

Analiza globalnih geopotencijalnih modela reda i stupnja do 360 na području Republike Hrvatske

Marko Pavasović*

SAŽETAK. U radu su prikazani rezultati ispitivanja globalnih geopotencijalnih modela na području Republike Hrvatske. U prvoj fazi ispitivanja koristili su se modeli u rasteru $15' \times 15'$, u kojem se EGM96 uzeo kao referentni model. Izračunale su se razlike geoidnih undulacija između EGM96 modela i ostalih modela. Pokazalo se da Eigen-cg01c model najmanje odstupa od EGM96 modela koji je ujedno i najuglačaniji. U drugoj se fazi upotrijebilo 138 GPS-nivelmanskih točaka s poznatim undulacijama i ispitalo se koji od modela u egzaktnim točkama najbolje odgovara vrijednostima GPS-nivelmanskih undulacija. Ispostavilo se da je minimalna standardna devijacija odstupanja najmanja kod Eigen-gl04c modela ($\sigma = \pm 0.316$ m)

KLJUČNE RIJEČI: globalni geopotencijalni modeli, GPS-nivelmanske undulacije, anomalije visina, teluroid, kvazigeoid.

KLASIFIKACIJA prema COBISS-u: **1.01**

UDK: UDK 523.31-336:528.37:528.242(497.5)

1. Uvod

Globalni geopotencijalni modeli predstavljaju model kuglinih funkcija, tj. kuglinih harmonika. Upotrebljavaju se za definiranje matematičkog modela razvoja potencijala Zemljinog polja ubrzanja sile teže u red po sfernim funkcijama. Razvoj u red po sfernim funkcijama dobije se rješavanjem problema granične vrijednosti (engl. *Boundary value problem*, BVP) na uglačanoj sferi. Modeli služe za računanje fizikalnih parametara (anomalija ubr-

zanja sile teže, poremećaja ubrzanja sile teže, anomalija visina, komponenti otklona vertikalne, itd.), tj. geoida za bilo koju točku na fizičkoj površini Zemlje (Hećimović, Bašić, 2002). Točnost modela trebala bi rasti porastom reda i stupnja razvoja u red po sfernim funkcijama. Danas se kombinacijom satelitskih misija i terestričkih podataka dobivaju modeli reda i stupnja do 360.

Modeli se zadaju s l (n), m (redom i stupnjem), koeficijentima $C_{n,m}$ i $S_{n,m}$ i njihovim pripadajućim standardnim devija-

cijama $\sigma C_{n,m}$ $\sigma S_{n,m}$ (noviji modeli), kao što je prikazano u tablici 1-1.

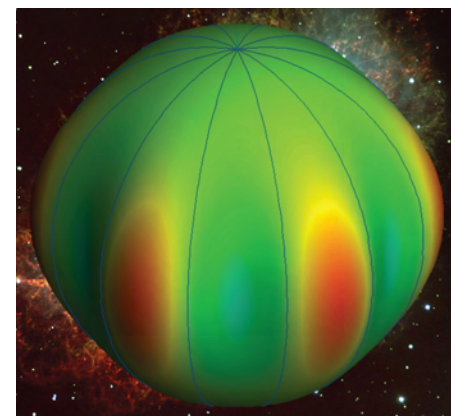
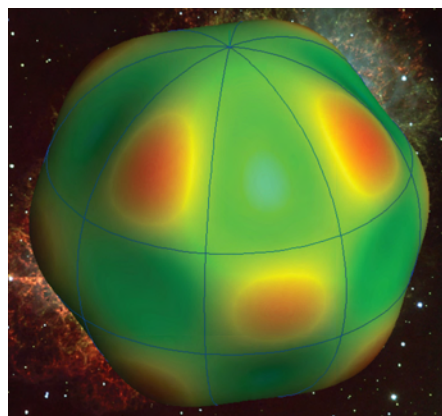
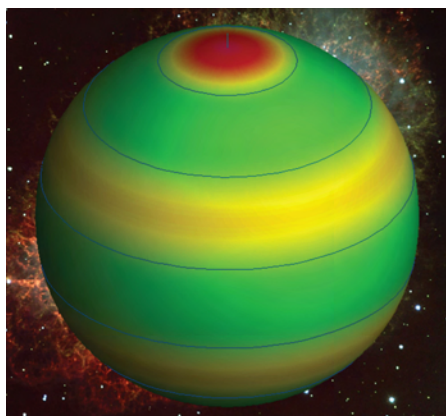
Geometrijskom interpretacijom razvoja u red po sfernim funkcijama dobiju se zonalni ($m = 0$), teseralni ($n \neq m$) i sektorski sferni harmonici ($n = m$) prikazani na slici 1-1.

Pouzdanost nekog globalnog geopotencijalnog modela nije homogena na cijelom području Zemlje. Ona ovisi o gustoći i kvaliteti korištenih podataka za područje koje nas zanima. Stoga će u nastavku ovog rada biti vrlo zanimljivo ispitati upotrebljivost raspoloživih modela

[*] Marko Pavasović, Usmjerenje: Satelitska i fizikalna geodezija, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, e-mail: mpavasovic@geof.hr

Tablica 1-1. Primjer zadavanja globalnog geopotencijalnog modela (Eigen-cg03c)

key	n	m	C _{n,m}	S _{n,m}	σC _{n,m}	σS _{n,m}
end_of_head						
gfc	0	0	0.100000000000D+01	0.000000000000D+00	0.0000D+00	0.0000D+00
gfc	1	0	-.137922432644D-08	0.000000000000D+00	0.3949D-09	0.0000D+00
gfct	2	0	-.484165149773D-03	0.000000000000D+00	0.2341D-10	0.0000D+00
dot	2	0	0.116280000000D-10	0.000000000000D+00	0.0000D+00	0.0000D+00
gfct	3	0	0.957201462136D-06	0.000000000000D+00	0.5896D-11	0.0000D+00
dot	3	0	0.490000000000D-11	0.000000000000D+00	0.0000D+00	0.0000D+00
gfct	4	0	0.539973316067D-06	0.000000000000D+00	0.3778D-11	0.0000D+00
dot	4	0	0.470000000000D-11	0.000000000000D+00	0.0000D+00	0.0000D+00
gfc	5	0	0.686708927464D-07	0.000000000000D+00	0.2438D-11	0.0000D+00
gfc	6	0	-.149955438269D-06	0.000000000000D+00	0.1840D-11	0.0000D+00
gfc	7	0	0.905224145057D-07	0.000000000000D+00	0.1421D-11	0.0000D+00
gfc	8	0	0.494828916793D-07	0.000000000000D+00	0.1170D-11	0.0000D+00
gfc	9	0	0.280137784347D-07	0.000000000000D+00	0.9840D-12	0.0000D+00
...
...



