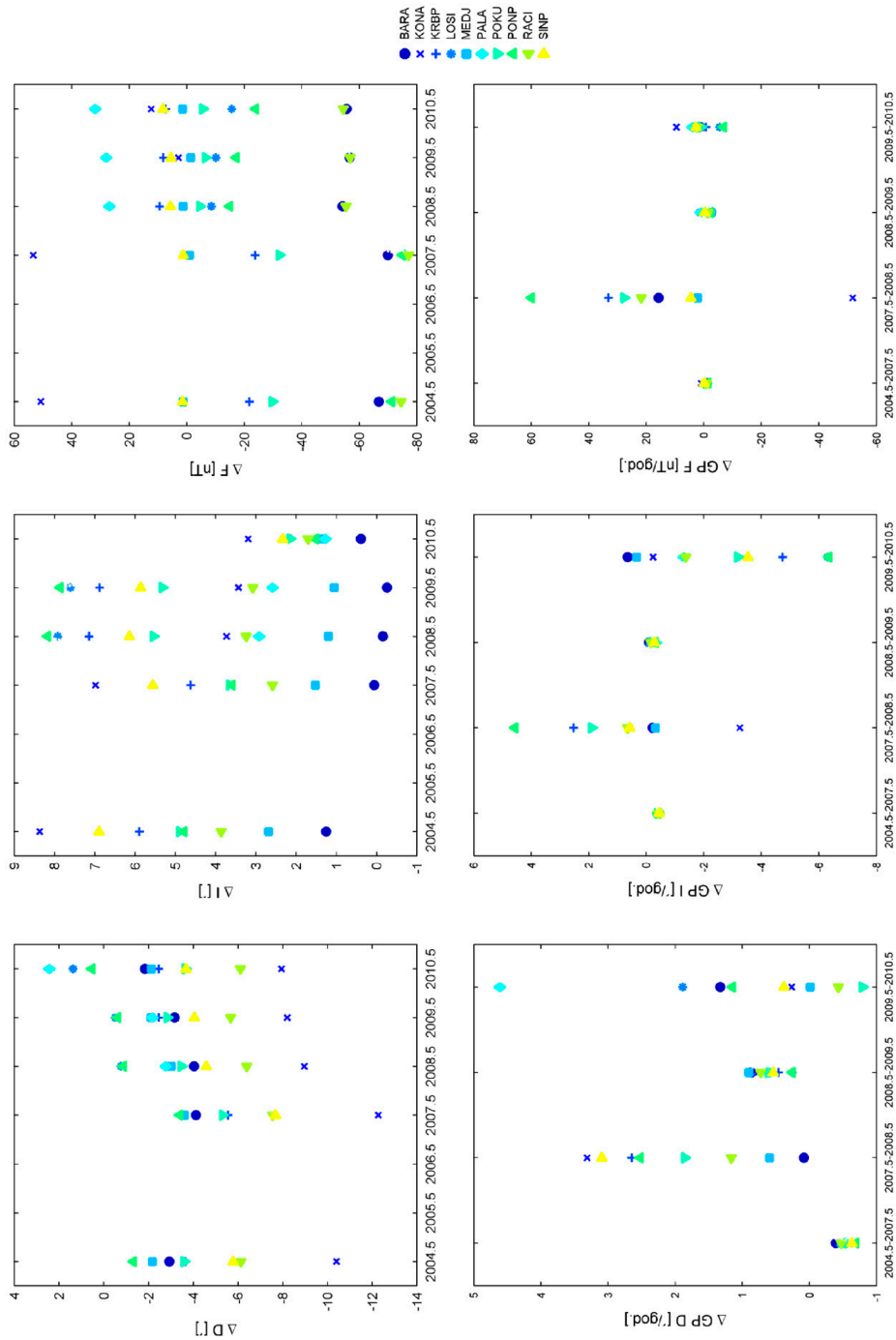
Razlika HGMRP-a i IGRF-11 modela u istim epohama u točkama HGSM-a pokazuje nezanemarive vrijednosti (slika 2, gore), stoga nije svejedno koji će se model izabrati za procjenu anomalija. Promatraju li se sve epohe, srednja vrijednost razlika za deklinacije iznosi od $-6'$ do $-2'$, za inklinacije od $2'$ do $5'$ i za totalni intenzitet od 7 nT do 24 nT. Iz toga slijedi kako je, u razmatranom razdoblju, deklinacija HGMRP-a manjih vrijednosti, a inklinacija i totalni intenzitet većih vrijednosti u odnosu na IGRF-11 model, i to ukazuje na pomak sustavnoga karaktera između ta dva modela. Najveće razlike između HGMRP-a i IGRF-11 prisutne su na točkama KONA (osobito D i I), PONP (osobito D i F) te BARA (osobito F).

