



LIETUVOS GRAVIMETRINIO TINKLO CHARAKTERISTIKOS

Rosita Birvydienė, Romuald Obuchovski, Eimuntas Paršeliūnas, Petras Petroškevičius,
Dominykas Šlikas, Povilas Viskontas

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Geodezijos institutas,
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva
El. paštas gi@ap.vgtu.lt

Įteikta 2009 09 09; priimta 2009 09 23

Santrauka. Lietuvos teritorijos gravimetrinį pagrindą sudaro trys absoliučiuųjų matavimų punktai bei pirmosios klasės gravimetrinis tinklas, jungiantis 48 punktus. Detalesniems Lietuvos teritorijos geopotencialinio lauko tyrimams atlikti sudarytas 635 punktų antrosios klasės gravimetrinis tinklas. Tinklas matuotas keturiais gravimetrais *Scintrex CG-5*. Matavimų rezultatai apdoroti (*GRAVSOFT* programų paketo procedūros). Pateikiami gravimetrinio tinklo tikslumo įvertinimo duomenys.

Reikšminiai žodžiai: geopotencialinis laukas, gravimetrinis matavimas, gravimetras, gravimetrinis tinklas.

1. Įvadas

Geodezijos uždaviniams, susijusiems su padėties nustatymu bei gravitacijos lauko tyrimais, spręsti, būtinas šiuolaikinis gravimetrinis pagrindas, kurį sudaro didelio tikslumo gravimetrinis tinklas bei sunkio sistema (Sas *et al.* 2006; Petroškevičius, Paršeliūnas 1999; Petroškevičius *et al.* 2005a). Gravimetrinis pagrindas naudojamas atliekant detalius gravitacijos lauko tyrimus bei nustatant gravitacijos lauko kitimą laikui bėgant (Krynski, Lyszkowicz 2007; Wiesenhofer, Kuehtreiber 2007). Visa tai svarbu atliekant tiksluosius geodezinius matavimus bei geofizinius tyrimus (Petroškevičius *et al.* 2008; Petroškevičius 2005b). Informacija apie gravitacijos lauką svarbi atliekant naudingųjų iškasenų paiešką, nagrinėjant dirbtinių Žemės palydovų bei kitų objektų, esančių Žemę supančioje erdvėje, judėjimą. Šios informacijos tikslumas apibrėžia geoido nustatymo tikslumą bei kosminės geodezijos metodų taikymo galimybes.

Dabar priimant pavienių valstybių sunkio sistemą remiamasi absoliučiaisiais sunkio matavimais, kurie dažniausiai atliekami naudojant balistinius gravimetrus (Pujol, Villalta 2006; Vitushkin *et al.* 2007). Tokie matavimai, trunkantys ilgesnį laiką, atliekami nedaugelyje punktų priklausomai nuo valstybės teritorijos dydžio. Gravimetrinio pagrindo tinklas perduoda sunkio sistemą į visą šalies teritoriją. Jis sudaromas naudojant statinius gravimetrus.

Lietuvoje sunkio sistema priimta remiantis absoliučiaisiais matavimais trijuose gravimetriniuose punktuose (Mäkinen *et al.* 1995; Mäkinen, Petroškevičius 2003; Paršeliūnas, Petroškevičius 2007). Matavimai juose atlikti

1994 ir 2002 metais. Gravimetrinis pirmosios klasės tinklas, jungiantis 48 punktus, sudarytas 1998–2001 metais gravimetrais *LaCoste & Romberg* (Sas-Uhrynowski *et al.* 2002; Petroškevičius, Paršeliūnas 2003; Skeivalas *et al.* 2008; Petroškevičius 2004). Vidutinis atstumas tarp punktų – apie 50 km. Vilniaus Gedimino technikos universiteto Geodezijos institutas 2007–2009 m. atliko pirmosios klasės gravimetrinio tinklo tankinimą antrosios klasės gravimetriniu tinklu. Matavimai atlikti pačiais naujausiais automatiniais gravimetrais *Scintrex CG-5*. Tai nauji, detalesni Lietuvos teritorijos geopotencialinio lauko tyrimai.