Slika 1-1. Zonalni (n = 6, m = 0), teseralni (n = 6, m = 4) i sektorski (n = m = 6) sferni harmonici (URL-1)

reda i stupnja do 360 na području Republike Hrvatske analiziranjem globalnih geopotencijalnih modela u rasteru 15' x 15' i u 138 GPS-nivelmanske točke, i to njihovih anomalija visina (geoidnih undulacija).

2. Teorijska osnova

Poznato je da se iz globalnog geopotencijalnog modela preko razvoja u red po sfernim funkcijama dolazi do izraza za poremećajni potencijal ubrzanja sile teže (T):

$$(1) T = \frac{GM}{r} \sum_{l=2}^{l_{max}} \left(\frac{a}{r}\right)^l \sum_{m=0}^l (\Delta\bar{C}_{lm} \cos m\lambda + \Delta\bar{S}_{lm} \sin m\lambda) \bar{P}_{lm}(\cos \theta)$$

gdje je GM - geocentrična gravitacijska konstanta, (r, λ, θ) - kugline koordinate, l (n), m stupanj i red razvoja globalnog geopotencijalnog modela, a - velika poluos elipsoida, ΔC_{lm}, ΔS_{lm} - razlike između potpuno normaliziranih koeficijenta sfernih harmonika realnog i normalnog polja ubrzanja sile teže, P_{lm}(cos θ) - normalizirani Legenderevi polinomi,

l_{max} - maksimalni razvoj globalnog geopotencijalnog modela (Hećimović, Bašić, 2002).

Kao funkcionalne poremećajnog potencijala je moguće također razvojem u red izračunati: anomalije visina, poremećaj ubrzanja, anomalije ubrzanja sile teže, komponente odklona vertikalne.

U ovom slučaju ograničimo se na pojam »anomalija visine« i pokušajmo dati distinkciju od pojma »geoidna undulacija«. Znamo da je geoidna undulacija (N) razlika između elipsoidne visine (h) i pripadajuće joj ortometrijske visine (H). Preko razvoja u red po sfernim funkcijama dana je jednom od fundamentalnih izraza fizikalne geodezije, kao funkcional poremećajnog potencijala T, Brunsovom formulom (2), uz uvjet da su normalni potencijal na nivo-elipsoidu (U₀) i onaj na geoidu (W₀) jednaki:

$$(2) N = \frac{T}{\gamma}$$

Uvrštavanjem prethodnog izraza (1) u izraz (2) dobivamo konačni izraz za geoidnu undulaciju u sfernoj aproksimaciji (Hećimović, Bašić, 2002):

$$(3) N = \frac{GM}{r\gamma} \sum_{l=2}^{l_{max}} \left(\frac{a}{r}\right)^l \sum_{m=0}^l$$

$$(\Delta\bar{C}_{lm} \cos m\lambda + \Delta\bar{S}_{lm} \sin m\lambda) \bar{P}_{lm}(\cos \theta)$$

Anomalija visine (ζ), sukladno izrazu za geoidnu undulaciju, definirana je kao razlika elipsoidne i normalne ortometrijske visine (H*). Anomalija visine je udaljenost između točke P na fizičkoj površini Zemlje s potencijalom W_p i pripadajuće točke Q na tleoridu U_Q = W_p (Slika 2-1) te primjenom izraza (2) možemo pisati:

$$(4) \zeta = \frac{T}{\gamma}$$

Nanesemo li anomaliju visine od fizičke površine Zemlje prema dolje, dobi-

vamo plohu koju je R. A. Hirvonen nazvao *teluroid* (Slika 2-1).

Primjetimo da anomaliju visine možemo također nanijeti i od elipsoida prema gore. Na taj način dobivamo površinu identičnu geoidu iznad oceana, odnosno dolazi do velikog približenja tih dviju ploha pa se može pisati da je ζ ≈ N, što bi potvrdilo izraz (4). Takvu je plohu Molodensky nazvao *kvazigeoid* (Slika 2-1), koja, kao i teluroid, nije nivo-ploha (Hofmann-Wellenhof, Moritz, 2005).

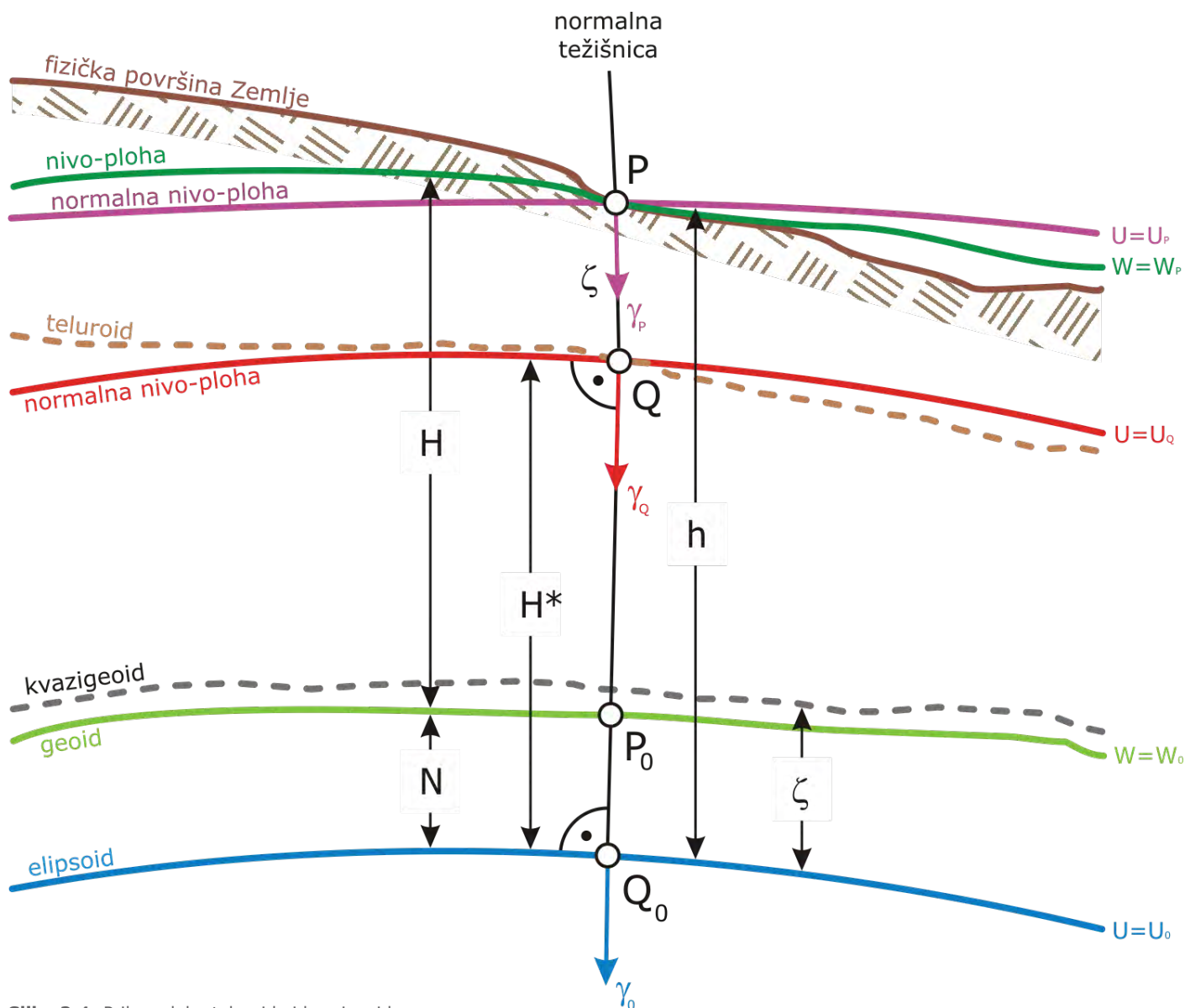
Međutim, činjenica da se plohe definirane s ζ i N iznad oceana skoro poklapaju, povlači i drugu činjenicu da te dvije plohe ipak nisu identične. Ranije smo rekli da vrijede sljedeće relacije:

$$(5) h = H + N$$

$$(6) h = H^* + \zeta$$

te je poznato da su ortometrijske (Helmertove) visine (H) i normalne ortometrijske visine (H*) definirane izrazima (Hofmann-Wellenhof, Moritz, 2005):

$$(7) H = \frac{C}{g} \approx \frac{C}{g_P + 0.0424 \times H}$$



Slika 2-1. Prikaz ploha teluroida i kvazigeoida

$$(8) H^* = \frac{C}{\bar{\gamma}} \approx \frac{C}{\gamma_0 - 0.1543 \times H^*}$$

gdje je C - potencijal, \bar{g} - integralna srednja vrijednost ubrzanja sile teže duž zakrivljene težišnice ($\bar{g} = g_p + 0.0424 \times H$), g_p - mjereno ubrzanje sile teže u točki P, $\bar{\gamma}$ - srednje normalno ubrzanje sile teže duž normalne težišnice, a γ_0 - normalno ubrzanje sile teže.

Napravimo li razliku izraza (5) i (6) te uvrstimo odgovarajuće izraze iz (7) i (8), dobivamo sljedeći izraz za razliku između anomalije visine i geoidne undulacije (Forsberg, 2005):

$$(9) \zeta - N = H - H^* \approx$$

$$\frac{g_p - \gamma_0 + 0.1967 \times H}{\gamma_0} H = -\frac{\Delta g_B}{\gamma_0} H$$

Konačno možemo pisati:

$$(10) \zeta = N + \frac{\Delta g_B}{\gamma_0} H$$

gdje je Δg_B - Bouguerova anomalija. Ko-

rekcioni član $\frac{\Delta g_B}{\gamma_0} H$ predstavlja utjecaj topografskih masa.

Detaljnija analiza razlika anomalija visina i geoidnih undulacija opisana je u Rapp, 1997.

S obzirom da je visinski sustav Republike Hrvatske definiran normalnim (kvazi) ortometrijskim visinama, anomalije visina, dobivene iz forttranskih programa (vidi u nastavku) na temelju koeficijenata razvoja u red globalnih geopotencijalnih modela, mogu se uzeti kao referente za usporedbu s GPS-nivelmanskim undulacijama.

3. O korištenim modelima

Eigen-gl04c model nastao je kombinacijom LAGEOS i GRACE satelitske misije s $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ altimetrijskim i terestričkim podacima. Predstavlja svojevrsno poboljšanje Eigen-cg03c modela. Koristi gotovo iste terestričke podatke kao i Eigen-cg03c model, osim geoidnih undulacija iznad mora koje su izvedene

iz novog modela morske površine GFZ-Postdama (MSSH) (URL-3, URL-4).

Eigen-cg03c model definiran je na temelju CHAMP i GRACE satelitskih misija. Dostupan je od 12. svibnja 2005. godine. Korišteni podaci za njegovo dobivanje su 860 dana (10. 2000. - 06. 2003.) CHAMP i 376 dana (02.-05./06. 2003.) GRACE misije, uključujući i altimetrijske podatke. Predstavlja poboljšani prethodni Eigen-cg01c model unaprijeđen za gravitacijske anomalije i geoidne undulacije od 100 km valne duljine (URL-3, URL-4).

Eigen-cg01c model definiran je CHAMP i GRACE satelitskih misija. Objavljen je 29. listopada 2004. godine. Svrha ovog modela jest precizno povezivanje različitih visinskih datuma, određivanje orbita satelita blizu Zemlje i navigacija satelita s mnogo većom preciznošću, preciznije promatranje Zemljine interne strukture i na najfinijoj rezoluciji koja je bila moguća iz Svemira, proučavanje globalne cirkulacije oceana na fini-

joj skali (URL-3, URL-4).

EGM96 (Earth Gravitational Model 1996) nastao je suradnjem NASA Goddard Space Flight Center (GFSC), National Imagery Mapping Agency (NIMA) i The Ohio State University (OSU). Za njegovo određivanje korištene su terestričke površinske anomalije ubrzanja sile teže, altimetrijski dobivene anomalije ubrzanja sile teže iz ERS-1 i GEOSAT misija, podaci laserskih satelitskih mjerenja, GPS mjerenja, podaci NASA Tracking and Data Relay Satellite System (TDRSS), DORIS sustava te izravna mjerenja iz TOPEX/POSEIDON, ERS-1 i GEOSAT altimetrijskih misija. Najtočniji je geopotencijalni

model na globalnoj razini (URL-2).

Detaljnije o satelitskim misijama CHAMP i GRACE pročitajte u Hećimović, Bašić, 2005. i 2005a.