Ako se promatraju sva razdoblja, razlike godišnjih promjena HGMRP-a i IGRF-11 iznose za deklinaciju najviše $5'$ /god., za inklinaciju $6'$ /god., a za totalni intenzitet do 60 nT/god. (slika 2, dolje). Razlike su povezane s godišnjim promjenama HGMRP-a (koef. korel. 1). Velike razlike između sukcesivnih epoha HGMRP-a 2007.5–2008.5 te 2009.5–2010.5 prisutne su jer je HGMRP u različitim epohama računat s različitim brojem i rasporedom raspoloživih točaka (Vujić i dr. 2013).

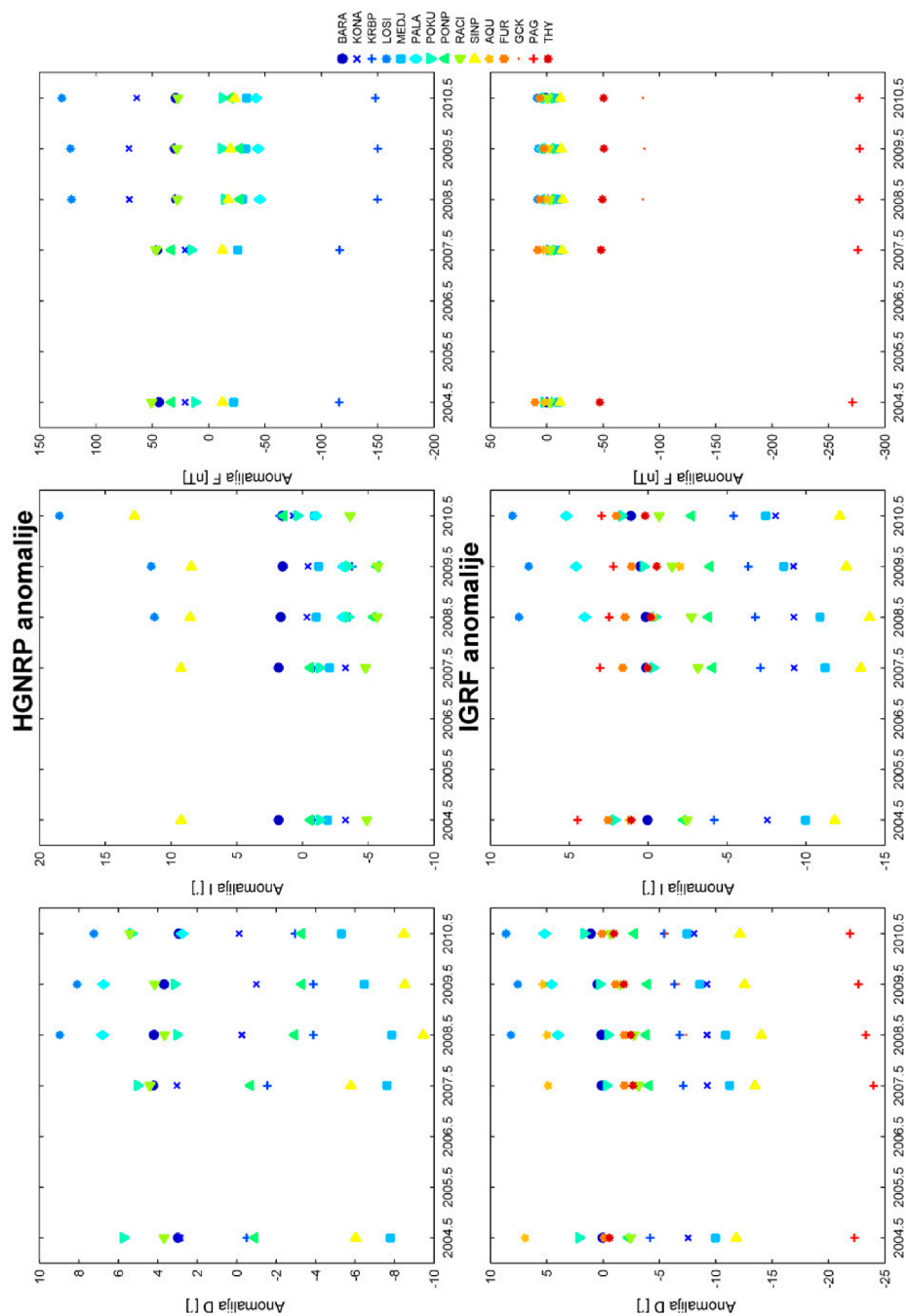
3. Anomalije HGMRP-a i IGRF-11 u vremenu