Straipsnyje pateikiama naujo gravimetrinio tinklo sudarymo, taikant automatinius gravimetrus, metodika ir rezultatai.

2. Gravimetrinio pagrindo kūrimo eiga

Prieškariu Lietuvos teritorijoje svyrakliniu metodu sudarytas 35 punktų gravimetrinis tinklas bei pokačiu nustatyti du pirmosios klasės punktai ir 21 antrosios klasės punktas nei tikslumu, nei punktų tankiu neatitiko tiksliesiems tinklams keliamų reikalavimų (Petroškevičius 2004). Naujas Lietuvos gravimetrinis pagrindas, atitinkantis nūdienos reikalavimus, pradėtas kurti 1994 m. sudarant nulinės klasės gravimetrinį tinklą (Mäkinen *et al.* 1995; Mäkinen, Petroškevičius 2003; Paršeliūnas, Petroškevičius 2007). Šiame tinkle yra trys gravimetriniai punktai – VILNIUS, KLAIPĖDA ir PANEVĖŽYS, įrengti pastatų apatinių aukštų patalpose. Nulinės klasės gravimetrinių punktų ženklas – 2 m

įgilinti gelžbetoniniai stulpai. Balistinius matavimus tinklo punktuose gravimetru *JILAg-5* atliko Jaakko Mäkinen (Suomijos geodezijos institutas). Matavimai pakartoti 2002 m. Sunkio pagreičio reikšmių nulinės klasės punktuose paklaida – 5 μ Gal. Skirtingų metų matavimo rezultatų skirtumas atitinka matavimų tikslumo ribas.

Pirmosios klasės punktai tolygiai paskirstyti po Lietuvos teritoriją. Dauguma punktų įrengti prie bažnyčių. Jie pažymėti į pastatų pamatus ar laiptus įbetonuota marke. Punkto vietą nurodo prie pastato sienos pritvirtinta gravimetrinio punkto informacinė lentelė. Kiekviena tinklo styga matuota po tris kartus 3–6 gravimetrais *LaCoste & Romberg* (Sas-Uhrynowski et al. 2002; Petroškevičius, Paršeliūnas 2003; Skeivalas et al. 2008, Petroškevičius 2004). Pagal nesąryšius apskaičiuota stygos matavimo paklaida – 6 μ Gal. Išlyginant pirmosios klasės tinklą atraminiais pasirinkti nulinės klasės tinklo punktai. Vieno matavimo vidutinė kvadratinė paklaida – 14 μ Gal. Išlygintųjų sunkio pagreičio reikšmių paklaidos neviršija 4 μ Gal.