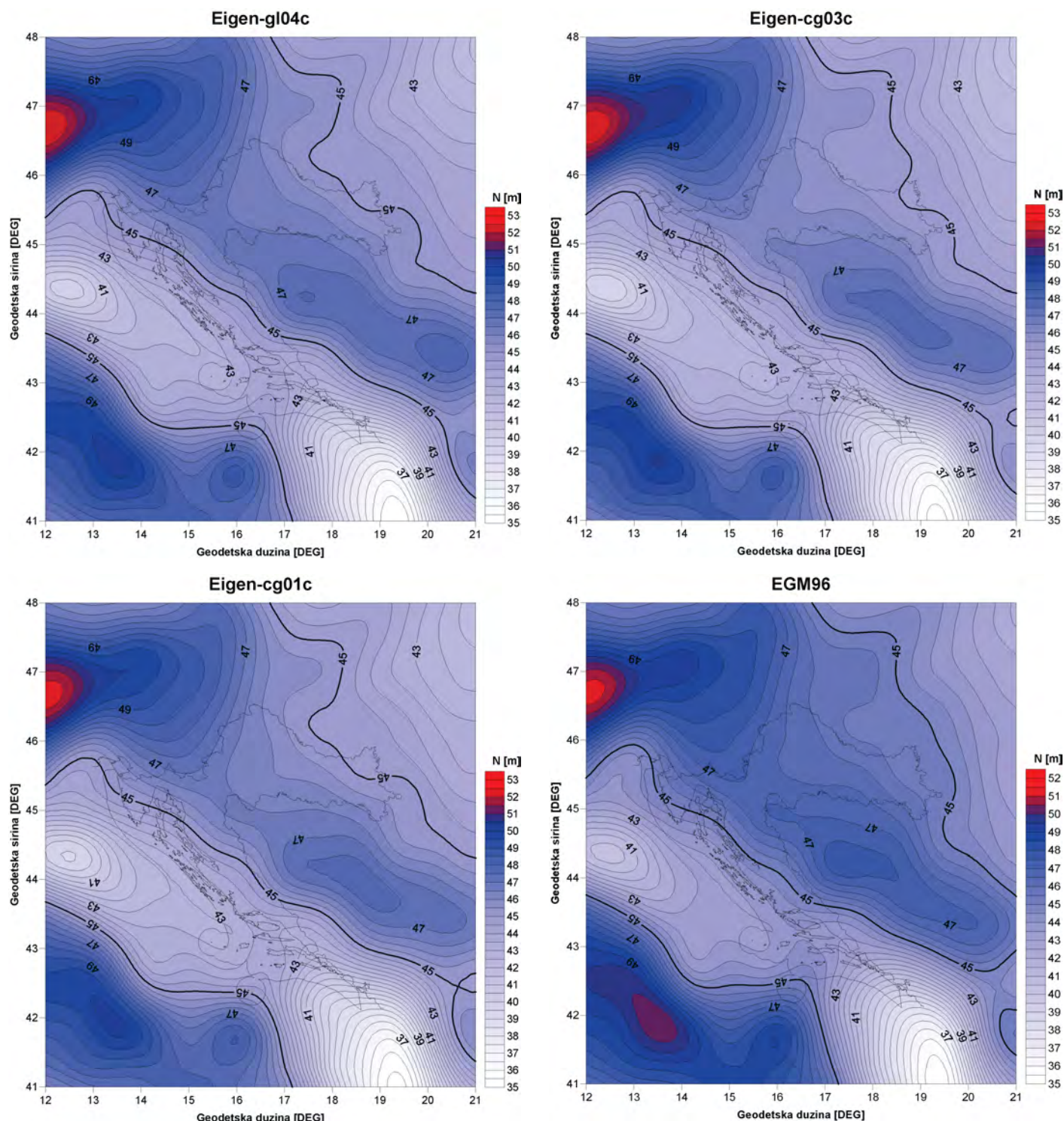
4. Ispitivanje i usporedba globalnih geopotencijalnih modela na području RH u rasteru 15'x15'

Upotrebom fortranškog softvera GEOGRI.FOR (Wenzel, G.) izračunate su anomalije visina u rasteru 15'x15' geodetske širine i dužine koji obuhvaća cijeli teritorij Republike Hrvatske - 12-21° E, 41-48° N. Korišteni modeli su »tide free« (srednji Ze-

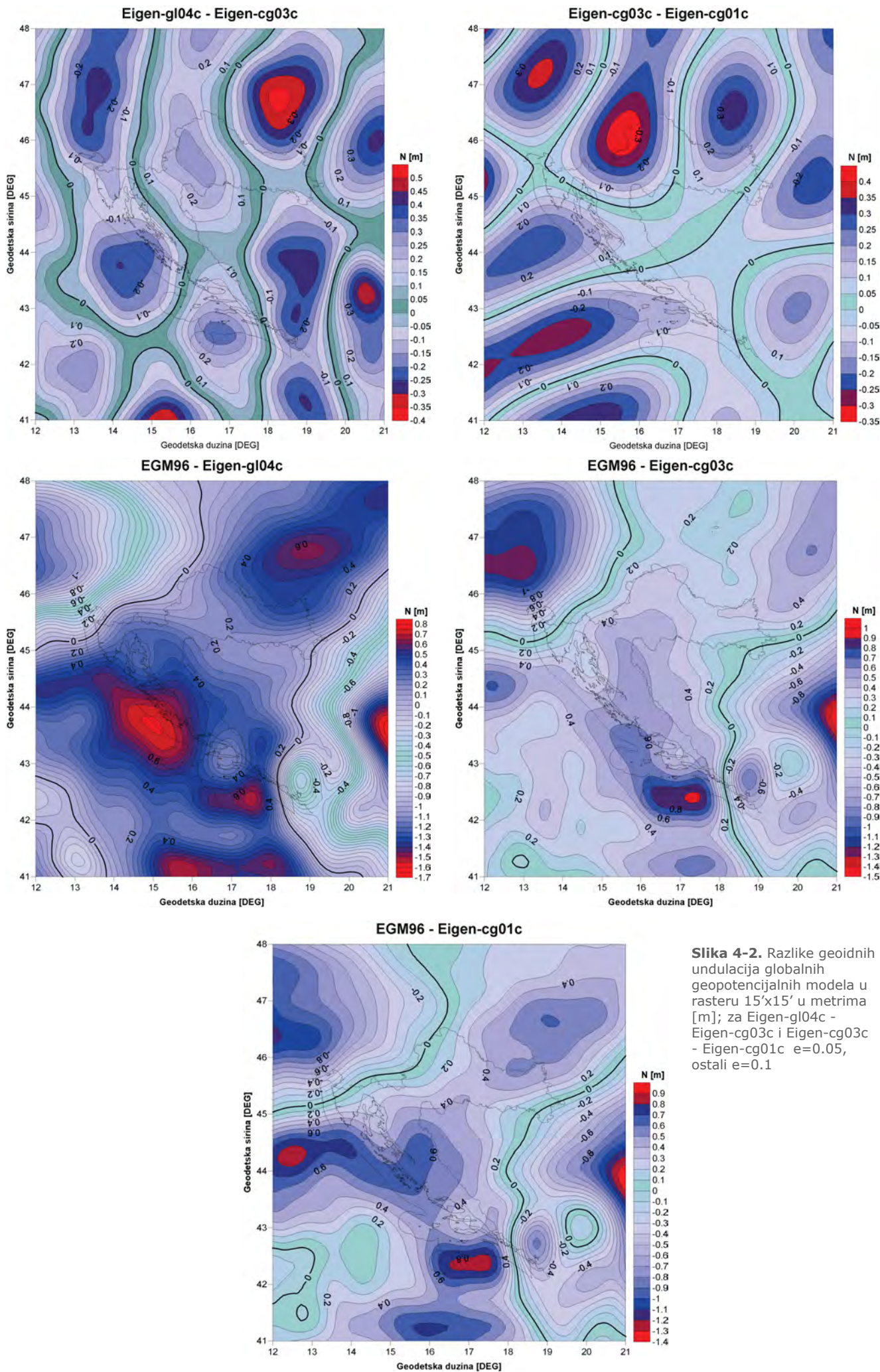
mljin gravitacijski potencijal bez trećih tijela; Schwintzer, 2005).

