

MODEL MAGNETNE DEKLINACIJE ZA SLOVENIJO

THE MODEL OF MAGNETIC DECLINATION OF SLOVENIA

Tomaz Žagar, Dalibor Radovan

UDK: 528.2:550.38(078.7)

IZVLEČEK

Predstavljen je polinomski model magnetne deklinacije za območje Slovenije, ki zaradi svojega lokalnega značaja omogoča točnejše izračunavanje deklinacije, kot je to mogoče s svetovnimi modeli. Podlaga za izračun koeficientov modela so vrednosti magnetne deklinacije na 11 geomagnetnih točkah znotraj območja Slovenije, izmerjene med septembrom 2008 in septembrom 2009, in vrednosti magnetne deklinacije na osmih Sloveniji najbližjih geomagnetnih observatorijih. Rezultati so bili reducirani na epoho 2009,0 in uporabljeni za izračun koeficientov kvadratnega polinomskega modela deklinacij za Slovenijo po metodi najmanjših kvadratov. Polinomski model je bil primerjan s svetovnim magnetnim modelom WMM. Ugotovljeno je, da so razlike med modeloma precejšnje.

KLJUČNE BESEDE

magnetna deklinacija, polinomski model, redukcija geomagnetnih podatkov, metoda najmanjših kvadratov

Klasifikacija prispevka po COBISS-u: 1.01

ABSTRACT

A polynomial model of magnetic declination for the area of Slovenia is presented. The model enables calculations of magnetic declination that are, due to its local characteristics, more accurate than the results of the global models. The basis for the estimation of polynomial coefficients are the magnetic declination values of 11 geomagnetic points in Slovenia, obtained between September 2008 and September 2009, and the magnetic declination values of eight geomagnetic observatories in the vicinity of Slovenia. The results were reduced to the epoch 2009,0 and used with the least square method to obtain the coefficients of the second order polynomial model. The model was compared to the World Magnetic Model (WMM). The estimated differences are considerable.

KEY WORDS

magnetic declination, polynomial model, reduction of geomagnetic data, least squares method

1 UVOD

Poznavanje zemeljskega magnetnega polja, predvsem magnetne deklinacije, je pomembno v mnogih sodobnih navigacijskih sistemih kot nadomestek ali dopolnilo satelitski navigaciji in inercialnim sistemom (Solarić in Solarić, 2009; Goldenberg, 2006; Caruso, 2000). Navigacijski instrumenti za merjenje smeri, ki delujejo na podlagi merjenja zemeljskega magnetnega polja, so danes v navigaciji sicer sekundarnega pomena, vendar se obvezno uporabljajo v navigacijskih napravah s povečano točnostjo, zanesljivostjo in robustnostjo delovanja (Čop in sod., 2008).

Zemeljsko magnetno polje podajamo z različnimi veličinami, najpogostejše so X , Y in Z , kjer so: X - velikost komponente vektorja gostote magnetnega pretoka (\mathbf{B}) v smeri geografskega severa, Y - velikost komponente \mathbf{B} v smeri vzhoda in Z - velikost komponente \mathbf{B} v smeri proti središču Zemlje, ali pa D , I , F , kjer so: D - magnetna deklinacija (kot med komponento vektorja \mathbf{B} v smeri geografskega severa (X) in horizontalno komponento vektorja \mathbf{B} (\mathbf{B}_H)) oziroma odklon magnetne igle od geografskega severa), I - magnetna inklinacija (kot med vektorjema \mathbf{B}_H in \mathbf{B} oziroma odklon magnetne igle od horizontalne ravnine) in F - velikost vektorja \mathbf{B} . Pri geomagnetnih meritvah je treba izmeriti normalno geomagnetno polje, ki vključuje prispevke glavnega polja (magnetnega polja zaradi konvekcije elektroprevodnega materiala v zunanem jedru Zemlje), remanentni magnetizem skorje in magnetizem skorje, induciran z glavnim poljem, izključuje pa prispevke zunanjih dejavnikov, ki jih povzročajo tokovi ionov in elektronov v ionosferi in magnetosferi (Newitt, Barton in Bitterly, 1996; Fefer in sod., 2010).