3. Antrosios klasės gravimetrinio tinklo sudarymas

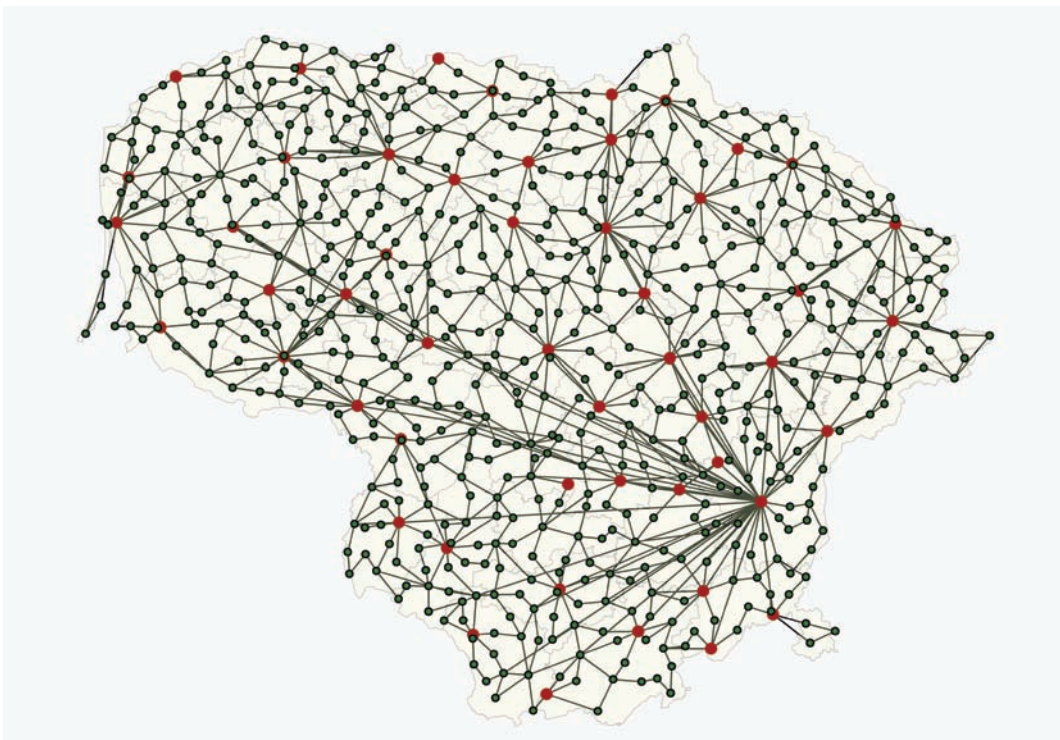
Antrosios klasės gravimetrinis tinklas, sudarytas 2007–2009 m. ir sutankinantis nulinės bei pirmosios klasės tinklą, yra 635 punktų (1 pav.).

Projektuojant tinklą buvo atsižvelgiama į kelių tinklą, į punktų vietų tinkamumą gravimetriniams ir geodeziniams matavimams. Dauguma punktų, kaip ir pirmosios

klasės tinkle, įrengti prie bažnyčių ir įtvirtinti tokiu pat būdu.

Į tinklą įtraukti gravimetriniai punktai įrengti prie 25 nuolat veikiančių GPS stočių. Gravimetriniai punktai koordinuoti GPS metodu, remiantis *LITPOS* nuolat veikiančių stočių tinklu (Paršeliūnas 2008; Paršeliūnas et al. 2008a). Punktų normaliniai aukščiai apskaičiuoti naudojant Lietuvos teritorijos kvazigeoido modelį (Petroškevičius, Paršeliūnas 1995).

Tinklo matavimai atlikti keturiais gravimetrais *Scintrex CG-5* (juos žymėsime – G2, G3, G4, G5) (Paršeliūnas et al. 2008b). Tai automatiniai šiuo metu vieni iš tiksliausių gravimetrų. Sudarant gravimetrinį tinklą, prieš kiekvieną matavimų sezoną ir po jo buvo atliekamas gravimetrų kalibravimas. Tam tikslui buvo pasirinkta dieno vidinio kryptimi einanti kalibravimo bazė Eišiškės – Saločiai, jungianti absoliučiujų matavimų gravimetrinius punktus VILNIUS ir PANEVĖŽYS bei pirmosios klasės punktus EIŠIŠKĖS ir SALOČIAI. Kalibravimo bazės sunkio pagreičio prieaugis yra 201 mGal. Kalibravimo metu matavimai buvo vykdomi reisu VILNIUS, PANEVĖŽYS, SALOČIAI, PANEVĖŽYS, VILNIUS, EIŠIŠKĖS, VILNIUS. Reiso trukmė 12 valandų. Vieno kalibravimo metu buvo atliekami du reisai. Matavimų rezultatai apdoroti *GRAVSOF*T programų paketo procedūromis. Kiekvieno matavimų sezono gravimetrų kalibravimo koeficientų reikšmės pateiktos 1 lentelėje.