Na slici 4-1 su izolinjama prikazane anomalije visina pojedinih globalnih geopotencijalnih modela na području RH izračunatih GEOGRI.FOR fortranškim programom. U tablici 4-1 dana je statistika geoidnih undulacija pojedinih modela. Slika 4-2 prikazuje međusobne razlike globalnih geopotencijalnih modela, dok je u tablici 4-2 dana statistika tih razlika.

Uzmemo li EGM96 kao referentni, analizom tablice 4-2 vidi se da Eigen-cg01c model od njega najmanje odstupa. EGM96 model na području rastera ujedno je i najuglačaniji (Tablica 4-1).



Slika 4-1. Globalni geopotencijalni modeli na području RH u rasteru 15' x 15' u metrima [m]; e=0.5



Slika 4-2. Razlike geoidnih undulacija globalnih geopotencijalnih modela u rasteru 15'x15' u metrima [m]; za Eigen-gl04c - Eigen-cg03c i Eigen-cg03c - Eigen-cg01c $e=0.05$, ostali $e=0.1$

5. Ispitivanje i usporedba globalnih geopotencijalnih modela na području RH u 138 GPS-nivelmanskih točaka

Nadalje, analizirajmo »ponašanje«, tj. bolje rečeno kvalitetu globalnih geopotencijalnih modela reda i stupnja do 360 na području Republike Hrvatske.

Za istu se upotrijebilo 138 GPS-nivelmanskih točaka u kojima imamo elipsoidnu visinu dobivenu GPS mjerenjima i izniveliранu ortometrijsku visinu. Razlika elipsoidne i ortometrijske visine u egzaktnoj točki jest tzv. GPS-nivelmanska undulacija. Na slici 5-1 izolinijama su prikazane GPS-nivelmanske undulacije u 138 točaka od kojih se

većina nalazi na teritoriju RH te nekolicina točaka na teritoriju Bosne i Hercegovine te Slovenije. U tablici 5-1 dana je statistika GPS-nivelmanskih undulacija.

Primjenom globalnih geopotencijalnih modela reda i stupnja do 360 na područje RH fortranskim su programom GEOIRR.FOR (Wenzel, 2004) izračunate undulacije u 138 egzaktnih točaka kako bi se mogle izvršiti daljnje analize kvalitete primjene pojedinog modela na zadanom području (Slika 5-2). U tablici 5-2 također je dana statistika dobivenih undulacija u egzaktnim testnim točkama.

Izračunate su razlike GPS-nivelmanskih undulacija u 138 točaka i undulacija (anomalija visina) dobivenih na temelju

globalnih geopotencijalnih modela. Na slici 5-3 prikazane su gore navedene razlike. Statističkom analizom razlika prikazanom u tablici 5-3 vidljivo je da je standardna devijacija razlika GPS-nivelmanskih undulacija i undulacija dobivenih pomoću *Eigen-gl04c* modela po iznosu najmanja ($\sigma = \pm 0.316$ m).

Ako standardnu devijaciju uzmemo kao mjeru ocjene točnosti kvalitete primjene pojedinog globalnog geopotencijalnog modela na području RH, možemo reći da se model *Eigen-gl04c* u testnim točkama najbolje prilagodio području RH.

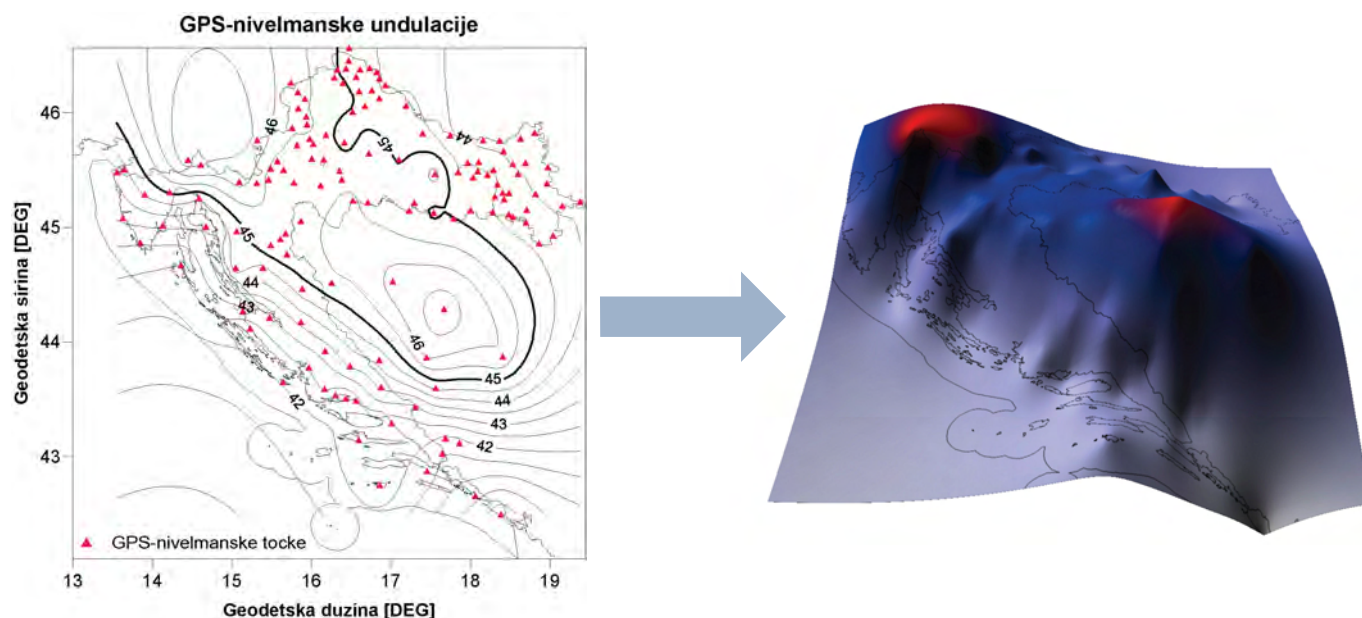
Da bi se potvrdila ova tvrdnja, napravila se statistika razlike ortometrijskih visina GPS-nivelmanskih točaka i ortometrijskih

Tablica 4-1. Statistika geoidnih undulacija globalnih geopotencijalnih modela u gridu 15'x15' u metrima [m]

STATISTIKA	Eigen-gl04c	Eigen-cg03c	Eigen-cg01c	EGM96
Max	52.399	52.396	52.217	51.216
Min	35.013	35.250	35.289	35.160
Sredina	45.257	45.240	45.229	45.302
St.dev.	±2.868	±2.852	±2.837	±2.716

Tablica 4-2. Statistika razlika geoidnih undulacija globalnih geopotencijalnih modela u gridu 15'x15' u metrima [m]