Natančno določena magnetna deklinacija je ključna za logistične aplikacije, pri katerih se uporablja orientacija v prostoru s topografsko karto. Navajanje deklinacije in njene variacije je tudi del izvenokvirne vsebine lista na državnih in vojaških topografskih kartah ter na pomorskih in letalskih kartah (ICAO, 2009), katerih vsebina je določena s standardi zveze NATO, Mednarodne pomorske organizacije (IHO) in Mednarodne organizacije za civilno letalstvo (ICAO). Magnetno deklinacijo lahko sicer izračunamo na podlagi svetovnih modelov (Maus in sod., 2010), vendar ti ne zajemajo lokalnih posebnosti magnetnega polja, zato se za natančnejšo določitev deklinacije uporabljajo modeli, ki temeljijo na rezultatih meritev na lokalnih ponavljalnih geomagnetnih postajah (Newitt, Barton in Bitterly, 1996; Fefer in sod., 2010). Natančneje določena magnetna deklinacija za ozemlje Slovenije je tudi glavni razlog za izdelavo polinomskega modela magnetne deklinacije, ki je predstavljen v tem članku.

2 MATEMATIČNI MODELI ZEMELJSKEGA MAGNETNEGA POLJA

Najpogosteje uporabljena svetovna modela sta Svetovni magnetni model (World Magnetic Model, WMM) in Mednarodno geomagnetno referenčno polje (International Geomagnetic Reference Field, IGRF). Modelirata glavno zemeljsko magnetno polje, ki predstavlja več kot 95 % skupnega magnetnega polja na površju Zemlje (Maus in sod., 2010). Koeficienti teh modelov so izračunani na podlagi večletnih predhodnih opazovanj magnetnega polja v geomagnetnih observatorijih in s sateliti. Ker se glavno magnetno polje s časom nepredvidljivo in nelinearno spreminja (sekularna variacija), koeficiente teh modelov posodablajo vsakih pet let, vmesne vrednosti pa dobijo s predpostavko časovno linearne odvisnosti sekularne variacije.

Kako dobro se podatki svetovnih geomagnetnih modelov ujemajo z dejanskim stanjem, je odvisno predvsem od lokalnih anomalij magnetnega polja, ki jih povzroča komponenta polja zemeljske skorje in zgornjega plašča, kar je tudi razlog, da ti modeli ne zadoščajo za izdelavo natančnih lokalnih geomagnetnih kart (Jankowski in Sucksdorff, 1996; Maus in sod., 2010; IAGA, Working Group V-MOD, 2010).

Lokalno geomagnetno polje se najpogosteje aproksimira s polinomom (Vujić in sod., 2011; Gu in sod., 2006; Kovács in Körmendi, 1999; Brkić in Šugar, 2008), uporablja pa se tudi druge

modele, na primer modele z zleпки (Geese in sod., 2009) ali model SCHA (De Santis in Torta, 1997; Qamili in sod. 2010).

Podlaga za izdelavo lokalnih geomagnetnih modelov so geomagnetne meritve, ki se izvajajo na ponavljalnih geomagnetnih postajah. Merilne vrednosti reduciramo, ker želimo oceniti normalno geomagnetno polje.

3 GEOMAGNETNE MERITVE NA OZEMLJU REPUBLIKE SLOVENIJE

Za potrebe opazovanja zemeljskega magnetnega polja na območju nekdanje Jugoslavije je bil leta 1956 postavljen geomagnetni observatorij Grocka v bližini Beograda. Na ozemlju današnje Republike Slovenije so se izvajale ciklične meritve geomagnetnega polja na 36 enakomerno razporejenih ponavljalnih postajah v pet- oziroma desetletnih ciklih. Na podlagi polinomskega modela se je v letih cikličnih meritev na sekularnih točkah interpoliral model magnetnega polja za celotno ozemlje Jugoslavije (Paliska in sod. 2010).