1 pav. Gravimetrinio tinklo punktų išdėstymo schema (nulinės ir pirmosios klasės punktai – raudona spalva, antrosios klasės punktai – žalia, linijos žymi matuotus sunkio pagreičio skirtumus)

Fig. 1. The scheme of placing gravimetric points (red - zero and first order points, green - second order points, lines mark differences in the measured gravity acceleration)

1 lentelė. Gravimetrų kalibravimo koeficientai

Table 1. The calibration coefficients of the gravimeters

Metai	G2	G3	G4	G5
2007	1,013 470	0,999 524	1,000 386	0,999 914
2008	1,013 300	0,999 377	1,000 312	0,999 819
2009	1,013 115	0,999 151	1,000 210	0,999 708

Kalibravimo koeficientų vidutinė kvadratinė paklaida neviršija 0,000 059.

Gravimetrinio tinklo punktuose matuota dviem gravimetrais. Dienos matavimai dažniausiai vyko uždaro reiso metu, be naujų punktų, įtraukiant pirmosios bei, esant galimybei, ir nulinės klasės punktus. Tai užtikrino patikimą naujo tinklo sietį su jau esamu gravimetriniu tinklu ir galimybę kontroliuoti matavimų duomenų bei gravimetrų veikimo kokybę. Matuojant gravimetrais G3 ir G4 atlikta 56 reisiai, gravimetrais G2 ir G5 – 31 reisiai. Projektuojant matavimų reisu stengtasi sudaryti išmatuotomis stygomis uždarus poligonus, kurių viršūnių skaičius neviršytų 7. Taigi 282 punktuose matavimai atlikti du ir daugiau kartų.

Punktuose gravimetrai buvo statomi ant tvirto, dažniausiai betoninio, pagrindo, apsaugomi nuo lietaus bei tiesioginio saulės spindulių poveikio, kuris darė didelę įtaką gravimetrų pastovumui. Prieš matavimus į gravimetrą įrašomos punkto koordinatės ir, prietaisą gulsčiaus, atliekami 10 ciklų po 55 s matavimai. Matuojant įvertinamos gravimetro posvyrių ir temperatūrinės pataisos, naudojamas seisminis filtras, skaičiuojamos potvynių ir atoslūgių pataisos. Antrojo matavimų sezono pradžioje kartais buvo pastebėti didesni atskaitų pakitimai punkte pradėjus matavimus, todėl buvo pereita prie dviejų matavimų po 5 ciklus (pavyzdys 2 lentelėje).

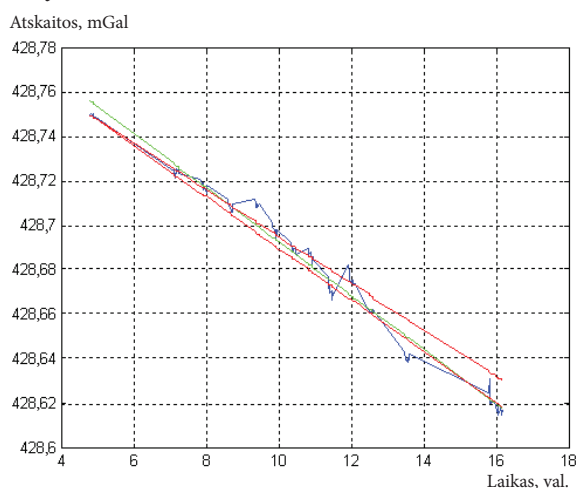
2 lentelė. Gravimetro G2 atskaitos punkte PANEVĖŽYS (2009-06-18)

Table 2. Readings of the gravimeter G2 at the point PANEVĖŽYS (18.06.2009)

Atskaitos nr.	Laikas			Atskaita
	val.	min.	sek.	
1	03	11	41	4721,663
2	03	12	51	4721,656
3	03	13	51	4721,649
4	03	14	51	4721,645
5	03	15	52	4721,642
6	03	17	07	4721,636
7	03	18	17	4721,634
8	03	19	17	4721,631
9	03	20	17	4721,629
10	03	21	18	4721,627
11	03	22	55	4721,624
12	03	24	05	4721,623
13	03	25	05	4721,624
14	03	26	05	4721,623
15	03	27	06	4721,620
16	03	28	39	4721,619
17	03	29	49	4721,619
18	03	30	49	4721,619
19	03	31	49	4721,618
20	03	32	50	4721,619