STATISTIKA	$N_{gl04c} - N_{cg03c}$	$N_{cg03c} - N_{cg01c}$	$N_{EGM96} - N_{gl04c}$	$N_{EGM96} - N_{cg03c}$	$N_{EGM96} - N_{cg01c}$
Max	0.489	0.367	0.760	0.906	0.864
Min	-0.369	-0.334	-1.625	-1.469	-1.373
Sredina	0.016	0.011	0,045	0.062	0.073
St.dev.	±0.171	±0.155	±0.477	±0.483	±0.467



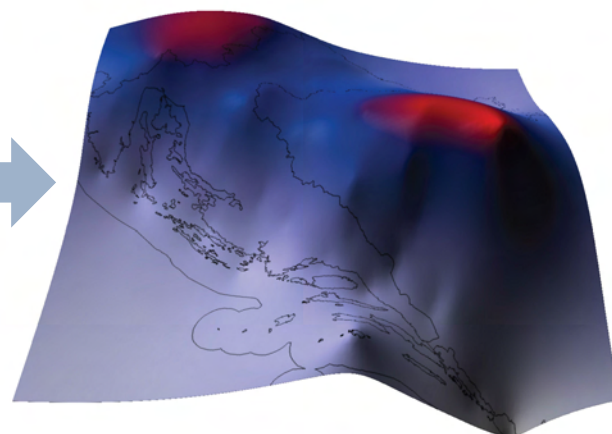
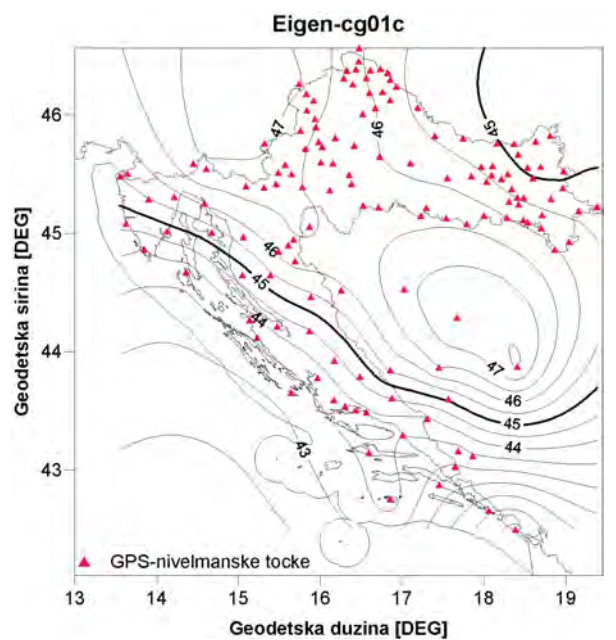
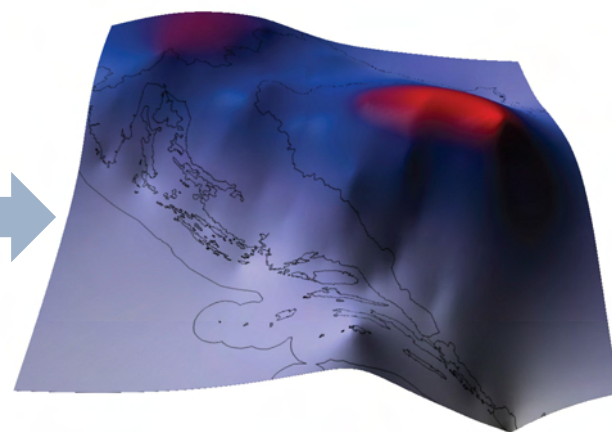
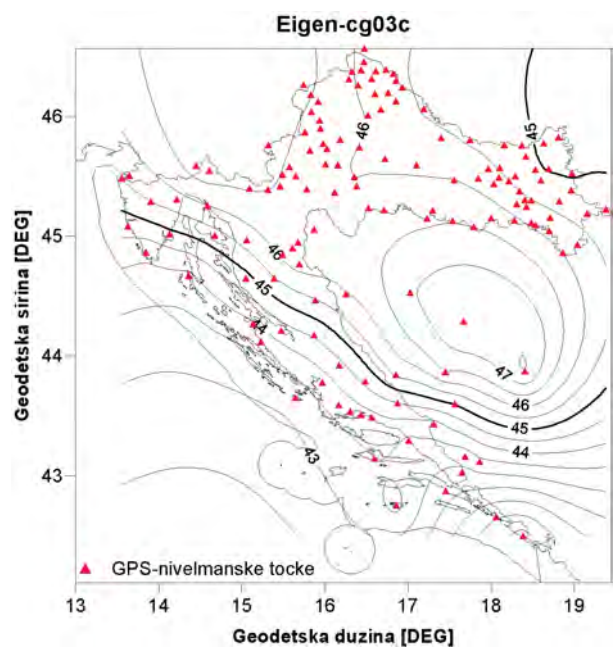
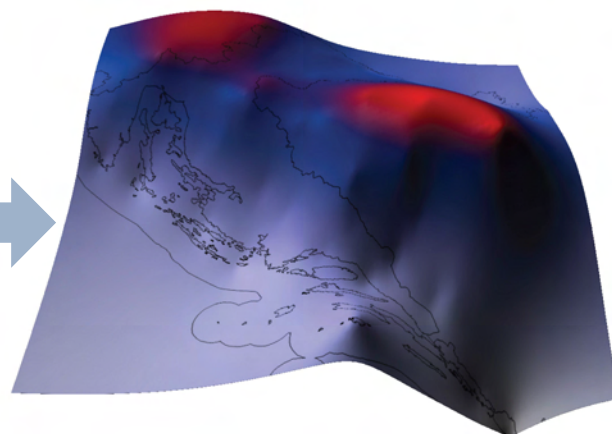
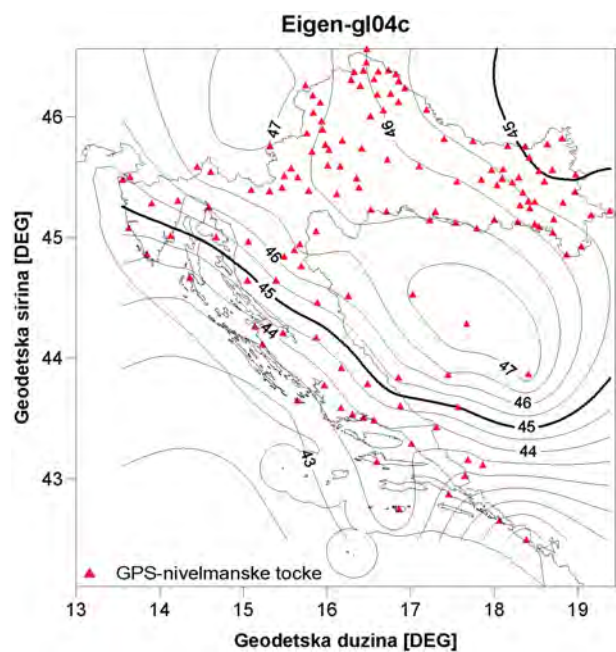
Slika 5-1. GPS-nivelmanske undulacije u metrima [m]