Promjena anomalija HGMRP-a i IGRF-11 u razdoblju od 2004.5 do 2010.5 prikazana je na slici 3. HGMRP anomalije deklinacije za sve epohe kreću se od $-10'$ do $10'$, inklinacije od $-5'$ do $15'$ i za totalni intenzitet od -140 nT do 130 nT. Anomalije IGRF-11 kreću se za deklinaciju od $-15'$ do $9'$, za inklinaciju od $-3'$ do $20'$, za totalni intenzitet od -140 nT do 113 nT. Srednje vrijednosti HGMRP anomalija deklinacije i inklinacije u svim epohama iznose približno $0'$, a za totalni intenzitet do 4 nT. Anomalije IGRF-11 ovisno o epohi imaju srednje vrijednosti deklinacije oko $-4'$, inklinacije oko $4'$ i totalnog intenziteta oko -20 nT. Prema kriteriju manje apsolutne srednje vrijednosti anomalija, model HGMRP-a primjereniji je od IGRF-11 modela. To je očekivano, s obzirom na to da je HGMRP izveden iz terestričkih podataka HGSM-a, koje IGRF-11 model ne uzima u obzir. Osim toga, IGRF-11 definiran je sfernim harmonicima do 13. stupnja, dok je HGMRP ekvivalentan razvoju u red po sfernim harmonicima do 92. stupnja (vidi npr. Brkić i dr. 2012b).

Najveći iznosi anomalija svih geomagnetskih elemenata su na točki LOSI (u oba slučaja anomalija). Velike iznose anomalija deklinacije i inklinacije pokazuju točke SINP i RACI. Anomaliju totalnog intenziteta u svim epohama pokazuje točka KRBP (po apsolutnoj vrijednosti maksimalno 150 nT). Vrijednosti anomalija IGRF-11 na opservatorijima u skladu su s anomalijama IGRF-11 na točkama HGSM-a, izuzev za opservatorij PAG (slika 3, dolje).



Slika 2. Razlika HGMRP-a i IGRF-11 (gore) i razlike godišnjih promjena HGMRP-a i IGRF-11 modela (dolje) na točkama HGSM-a.



Slika 3. Anomalije HGSRP-a na točkama HGSM-a (gore) i anomalije IGRF-11 (dolje) na točkama HGSM-a i opservatorijima.

Očekivano, razlike anomalija HGSRP-a i IGRF-11 jako su korelirane s razlikama samih modela HGSRP-a i IGRF-11 (koef. korel. veći od 0,9). Za točke HGSM-a na kojima su veće razlike između tih modela i razlike anomalija većih su iznosa. U svim epohama, srednja vrijednost razlika HGSRP i IGRF-11 anomalija deklinacije kreće se oko 4', inklinacije oko -4', a totalnog intenziteta od 10 do 30 nT. Promatraju li se razlike anomalija u točkama HGSM-a, maksimalne razlike anomalija HGSRP-a i IGRF-11 u identičnim epohama za deklinaciju su 12' (u epohi 2007.5), inklinaciju -8' (u tri epohe 2004.5, 2008.5 i 2009.5), a za totalni intenzitet do 50 nT.