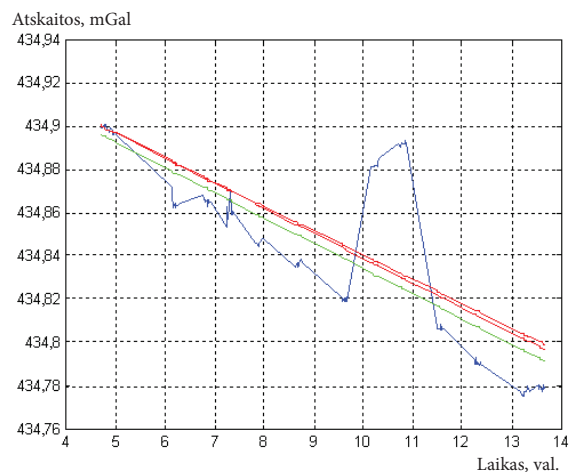
Pastebėjus atskaitų pakitimą, didesnę nei 10 μGal per 10 minučių, matavimai buvo kartojami. Matavimus tekdavo kartoti ir esant dideliems pašaliniais trukdžiams (stiprus vėjas, pravažiuojantis transportas ir kt.).

Reiso matavimų duomenys, perkėlus iš gravimetrų į kompiuterį, buvo analizuojami įvertinant gravimetro atskaitų paklaidas, posvyrio ir temperatūrinės pataisas, atmetus matavimų skaičių. Naudojant pagalbinę *MATLAB* kalba sudarytas programos, buvo atliekama atskaitų kontrolė, nustatomas maksimalus gravimetro atskaitų kitimo diapazonas punkte bei pradinės ir galutinės atskaitų skirtumas. Taikant kalibravimo koeficientų reikšmes, potvynių ir atoslūgių pataisas buvo skaičiuojamos redukuotosios gravimetro atskaitos ir braižomi dviejų gravimetrų per vieną reisą redukuotųjų atskaitų skirtumų grafikai (2 pav., mėlyna – atskaitų skirtumas, žalia – skirtumus aproksimuojanti tiesė, raudona – prognozuojamas skirtumų kitimas).



2 pav. Redukuotųjų atskaitų skirtumai (G3-G4, 2007-11-20)
Fig. 2. Differences in the reduced readings (G3-G4, 20.11.2007)

Šie grafikai teikė papildomos informacijos apie gravimetrų veikimo kokybę reiso metu. Iš netiesinio redukuotųjų atskaitų skirtumų kitimo ir ypač staigių skirtumų pokyčių (3 pav.) buvo matyti reiso punktai, kuriuose galimi staigūs gravimetrų nulio slinkčių pokyčiai.



3 pav. Redukuotųjų atskaitų skirtumai (G3-G4, 2007-10-29)
Fig. 3. Differences in the reduced readings (G3-G4, 29.10.2007)

Gravimetriniai matavimai tinkle atlikti 2007-09-25 – 12-03, 2008-05-26 – 08-23 ir 2009-04-27 – 07-08 laikotarpiais.

4. Gravimetrinių matavimų rezultatų apdorojimas ir tikslumo įvertinimas

Atliktas matavimų rezultatų apdorojimas (GRAVSOF programų paketo procedūros). Pirmuoju etapu skaičiuota redukuotosios atskaitos, o antruoju – atlikta išlyginimas. Pradiniam matavimų rezultatų apdorojimui buvo taikomos kalibravimo koeficientų reikšmės, nustatytos prieš matavimų sezoną. Atliekant galutinį matavimų rezultatų apdorojimą taikytos matavimų sezono vidutinės kalibravimo koeficientų reikšmės (1 lentelė).