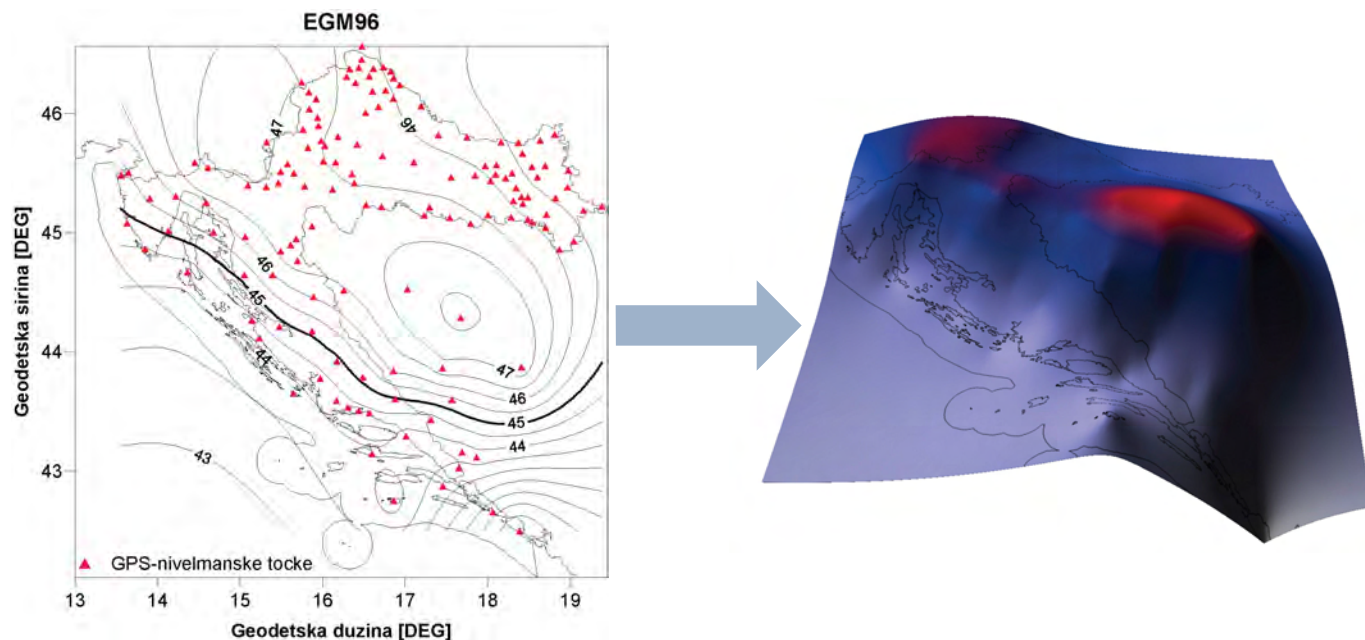
Tablica 5-1. Statistika GPS-nivelmanskih undulacija u metrima [m]

STATISTIKA	$N_{GPS-niv}$
Max	46.880
Min	39.650
Sredina	44.409
St.dev.	±1.224

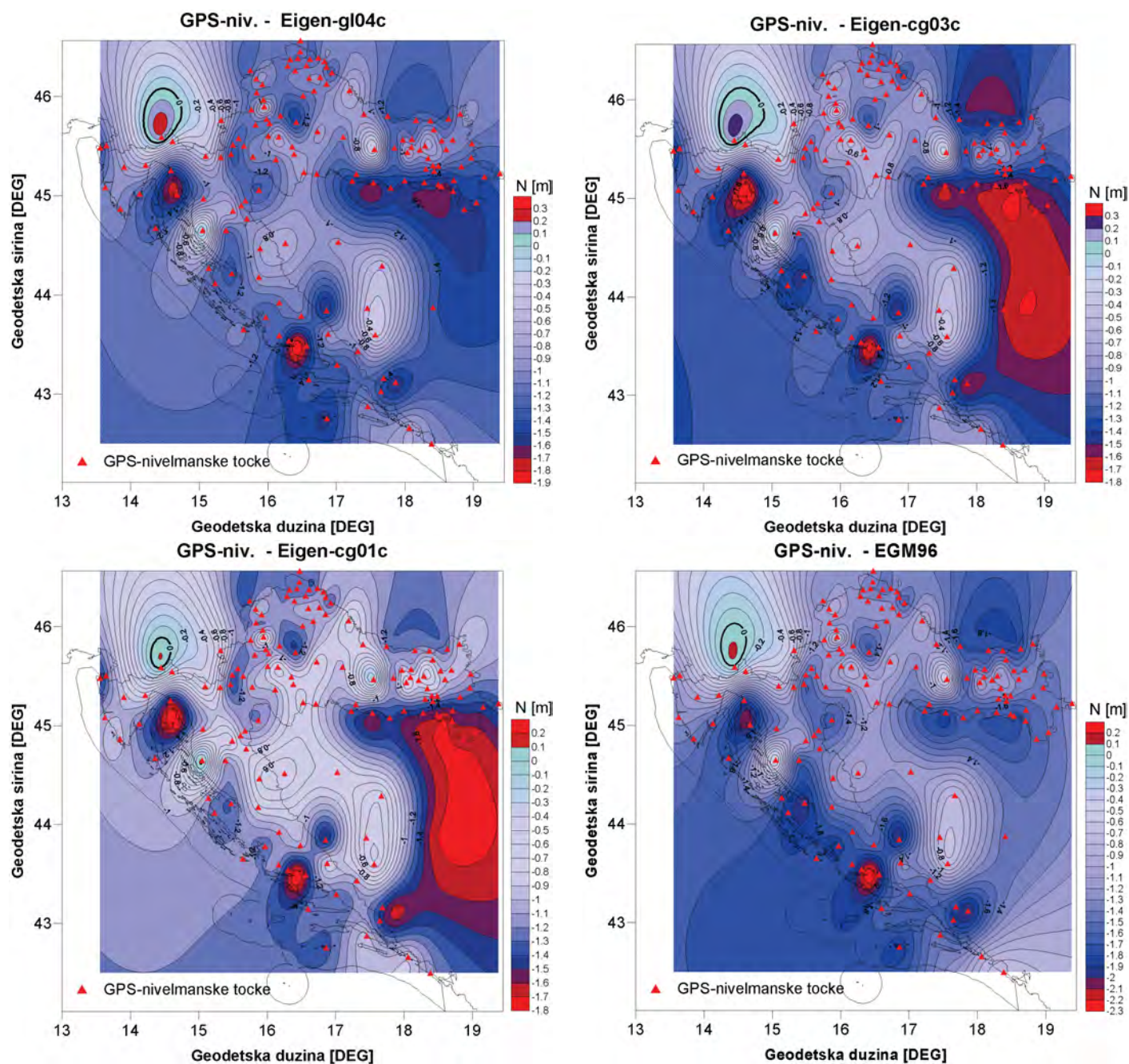
Tablica 5-2. Statistika undulacija modela u 138 GPS-nivelmanske točke u metrima [m]