Po razpadu Jugoslavije so bile meritve geomagnetnega polja na ozemlju Republike Slovenije zanemarjene oziroma se niso izvajale sistematično, ker pa so podatki o magnetni deklinaciji pomembni za vojaške namene, predvsem pa za vojaško topografsko kartografijo, sta Ministrstvo za obrambo RS in Javna agencija za raziskovalno dejavnost naročila ciljni raziskovalni projekt »Določitev magnetne deklinacije za območje Slovenije in primerjava z globalnimi modeli zemeljskega magnetnega polja« (Fefer in sod., 2010). Projekt je poleg izračuna modela magnetne deklinacije obsegal razvoj merilne opreme, načrtovanje mreže točk in geodetske ter geomagnetne terenske meritve. Izvajali so ga Fakulteta za elektrotehniko in Fakulteta za pomorstvo in promet Univerze v Ljubljani, podjetje 2B d. o. o. in Geodetski inštitut Slovenije.

Eden od ciljev projekta je bil primerjati magnetno deklinacijo, izdelano na podlagi lokalnih geomagnetnih meritev, s karto, izdelano na podlagi globalnega geomagnetnega modela za ozemlje vse Slovenije. Tako sta bila izdelana dva preliminarne lokalna modela magnetne deklinacije za Slovenijo - preliminarne zato, ker za redukcijo merilnih vrednosti, ki so podlaga za izračun koeficientov modela, potrebujemo podatke Sloveniji najbližjih geomagnetnih observatorijev, ki pa med izvajanjem projekta še niso bili na voljo. Prvi model je bil izračunan z nepopolno mrežo ponavljalnih točk in definitivnimi podatki tistih geomagnetnih observatorijev, ki so bili na voljo za čas meritev na upoštevanih ponavljalnih točkah; v drugem modelu so bile upoštewane vse ponavljalne točke, manjkajoče vrednosti geomagnetnih observatorijev pa so bile nadomeščene z vrednostmi svetovnega magnetnega modela WMM.

V tem članku je predstavljen dokončni model geomagnetnega polja - kolikor nam je znano, prvi v samostojni Sloveniji. Projekt je izvedel Geodetski inštitut Slovenije za podjetje Kontrola zračnega prometa Slovenije, d. o. o. (Žagar in sod., 2010). Model imenujemo »dokončni«, ker smo za redukcijo merilnih rezultatov uporabili definitivne (končne) podatke merilnih observatorijev, ki med izvajanjem meritev in izdelavo preliminarne modela (Fefer in sod., 2010) še niso bili na voljo.

4 VHODNI PODATKI ZA MODELIRANJE MAGNETNE DEKLINACIJE

Podlaga za izračun koeficientov modela so vrednosti magnetne deklinacije na 11 točkah znotraj območja Slovenije, ki so bile izmerjene v okviru projekta »Določitev magnetne deklinacije za območje Slovenije in primerjava z globalnimi modeli zemeljskega magnetnega polja« (Fefer in sod., 2010) med septembrom 2008 in septembrom 2009. Za boljšo aproksimacijo po celotnem ozemlju Slovenije je bilo tem točkam dodano še osem točk Sloveniji najbližjih geomagnetnih observatorijev.

Vrednosti deklinacije na točkah geomagnetnih observatorijev (preglednica 1) so bile reducirane na 1. januar 2009, 00:00 UT (epoha 2009,0). Za redukcijo je bilo uporabljeno povprečje minutnih vrednosti magnetne deklinacije od 1. Julija 2008, 00:00 UT do 30. junija 2009, 23:59 UT. Dokončni podatki geomagnetnih observatorijev so bili pridobljeni s spletne strani Intermagneta (www.intermagnet.org).