Siekiant nuolat kontroliuoti matavimų duomenis, jų apdorojimas buvo pradedamas iškart po matavimų. Pirmiausia buvo apdorojami reiso kiekvieno gravimetro duomenys, tada abiejų gravimetrų duomenys bendrai. Analizuojamos išlygintųjų sunkio pagreičių reikšmių ir matavimų paklaidos, atraminių punktų sunkio pagreičio reikšmių pataisos. Reiso sunkio pagreičio reikšmės buvo lyginamos su nustatytomis ankstesnių reisų sunkio pagreičio reikšmėmis tuose pačiuose punktuose. Gavus nepatenkinamus rezultatus, reisas buvo dalomas į dvi ar daugiau dalių arba nurodoma tinklo išlyginimo programai apie galimus didelius gravimetrų atskaitų šuolius. Šuolių vietai nustatyti buvo naudojami redukuotųjų atskaitų skirtumų grafikai. Gavus patenkinamus rezultatus, reiso duomenys buvo pridėjami prie iki tol išmatuotos tinklo dalies duomenų ir kartui išlyginami. Toks apdorojimo metodas buvo tęsiamas tol, kol buvo apdoroti visi tinklo matavimų duomenys.

Vertindami sunkio pagreičio reikšmių tikslumą pagal dvigubųjų matavimų duomenų, gautų iš dviejų reisų, skirtumus, nustatėme, kad sunkio pagreičio, apibrėžto per vieną reisą, vidutinė kvadratinė paklaida yra 6,4 μGal , dviem reisiais – 4,5 μGal . Skirtingais tinklo sudarymo metais šių paklaidų reikšmės buvo: 2007 m. – 4,5 μGal ir 3,2 μGal , 2008 m. – 6,8 μGal ir 4,8 μGal , 2009 m. – 6,7 μGal ir 4,7 μGal .

Tinklas išlygintas pagal du variantus: pagal pirmąjį atraminiais buvo laikomi nulinės ir pirmosios, pagal antrąjį – tik nulinės klasės punktai.

Gravimetrinio tinklo išlyginimo pagal pirmąjį variantą rezultatai rodo, kad antrosios klasės punktų išlygintųjų sunkio pagreičio reikšmių vidutinė kvadratinė paklaida neviršija 2 μGal , vieno matavimo vidutinė kvadratinė paklaida – 5 μGal .

Pagal antrąjį variantą išlygintosios sunkio pagreičio reikšmės pasikeitė 4 μGal , palyginti su išlygintosiomis reikšmėmis, gautomis laikant atraminiais ir pirmosios klasės punktus. Sunkio pagreičio reikšmių paklaida gauta 3 μGal . Vieno matavimo paklaida – 5 μGal . Matavimų skaičius yra 33 777. Pataisos absoliučiuoju matavimų punktais: VILNIAUS – -2 μGal , KLAIPĖDOS – +2 μGal , PANEVĖŽIO – 0 μGal . Pirmosios klasės punktų sunkio pagreičio reikšmių pataisos pateiktos 3 lentelėje.

3 lentelė. Pirmosios klasės gravimetrinių punktų sunkio pagreičio reikšmių pataisos, μGal

Table 3. Gravity acceleration corrections at the first order gravimetric points, μGal