STATISTIKA	Eigen-gl04c	Eigen-cg03c	Eigen-cg01c	EGM96
Max	47.378	47.566	47.592	47.634
Min	40.625	40.782	40.792	40.352
Sredina	45.522	45.461	45.499	45.782
St.dev.	±1.126	±1.080	±1.129	±1.074





Slika 5-2. Globalni geopotencijalni modeli na području RH u 138 GPS-nivelnanske točke u metrima [m]; $e=0.5$



Slika 5-3. Razlika GPS-nivelnanskih razlika i undulacija pojedinih globalnih geopotencijalnih modela u metrima [m]; $e=0.1$

Tablica 5-3. Statistika razlika GPS-nivelmanskih undulacija i undulacija pojedinih globalnih geopotencijalnih modela u metrima [m]

STATISTIKA	$N_{GPS-niv} - N_{gl04c}$	$N_{GPS-niv} - N_{cg03c}$	$N_{GPS-niv} - N_{cg01c}$	$N_{GPS-niv} - N_{EGM96}$
Max	0.153	0.136	0.014	-0.042
Min	-1.862	-1.724	-1.769	-2.273
Sredina	-1.113	-1.053	-1.090	-1.374
St.dev.	±0.316	±0.345	±0.325	±0.343

Tablica 5-4. Statistika razlike ortometrijskih visina GPS-nivelmanskih točaka i ortometrijskih visina dobivenih undulacijama modela u 138 točaka u metrima [m]

STATISTIKA	$H^{ort}-H^{ort}_{gl04c}$	$H^{ort}-H^{ort}_{cg03c}$	$H^{ort}-H^{ort}_{cg01c}$	$H^{ort}-H^{ort}_{EGM96}$
Max	1.702	1.724	1.715	2.028
Min	-1.862	-1.719	-1.769	-2.273
St.dev.	±0.664	±0.668	±0.659	±0.822

visina u istim točkama dobivenih razlikom elipsoidnih visina i undulacija izračunatih pomoću modela prikazanog u tablici 5-4. Standardna devijacija razlika ortometrijskih visina GPS-nivelmanskih točaka i ortometrijskih visina dobivenih pomoću undulacija modela je najmanja kod primjene *Eigen-gl04c* globalnog geopotencijalnog modela.

6. Zaključak

Upotrebom globalnih geopotencijalnih modela je moguće izračunati fizikalne parametre (anomalije ubrzanja sile teže, poremećaje ubrzanja sile teže, anomalije visina, komponente otklona vertikalne). Cilj je ovog malog istraživanja bio saznati kako je područje Hrvatske reprezentirano globalnim geopotencijalnim modelima reda i stupnja do 360 i kojom točnošću.

Da bismo odgovorili na to pitanje, obavile su se dvije analize.

U prvom su se slučaju izračunale vrijednosti geoidnih undulacija (anomalija visina) u rasteru 15' x 15' na području zahvata od 12° - 21° E, 41° - 48° N. Za analizu EGM96 model uzet je kao referentni te se pokazalo da *Eigen-cg01c* najmanje odstupa od EGM96 modela u zadanom rasteru.

U drugom se slučaju upotrijebilo 138

točaka s poznatim vrijednostima GPS-nivelmanskih undulacija. Računanjem i usporedbom vrijednosti modela (anomalija visina) u egzaktim točkama s poznatim vrijednostima GPS-nivelmanskih undulacija pokazalo se najmanje odstupanje *Eigen-gl04c* modela, tj. da isti najbolje opisuje Zemljino polje ubrzanja sile teže na teritoriju Republike Hrvatske.

Zahvala

Autor se najljepše zahvaljuje prof. dr. sc. Tomislavu Bašiću za mentorstvo pri izradi ovog rada i doc. dr. sc. Željku Hećimoviću na konstruktivnoj recenziji te brzim i korisnim savjetima, konzultacijama i diskusijama.

Literatura

- Forsberg, R. (2005): Terrain Effects in Geoid Computations, Lecture notes, IGES Geoid School, Budapest, 2005.
- Hećimović, Ž., Bašić, T. (2002): Globalni geopotencijalni modeli na teritoriju Hrvatske. Geodetski list, God. 57(80), no. 2, pp. 73-89.
- Hećimović, Ž., Bašić, T. (2005): CHALLENGING Minisatellite Payload (CHAMP) satelitska misija, Geodetski list,

God. 59(82), no. 2, pp. 129-147.

- Hećimović, Ž., Bašić, T. (2005a): Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) satelitska misija, Geodetski list, God. 59(82), no. 3, pp. 181-197.

- Hofmann-Wellenhof, B., Moritz, H. (2005): Physical geodesy, Wien, Springer-Verlag Wien, 2005.

- Rapp, R. H. (1997): Use of potential coefficient models for geoid undulation determinations using a spherical harmonic representation of the height anomaly/geoid undulation difference, Journal of Geodesy, (1997) 71, pp. 282-289.

- Schwintzer, P. (2005): The gravity field of the Earth: Global gravitational potential models, Lecture notes, IGES Geoid School, Budapest, 2005.

- URL-1: GeoForschungsZentrum Potsdam, <http://icgem.gfz-potsdam.de/ICGEM/> (19.02.2007.)

- URL-2: The NASA GSFC and NIMA Joint Geopotential Model, <http://cddisa.gsfc.nasa.gov/926/egm96/egm96.html> (19.02.2007.)

- URL-3: GeoForschungsZentrum Potsdam, http://www.gfz-potsdam.de/grace/index_GRACE.html (19.02.2007.)

- URL-4: GeoForschungsZentrum Potsdam, <http://www.gfz-potsdam.de/pb1/op/grace/results/> (19.02.2007.)

The analysis of global geopotential models of order and degree less or equal 360 at the territory of Republic of Croatia

ABSTRACT. In this work the results of research of geopotential models at the territory of Republic of Croatia are presented. In phase 1 of this research all models in 15'x15' grid have been used and EGM96 has been chosen as referent. The differences between height anomalies of EGM96 and other models had been calculated. It has shown that *Eigen-cg01c* model had the least deflection from EGM96. In phase 2 of this research 138 GPS-levelling points with known geoid undulations have been used to interrogate which of models best fits values of geoid undulations at GPS-levelling points. It has shown that the minimum standard deviation of differences has *Eigen-gl04c* model ($\sigma = \pm 0.316$ m).

KEYWORDS: global geopotential models, GPS-Leveling undulations, height anomalies, telluroid, quasigeoid.

DATUM PRIMITKA / RECEIVED: 9.12.2007.

DATUM PRIHVAĆANJA / ACCEPTED: 29.12.2007.