Magnetni observatorij	Oznaka	D (°)	φ (°)	λ (°)
Grocka	GCK	3,6208	44,630	20,770
Furstenfeldbruck	FUR	1,8682	48,165	11,277
Nagyecenk	NCK	3,1704	47,630	16,720
Tihany	THY	3,3440	46,900	17,893
L'Aquila	AQU	2,3192	42,383	13,317
Budkov	BDV	2,5684	49,080	14,015
Black Forest	BFO	1,0059	48,331	8,325
Hurbanovo	HRB	3,4541	47,875	18,190

Preglednica 1: Magnetna deklinacija (D) točk observatorijev, uporabljenih v izračunu modela (vrednosti za epoho 2009,0).

5 IZRAČUN POLINOMSKEGA MODELA

Izračun koeficientov polinomskega modela temelji na metodi najmanjših kvadratov (Brkić in Šugar, 2008); koeficiente v enačbi (1) je treba določiti tako, da je vrednost izraza (2) najmanjša.

$$E = a_0 + a_1(\varphi - \varphi_0) + a_2(\lambda - \lambda_0) + a_3(\varphi - \varphi_0)^2 + a_4(\varphi - \varphi_0)(\lambda - \lambda_0) + a_5(\lambda - \lambda_0)^2 \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^N [E_i(\varphi_i, \lambda_i) - E(\varphi_i, \lambda_i, a)]^2 = \min. \quad (2)$$

λ_0 in φ_0 so koordinate poljubne središčne točke, koeficienti $a = [a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5]$ so neznanke, ki jih izračunamo z minimizacijo izraza (2), v katerega vstavimo N reduciranih meritev deklinacije (D).

Za izračun polinomskega modela magnetne deklinacije Slovenije je bilo na voljo 19 točk. Izmerjene točke so bile reducirane na epoho 2009,0 s podatki treh referenčnih observatorijev – THY, BDV in HRB (preglednica 1). Končna reducirana vrednost (preglednica 2) je povprečje na posamezen observatorij reduciranih vrednosti. Zadnje tri meritve (označene z * v preglednici 2) so bile izmerjene z DI - Flux magnetometrom - Lemi 204 (merilna točnost $\pm 0,3\%$), vse druge meritve pa z busolnim teodolitom WILD T0 (merilna točnost $\pm 3''$, Fefer in sod., 2010). Redukcija

temelji na predpostavki, da so prehodne (vključno z dnevnimi) variacije geomagnetnega polja identične tako na sekularni točki kot v izbranem referenčnem observatoriju. Priporočljivo jo je izvajati na sredino obdobja, za katerega računamo povprečje, in pa čim bližje času, ko so bile meritve izvajane. Za redukcijo podatkov je smiselno izbrati observatorije čim bližje ponavljalnim postajam, pri čemer sprejemljive oddaljenosti segajo do nekaj 100 km (Newitt, Barton in Bitterly, 1996; Brkić in Šugar, 2008).

Ponavljalna točka	Oznaka	D (°)	φ (°)	λ (°)
Praprotna polica	PRAP	2,6886	46,2504	14,4537
Malence	MALN	2,6639	45,8909	15,5764
Koprivnik	KOPR	2,4334	45,5998	15,0238
Draga	DRAG	2,4035	45,6615	14,6428
Klingar	KLIN	2,7000	45,7908	14,8518
Ribniški vrh na Pohorju	RIBP	2,4305	46,4953	15,2583
Kranjska gora (Vršič)	VRSC	1,9907	46,4343	13,7471
Beltinci	BELT	2,9051	46,6139	16,2497
Predmeja	*T600	2,4269	45,9423	13,8803
Kazlje	*T601	2,4199	45,7545	13,9035
Polje	*T602	2,4011	46,1123	13,8591

Preglednica 2: Magnetna deklinacija (D) na območju Slovenije, reducirana na epoho 2009,0.

Merilne vrednosti navadno reduciramo na letno povprečno vrednost, to pa lahko primerjamo z rezultati, ki jih objavijo magnetni observatoriji. Nereducirani rezultati meritev geomagnetnega polja so namreč zajeti na različnih krajih ob različnih časih v obdobju več dni ali tudi več let. Brez redukcije takšne vrednosti niso neposredno primerljive in jih ne moremo uporabiti za izdelavo karte izogon magnetne deklinacije, ker se geomagnetno polje časovno spreminja (Newitt, Barton in Bitterly, 1996).