3.1. Godišnje promjene anomalija

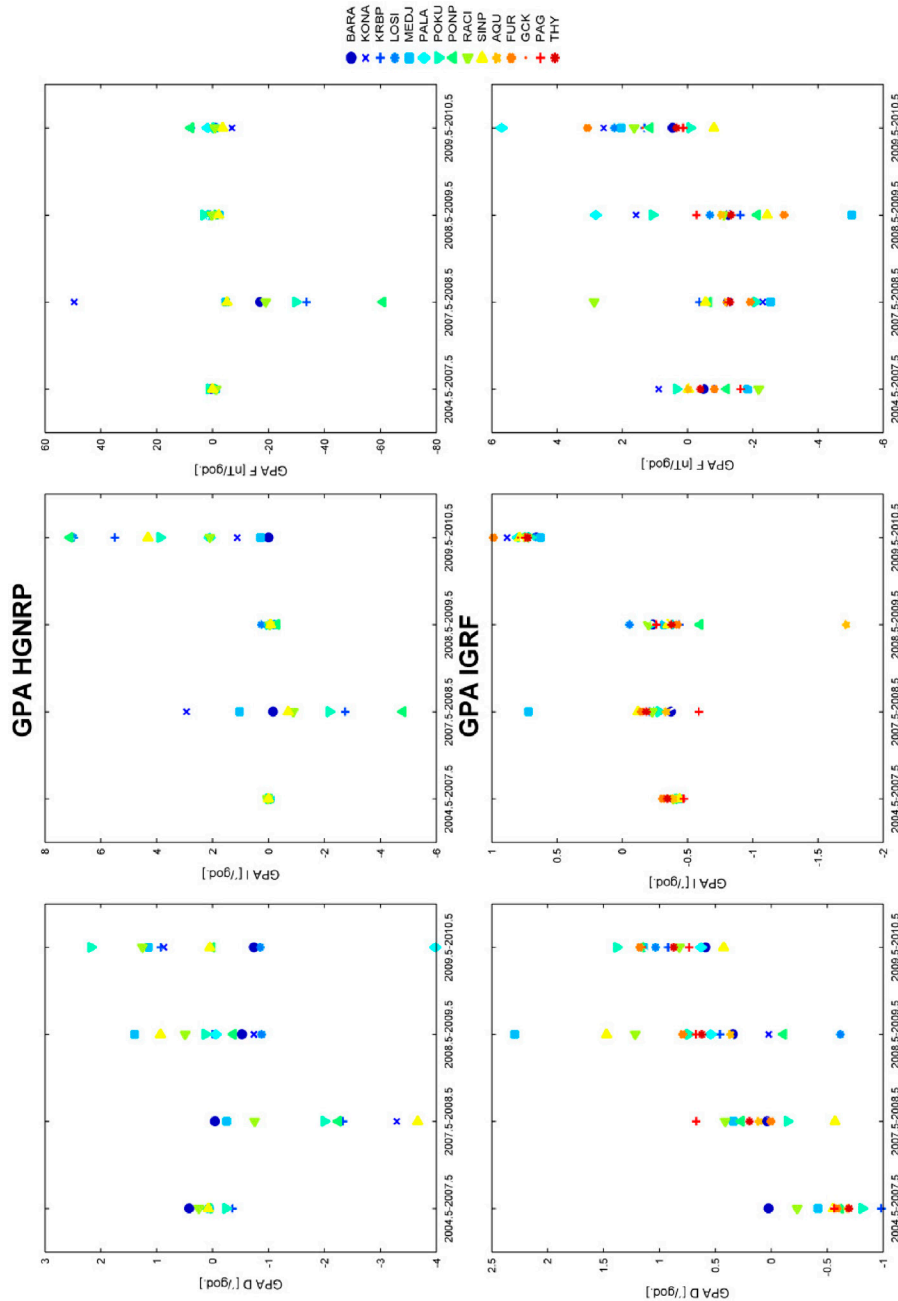
Razlike anomalija u sukcesivnim godinama, ovdje nazvane godišnje promjene anomalija (GPA), određene su za anomalije HGSRP-a i IGRF-11 (slika 4). GPA HGSRP-a i IGRF-11 na točkama HGSM-a malih su iznosa. Srednja vrijednost GPA (i HGSRP-a i IGRF-11) deklinacije i inklinacije u svim je epohama manja od 1'/god., a za totalni intenzitet manja od 1 nT/god. Veći raspon vrijednosti GPA HGSRP-a prisutan je u razdoblju 2007.5–2008.5 i 2009.5–2010.5 zbog, već spomenutoga, HGSRP-a definiranog različitim brojem i rasporedom za danu epohu raspoloživih točaka i opservatorija. Promjena anomalija u vremenu poprilično je stabilna.