Punkto kodas	Punktas	Pataisa, μGal
24G-0001	ŠILUTĖ	15
25G-0002	KRETINGA	25
26G-0005	SKUODAS	5
34G-0001	TAURAGĖ	0
35G-0001	ŠILALĖ	10
35G-0002	RIETAVAS	11
36G-0003	TELŠIAI	-10
36G-0004	MAŽEIKIAI	3
43G-0005	ŠAKIAI	0
43G-0006	VILKAVIŠKIS	5
44G-0005	JURBARKAS	21
44G-0006	GIRKALNIS	22
45G-0003	STULGIAI	21
45G-0004	KELMĖ	-3
46G-0005	KURŠĖNAI	0
51G-0001	DRUSKININKAI	2
52G-0009	LAZDIJAI	-3
52G-0010	MARIJAMPOLĖ	2
54G-0006	KĖDAINIAI	0
55G-0006	ŠEDUVA	5
55G-0007	ŠIAULIAI	5
56G-0005	PAKRUOJIS	4
56G-0006	JONIŠKIS	-14
56G-0007	ŽAGARĖ	-7
62G-0008	VARĖNA	-11
62G-0009	ALYTUS	0
63G-0004	ŽIEŽMARIAI	14
63S-1435	PILIUONA	5
64G-0006	UKMERGĖ	-4
64G-0007	JONAVA	7
65G-0006	ŠILAI	-11
66G-0002	SALOČIAI	-2
66G-0003	BIRŽAI	-2
66G-0004	PASVALYS	8
72G-0008	ŠALČININKAI	-6
72G-0009	EIŠIŠKĖS	0
72G-0010	PIRČIUPIAI	6
73G-0006	MAIŠIAGALA	22
73G-0007	VIEVIS	9
74G-0004	ŠIRVINTOS	5
74G-0005	MOLĖTAI	9
75G-0005	KUPIŠKIS	3
76G-0003	PANDĖLYS	8
76G-0004	ROKIŠKIS	2
83G-0003	PABRADĖ	4
84G-0003	VIDIŠKĖS	-1
85G-0005	UTENA	1
85G-0006	ZARASAI	0

Didesnės dalies pirmosios klasės punktų pataisos neviršija 10 μ Gal, tačiau keletui pirmosios klasės punktų nustatytos didesnės pataisos. Priežastis gali būti bažnyčių, prie kurių įrengti gravimetriniai punktai, remonto ir rekonstrukcijos darbai, galėję žymiai pakeisti masių išsidėstymą. Pvz., MAIŠIAGALOS punkte įrengti nauji laiptai, ant kurių statomi gravimetrai, GIRKALNIO punkte vyksta dideli remonto darbai ir pan.

Manome, kad šio išlyginimo varianto sunkio pagreičio reikšmės, siekiant visų gravimetrinio tinklo punktų suderinamumo, gali būti įrašytos į gravimetrinių punktų katalogą.

5. Išvados

1. Lietuvos teritorijoje įrengtas naujos kokybės antrosios klasės gravimetrinis tinklas, susidedantis iš 635 punktų. Juose preciziniais santykiniais gravimetrais *Scintrex CG-5* išmatuotos pagrindinio geopotencialinio lauko parametro – sunkio pagreičio reikšmės. Sudaryto naujo Lietuvos gravimetrinio tinklo punktų sunkio pagreičio vidutinė kvadratinė paklaida apskaičiuota pagal dvigubųjų matavimų skirtumus, ir gauta 6,3 μ Gal. Išlygintųjų sunkio pagreičio reikšmių vidutinė kvadratinė paklaida – 3 μ Gal. Vieno matavimo paklaida – 5 μ Gal.
2. Rekomenduojama galutinėmis pirmosios klasės tinklo punktų sunkio pagreičio reikšmėmis laikyti dydžius, gautus atlikus gravimetrinio tinklo su trimis atraminiais absoliučiuųjų matavimų punktais išlyginimą.
3. Atliekant matavimus būtina tikrinti gravimetrų *Scintrex CG-5* matavimo kokybę pagal atskaitų kitimo greitį.
4. Dviejų gravimetrų matavimams tuo pačiu metu vertinti tikslinga sudaryti gravimetrų redukuotųjų atskaitų skirtumų grafikus.

Mokslo tyrimai atlikti pagal VGTU Geodezijos instituto sutartį Nr. 2256-MA/99 „LIETUVOS TERITORIJOS GRAVITACIJOS IR GEOMAGNETINIO LAUKŲ TYRIMAI“ su Nacionaline žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos.