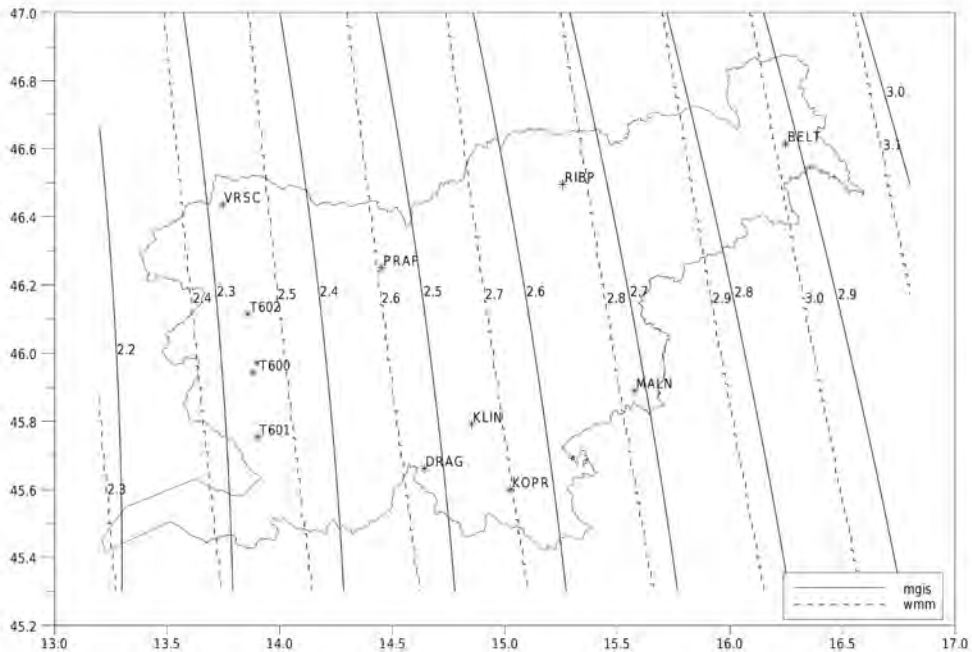
Če v enačbi 7.1 upoštevamo $\varphi_0 = 46,2504^\circ$ in $\lambda_0 = 14,4537^\circ$, dobimo dokončni model magnetne deklinacije za epoho 2009,0 (preglednica 3).

a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
2,464278	0,044677	0,219594	0,013770	0,017910	-0,000297

Preglednica 3: Koefficienti dokončnega polinomskega modela magnetne deklinacije (epoha 2009,0) za območje Slovenije.

6 PRIMERJAVA REZULTATOV SVETOVNEGA MAGNETNEGA MODELA WMM IN NOVEGA POLINOMSKEGA MODELA

Izračunani polinomske model smo primerjali z modelom WMM (slika 1) na mreži točk z ločljivostjo $0,01^\circ$ in razliko med obema modeloma ovrednotili s povprečno vrednostjo absolutne napake, tj. absolutne vrednosti razlike med deklinacijama posameznega modela v točkah mreže. Primerjava polinomskega modela z modelom WMM kaže, da se deklinacija med obema modeloma razlikuje v povprečju za $7,6'$, maksimalna vrednost absolutne napake pa je $8,5'$. Razlika ni zanemarljiva, kar pomeni, da so nacionalne geomagnetne meritve na terenu potrebne in da jih moramo redno ponavljati, saj se magnetno polje nelinearno spreminja s časom.



Graf 1: Primerjava med novim polinomskim modelom (mgjs) in Svetovnim magnetnim modelom (wmm).