Ponašanje GPA (i HGSRP-a i IGRF-11) na točkama HGSM-a slijedi uzorak godišnjih promjena anomalija na opservatorijima (slika 4, dolje). GPA HGSRP-a za sve elemente jako je koreliran s godišnjim promjenama HGSRP-a (koef. korel. 0,8–1,0), a GPA IGRF-11 koreliran je s godišnjim promjenama IGRF-a (koef. korel. 0,5–0,6). GPA HGSRP-a za deklinaciju i inklinaciju umjereno je koreliran s godišnjim promjenama reduciranih vrijednosti elemenata deklinacije i inklinacije (slika 4, gore) (koef. korel. za D 0,4, a za I 0,6), ali godišnja promjena anomalija totalnog intenziteta nije korelirana s godišnjom promjenom totalnog intenziteta (koef. korel. 0,0). Godišnje promjene anomalija IGRF-11 jako su korelirane s reduciranim vrijednostima geomagnetskih elemenata (slika 4, dolje) (koef. korel. veći od 0,9).

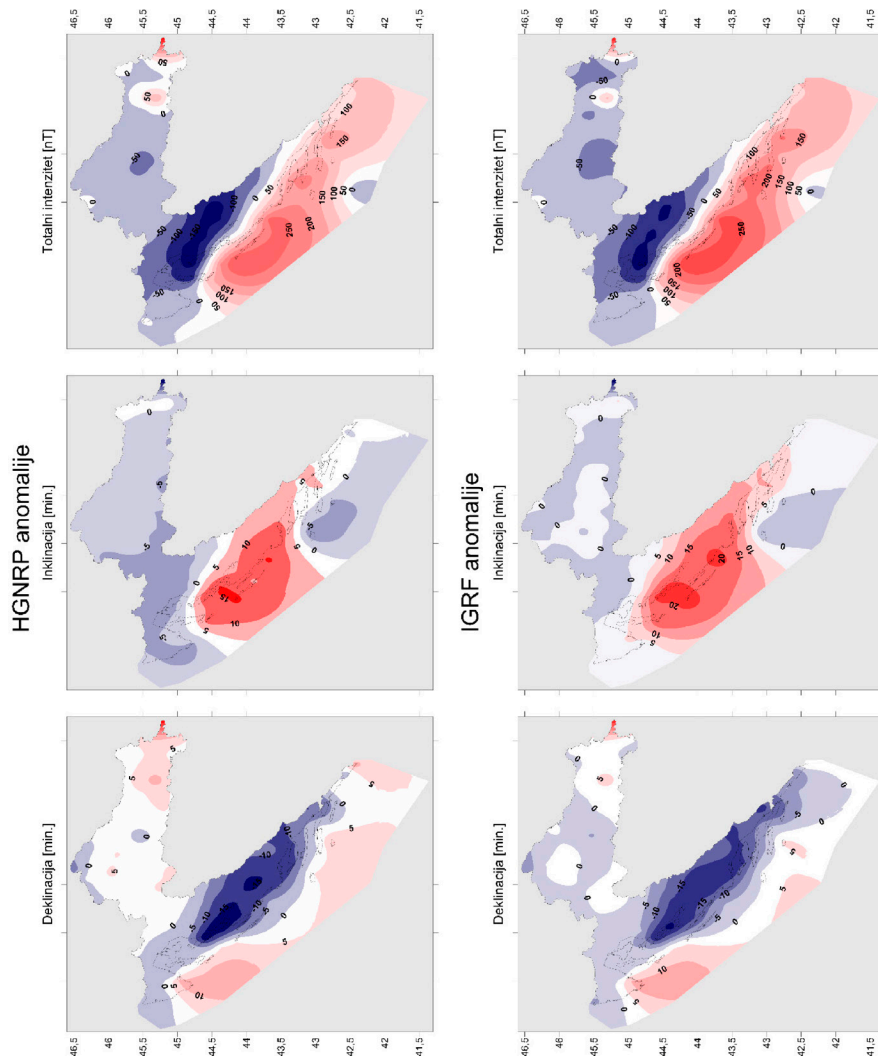
Srednje vrijednosti razlika između GPA HGSRP-a i IGRF-a u identičnim epohama iznose oko 1'/god. za deklinaciju i inklinaciju te oko 1 nT/god. za totalni intenzitet. Najveće su razlike GPA za razdoblje 2007.5–2008.5, i to za sva tri elementa.