7 SKLEP

Razlike med rezultati Svetovnega magnetnega modela WMM in lokalnega polinomskega modela so precejšnje, povprečna vrednost absolutne napake znaša 7,6', kar je več od priporočene natančnosti merjenja deklinacije, ki znaša 1' (Newitt, Barton in Bitterly, 1996). Razlike so pričakovane, saj so svetovni geomagnetni modeli izdelani na podlagi podatkov satelitov, ki imajo zaradi višine leta omejeno resolucijo merjenja na zemeljski površini, in geomagnetnih observatorijev, katerih mreža je relativno nehomogena.

Zapis modela v obliki polinoma omogoča hitro in zanesljivo računanje deklinacije glede na podane geografske koordinate ter tudi enostaven izris karte deklinacijskih izogon. Izdelani lokalni polinomski model deklinacije za Slovenijo je uporaben za navigacijske in logistične aplikacije, pri katerih je natančnost deklinacije ključnega pomena – tako v vojaškem kot civilnem letalstvu, pomorstvu, prometu in orientaciji na prostem. V skladu z mednarodnimi dogovori in standardi je na vsaki topografski, letalski in pomorski karti navajanje magnetne deklinacije in njene letne spremembe obvezno.

Prednost lokalnega polinomskega modela je predvsem večja natančnost določitve magnetne deklinacije, saj se na primer za natančnost deklinacije modela WMM zahteva, da je koren srednje kvadratne vrednosti (rms) razlike med opazovanimi (izmerjenimi) vrednostmi deklinacije in WMM manj kot 1° (Maus in sod., 2010), kar pomeni, da bo absolutna napaka pri določitvi deklinacije z WMM v povprečju manj kot 1°.

Model je izračunan z redukcijo podatkov na epoho 2009,0 ob predpostavki linearne sekularne variacije, za katero predpostavljamo, da je enaka na merilnih točkah in magnetnih observatorijih, uporabljenih za redukcijo merilnih vrednosti. Če bi z modelom želeli določiti vrednosti zunaj epohe 2009,0, bi morali modelirati tudi sekularno variacijo (tj. časovne spremembe magnetne deklinacije) – za to pa bi bilo treba ponoviti meritve na istih merilnih točkah, izračunati model za novo epoho in glede na razliko izračunanih magnetnih deklinacij določiti časovno spremembo (običajno letno), ki ji v geodeziji pravimo variacija magnetne deklinacije. Večina razvitih držav ima zato razvito geomagnetno službo in postavljen observatorij z mrežo geomagnetnih točk, na katerih se meritve redno ponavljajo.

ZAHVALA

Podatki za izdelavo modela so bili pridobljeni v okviru projekta »Določitev magnetne deklinacije za območje Slovenije in primerjava z globalnimi modeli zemeljskega magnetnega polja« (ARRS - CRP-MIR-2007, številka M4-0225, financerja Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS in Ministrstvo za obrambo RS), vrednosti za dokončni model pa izračunane za projekt »Izračun dokončnega modela geomagnetne deklinacije za Slovenijo« (financer Kontrola zračnega prometa Slovenije, d. o. o.).

Za redukcijo merilnih vrednosti in izračun koeficientov modela smo uporabljali podatke geomagnetnih observatorijev, prosto dostopnih na spletnih straneh Intermagneta (www.intermagnet.org).

Literatura in viri:

- Brkić, M., Šugar, D. (2008). *Hrvatsko geomagnetsko normalno referentno polje 2004,5*. *Geodetski list*, 62(1), 1–8.
- Caruso, M. J. (2000). *Applications of magnetic sensors for low cost compass systems*. *Position Location and Navigation Symposium, IEEE 2000*, 177–184.
- Cramer, M., Herndon, A., Miller, S. (2011). *Use of magnetic variation and station declination for heading (VX) and course (CX) leg types*. *Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS)*, P4-1–P4-8.
- Čop, R., Bilc, A., Beguš, S., Fefer, D., Radovan, D. (2008). *Magnetne nevihte in njihov vpliv na navigacijo*. *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2007: zbornik predavanj*. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 71–80.
- De Santis, A., Torta, J. M. (1997). *Spherical cap harmonic analysis: a comment on its proper use for local gravity field representation*. *Journal of Geodesy*, 71(9), 526–532.
- Fefer, D., Beguš, S., Čop, R., Radovan, D., Štern, A., Bilc, A. (2010). *Določitev magnetne deklinacije za območje Slovenije in primerjava z globalnimi modeli zemeljskega magnetnega polja, končno poročilo (projekt ARRS CRP MIR - M4-0225)*.
- Geese, A., Hayn, M., Manda, M., Lesur, V. (2009). *Regional Modelling of the Southern African Geomagnetic Field using Harmonic Splines*. *Geophys. J. Int.*, 200, 1–16.
- Goldenberg, F. (2006). *Geomagnetic Navigation beyond the Magnetic Compass*. *Position, Location, And Navigation Symposium, IEEE/ION*, 684–694.
- Gu, Z., Zhan, Z., Gao, J., Han, W., An, Z., Yao, T., Chen, B. (2006). *Geomagnetic survey and geomagnetic model research in China*. *Earth Planets Space*, 58, 741–750.
- IAGA, Working Group V-MOD (2010). *International Geomagnetic Reference Field: the eleventh generation*. *Geophys. J. Int.*, 183, 1216–1230.
- ICAO (2009). *Aeronautical Charts, International Standards and Recommended Practices. Annex 4 to the Convention*

on International Civil Aviation. Canada: ICAO.

Jankowski, J., Sucksdorff, C. (1996). *Guide for Magnetic Measurements and Observatory Practice*, Warsaw: IAGA.

Kovács, P., Körmendi, A. (1999). *Geomagnetic Repeat Station Survey in Hungary during 1994–1995 and the Secular Variation of the Field between 1950 and 1995*, *Geophysical Transactions*, 42(3–4), 107–132.

Maus, S., Macmillan, S., McLean, S., Hamilton, B., Thomson, A., Nair, M., Rollins, C. (2010). *The US/UK World Magnetic Model for 2010–2015*, NOAA Technical Report NESDIS/NGDC.

Maus, S., Manoj, C., Rauberg, J., Michaelis, I., Lühr, H. (2010). *NOAA/NGDC candidate models for the 11th generation International Geomagnetic Reference Field and the concurrent release of the 6th generation Pomme magnetic model*. *Earth Planets Space*, 62, 729–735.

Newitt, L. R., Barton, C. E., Bitterly, J. (1996). *Guide for magnetic repeat station surveys*, IAGA Working Group V-8. USA: IAGA.

Paliska, D., Čop, R., Fabjan, D., Drobne, S. (2010). *Izbira lokacije za postavitev geomagnetnega observatorija v Sloveniji*. *Geodetski vestnik*, 54(3), 469–480.

Qamili, E., De Santis, A., Cianchini, G., Duka, B., Gaya-Piqué, L. R., Dominici, G., Hyka, N. (2010). *Two geomagnetic regional models for Albania and south-east Italy from 1990 to 2010 with prediction to 2012 and comparison with IGRF-11*. *Earth Planets Space*, 62, 1–9.

Solarić, M., Solarić, N. (2009). *Povijesni pregled uporabe magnetskoga kompasa, osnovni princip rada elektroničkoga kompasa i autonavigacije*, *Geodetski list*, 63(2), 89–116.

Vujić, E., Verbanac, G., Francisković-Bilinski, S., Vujnović, V., Marki, A. (2011). *Estimation of the normal geomagnetic field and geological interpretation of the normal field anomalies over middle-northern Croatia*, *Studia Geophysica et Geodaetica*, 55(1), 175–190.

Žagar, T., Radovan, D., Kete, P. (2010). *Izračun dokončnega modela geomagnetne deklinacije za Slovenijo*. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije.

Prispelo v objavo: 4. januar 2012

Sprejeto: 26. april 2012

dr. Tomaž Žagar

Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana
e-pošta: tomaz.zagar@gis.si

dr. Dalibor Radovan

Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana
e-pošta: dalibor.radovan@gis.si