3.2. Karte anomalija geomagnetskog polja za epohu 2009.5

Za izradu karata anomalija unutar Hrvatske korišteno je 10 točaka HGSM-a i 88 točaka iz HGMRP-a. Karte anomalija geomagnetskog polja izrađene su na dva načina; HGSRP anomalije oduzimanjem HGSRP-a, a IGRF-11 anomalije oduzimanjem IGRF-11 modela od reduciranih vrijednosti elemenata na epohu 2009.5 (slika 5). Uključivanjem mjerenja izvan područja Republike Hrvatske povećana je pouzdanost karata i eliminirani su rubni efekti pri izradi mreže iz točkastih podataka. Uključena su mjerenja 12 opservatorija, 47 talijanskih, 12 mađarskih i 14 bugarskih sekularnih točaka i 71 točke iz EMM modela (engl. *Enhanced Magnetic Model*, URL 2). Ta su mjerenja, i za karte anomalija HGSRP-a i IGRF-11, reducirana pomoću IGRF-11 modela. Karte su izrađene za područje $12,9^\circ < \lambda < 19,5^\circ$ i $41,3^\circ < \varphi < 46,6^\circ$, uz inkrement mreže $\Delta\varphi = \Delta\lambda = 0,01^\circ$. Karte anomalija



Slika 4. Godišnje promjene anomalija HGNRP-a na točkama HGNRP-a (gore) i godišnje promjene anomalija IGRF-11 na točkama HGNRP-a i opservatorijima (dolje).



Slika 5. Karte anomalija HGMRP-a (gore) i IGRF-11 (dolje) za epohu 2009.5 na području Republike Hrvatske.

HGMRP-a podudarne su kartama anomalija za epohu 2008.5 iz (Brkić i dr. 2012b). Na području dinarske regije evidentne su anomalije deklinacije i totalnog intenziteta negativnih iznosa, te inklinacije pozitivnih iznosa. Po iznosima najveće anomalije prisutne su u području Velebita, Dalmacije, srednjeg Jadrana, te na krajnjem istoku Republike Hrvatske (slika 5).

Karte anomalija HGMRP-a i IGRF-a vizualno su slične na najvećem dijelu područja Republike Hrvatske, iako njihova međusobna razlika u identičnim točkama mreže potvrđuje pomak sustavnoga karaktera IGRF modela u odnosu na HGMRP. Karte anomalija HGMRP-a uspoređene su s kartama anomalija dobivenim kao razlika modela EMM-a i WMM-a (engl. *World Magnetic Model*), koji su dobiveni iz mje-

renja satelitskim metodama. Razlike modela HGMRP anomalija i EMM-WMM anomalija najveće su u područjima velikih prostornih anomalija. Primjerice, u području Velebita i srednjeg Jadrana razlike anomalija za deklinaciju i inklinaciju kreću se do 30', za totalni intenzitet do 100 nT. Na najvećem dijelu Hrvatske razlike anomalija kreću se za deklinaciju i inklinaciju od -5' do 5', a za totalni intenzitet do 100 nT.

Razlike IGRF-11 anomalija i EMM-WMM anomalija u odnosu na HGMRP anomalije ukazuju na nužnost određivanja normalnog polja pomoću terestričkih mjerenja.

4. Zaključak

Prikazane su vremenske promjene geomagnetskog, normalnog i anomalnog polja na točkama HGSM-a od 2004. do 2010. godine, te karte anomalija dobivene pomoću HGMRP-a i IGRF-11 modela za epohu 2009.5.

U razmatranom razdoblju geomagnetski elementi pokazuju porast vrijednosti, osobito deklinacije i totalnog intenziteta, što se podudara s ponašanjem geomagnetskih elemenata na opservatorijima. Razlika HGMRP-a i IGRF-11 modela u identičnim epohama pokazuje međusobnu sličnost modela; za deklinaciju su najveće razlike 10', za inklinaciju 8', a za totalni intenzitet 77 nT. Srednje vrijednosti razlika između HGMRP-a i IGRF-11 modela ukazuju na postojanje odstupanja sustavnoga karaktera koji za deklinaciju iznosi od -6' do -2', za inklinaciju od 2' do 5', a za totalni intenzitet od 2 nT do 5 nT. Zbog nekonzistentnosti između rješenja HGMRP-a, gdje za računanje u različitim epohama nisu korištene iste točke, godišnje promjene HGMRP-a u različitim epohama nisu međusobno usporedive, osobito za razdoblje 2007.5–2008.5 i 2009.5–2010.5.

Promatraju li se sve epohe, anomalije HGMRP-a i IGRF-11 na točkama HGSM-a ukazuju na postojanje anomalija deklinacije od -15' do 10', inklinacije od -6' do 20' i totalnog intenziteta od -150 do 120 nT. Najveće anomalije prisutne su na točkama LOSI, SINP, RACI i KRBP.

Iako su im rasponi približno jednaki, srednje vrijednosti HGMRP anomalija na točkama HGSM-a u svim su razdobljima manjih iznosa od IGRF-11 anomalija. Stoga je za određivanje anomalija na području Hrvatske, prema izloženim rezultatima, primjerenije korištenje normalnog polja te ujedno prilikom računanja normalnog polja osobitu pozornost treba posvetiti rasporedu i broju točaka. U promatranom razdoblju godišnje promjene anomalija na točkama HGSM-a poprimaju vrlo male iznose (za D i I srednja vrijednost manja od 1', a za F srednja vrijednost manja od 2 nT). Za detaljniju analizu promjena anomalija potreban je vremenski duži niz mjerenja.

Prema izrađenim kartama anomalija, većina točaka HGSM-a smještene su u blizini velikih prostornih anomalija, stoga će za određivanje normalnog polja biti potrebno redefinirati do sada korišteni skup točaka. Valja spomenuti i mogućnost određivanja normalnog polja ASHA metodom (vidi npr. Kovács i dr. 2011), što se planira napraviti u nadolazećem razdoblju.

ZAHVALA. Autor se zahvaljuje Institutu za istraživanje i razvoj obrambenih sustava Ministarstva obrane, Državnoj geodetskoj upravi i Ministarstvu znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske na financiranju projekata u sklopu kojih su izvedena istraživanja.

Osim toga, zahvaljuje se i prof. dr. sc. Mariu Brkiću, s Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, na konstruktivnim i plodonosnim diskusijama i savjetima prilikom izrade rada.

Literatura

- Brkić, M., Špoljarić, D., Markovinović, D. (2012a): Geomagnetska i GNSS izmjera vrha otočića Jabuka, Geodetski list, Vol. 65 (88), No. 3, 195–204.
- Brkić, M., Šugar, D., Pavasović, M., Vujić, E., Jungwirth, E. (2012b): Croatian Geomagnetic Field Maps for 2008.5 Epoch, Annals of Geophysics, 55, 6, 1061–1069, doi: 10.4401/ag-5395.
- Brkić, M., Jungwirth, E., Matika, D., Bačić, Ž. (2012c): Geomagnetska informacija i sigurnost, 3. konferencija Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa, Državna uprava za zaštitu i spašavanje.
- Brkić, M., Varga, M., Poslončec-Petrić, V. (2013a): Geomagnetsko polje za epohu 2009.5, poglavlje u znanstvenoj knjizi „Osnovna geomagnetska mreža Republike Hrvatske 2004 – 2012, s kartama geomagnetskog polja za epohu 2009.5“, ur. M. Brkić, Državna geodetska uprava Republike Hrvatske, Zagreb.
- Brkić, M., Markovinović, D., Jungwirth, E. (2013b): Model geomagnetske informacije za 2013. godinu, Kartografija i geoinformacije, Vol. 11, No. 18, 202–203.
- Csontos, A., Šugar, D., Brkić, M., Kovács, P., Hegymegi, L. (2012): How to control a temporary dIdD based observatory in the field?, Annals of Geophysics, Vol. 55, No. 6, 5th European Repeat Station (MagNetE) Workshop Rome, Italy 2011, doi: 10.4401/ag-5447.
- Jungwirth, E., Markovinović, D. (2013): O povijesti i obnovi geomagnetizma u Hrvatskoj, poglavlje u znanstvenoj knjizi „Osnovna geomagnetska mreža Republike Hrvatske 2004 – 2012, s kartama geomagnetskog polja za epohu 2009.5“, ur. M. Brkić, Državna geodetska uprava Republike Hrvatske, Zagreb.
- Kovács, P., Vujić, E., Csontos, A., Brkić, M., Heilig, B., Koppán, A. (2011): Regional magnetic field model for Croatia and Hungary, Abstracts of the 6th Congress of Balkan Geophysical Society, Budapest, Hungary, 3–6 October 2011.
- Lanza, R., Meloni, A. (2006): The Earth's Magnetism, An Introduction for Geologists, xi, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, doi: 10.1017/S0016756807003238, 278.
- Milsom, J. (2003): Field Geophysics, John Wiley & Sons Ltd.
- Narodne novine (2009): Pravilnik o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova, 87/09, Zagreb.
- Newitt, L. R., Barton, C. E., Bitterly, J. (1996): Guide For Magnetic Repeat Station Surveys, AGA, Boulder, USA.
- Vujić, E., Brkić, M., Bjelotomić, O. (2013): Redukcije izmjera, normalna polja i godišnje promjene 2004.–2012., poglavlje u znanstvenoj knjizi „Osnovna geomagnetska mreža Republike Hrvatske 2004–2012, s kartama geomagnetskog polja za epohu 2009.5“, ur. M. Brkić, Državna geodetska uprava Republike Hrvatske, Zagreb, 21–32.

Mrežne adrese

URL 1: International Geomagnetic Reference Model,
<http://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/igrf.html>, (25. 1. 2014.).

URL 2: Enhanced Magnetic Model,
<http://www.ngdc.noaa.gov/>, (20. 1. 2014.).

Geomagnetic Anomalies over the Territory of the Republic of Croatia

ABSTRACT. From 2004-2010 geomagnetic, normal and anomalous field on secular points for the declination, inclination and total intensity was presented. A comparison between the annual changes of reduced values of the geomagnetic field, normal field and IGRF-11 model was made. For the same period anomalies and annual changes of the anomalies of the geomagnetic field were calculated using normal field and IGRF-11 model. All variables were compared with values at observatories in the Croatian environment. Anomaly maps of the geomagnetic field for epoch 2009.5 were created.

Keywords: Croatian Geomagnetic Repeat Station Network, Geomagnetic Normal Reference Field, geomagnetic anomaly, anomaly maps.

Primljeno: 2014-03-20

Prihvaćeno: 2014-05-15