Literatūra

- Krynski, J.; Lyszkowicz, A. 2007. Centimetre quasigeoid modeling in Poland using heterogeneous data, *Harita Dergisi* 18: 37–42. ISSN 1300-5790.
- Mäkinen, J.; Petroškevičius, P.; Kazakevičius, S.; Stepanovienė, J. 1995. Lietuvos valstybinio gravimetrinio nulinės klasės tinklo sudarymas, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 22(2): 3–21.
- Mäkinen, J.; Petroškevičius, P. 2003. Lietuvoje atliktų absoliutinių sunkio matavimų analizė, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 29(4): 99–105. ISSN 1392-1541.
- Paršeliūnas, E.; Petroškevičius, P. 2007. Quality of Lithuanian National Gravimetric Network, *Harita Dergisi* 18: 388–392. ISSN 1300-5790.
- Paršeliūnas, E. 2008. LitPOS – a service for precise positioning in real time, in *The 25th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2008): Selected papers (June 26–29, 2008 Vilnius, Lithuania)*, 379–383.
- Paršeliūnas, E.; Būga, A.; Marozas, L.; Petniūnas, M.; Urbanas, S. 2008a. LITPOS – a part of EUPOS[®], *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 34(2): 50–57. ISSN 1392-1541 doi: 10.3846/1392-1541.2008.34.50-57
- Paršeliūnas, E.; Petroškevičius, P.; Obuchovski, R. 2008b. Analysis of gravimetric observations made by Scintrex CG-5, in *The 7th International Conference „Environmental Engineering“: Selected papers (May 22–23 2008, Vilnius, Lithuania)* 3: 1422–1428. ISBN 978-9955-28-265-5.
- Petroškevičius, P.; Paršeliūnas, E. 1995. Lietuvos teritorijos geoido skaičiavimas, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 22(2): 50–58. ISSN 1392-1541.
- Petroškevičius, P.; Paršeliūnas, E. 1999. Lietuvos gravimetrinio pagrindo tyrimas ir tobulinimas, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 25(2): 73–82.
- Petroškevičius, P.; Paršeliūnas, E. 2003. Lietuvos atraminio gravimetrinio tinklo statistika, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 29(2): 31–39. ISSN 1392-1541.
- Petroškevičius, P. 2004. *Gravitacijos lauko poveikis geodeziniam matavimams*. Vilnius: Technika. 290 p.
- Petroškevičius, P.; Zakarevičius, A.; Parseliūnas, E. 2005a. Premises for Lithuanian gravity and height systems adoption, in *The 6th International Conference “Environmental Engineering”: Selected papers (May 26–27 2005, Vilnius, Lithuania)* 2: 985–992. ISBN 9986-05-851-1.
- Petroškevičius, P.; Putrimas, R.; Krikštaponis, B.; Būga, A.; Ne-seckas, A.; Obuchovski, R.; Stepanovienė, J.; Tumelienė, E.; Viskontas, P.; Zigmantienė, E. 2005b. Analysis of normal height differences determination in Lithuanian national geodetic vertical network, in *The 6th International Conference “Environmental Engineering”: Selected Papers (May 26–27 2005, Vilnius, Lithuania)* 2: 975–984.
- Petroškevičius, P.; Popovas, D.; Krikštaponis, B.; Putrimas, R.; Būga, A.; Obuchovski, R. 2008. Estimation of gravity field non-homogeneity and variation for the vertical network observations, in *The 7th International Conference “Environmental Engineering”: Selected papers (May 22–23 2008, Vilnius, Lithuania)* 3: 1439–1445. ISBN 978-9955-28-265-5.
- Pujol, E. R.; Villalta, M. F. 2006. Absolute Gravity Network in Spain, *Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie*, Frankfurt am Main, 38: 379–384.
- Sas-Uhrynowski, A.; Mroczek, S.; Sas A.; Petroškevičius, P.; Obuchowski, R.; Rimkus, D. 2002. Establishment of Lithuanian national gravimetric first order network, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 28(3): 75–82. ISSN 1392-1541.
- Sas, A.; Cisak, M.; Mäkinen, J. 2006. The Establishment of a vertical gravity calibration baseline in Tatra Mountains, New Adjustment of the Polish Gravity Control Network, *Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie*, Frankfurt am Main, 38: 385–392.
- Skeivalas, J.; Petroškevičius, P.; Obuchovski, R.; Zigmantienė, E. 2008. Gravimetrinių tinklų išlyginimas, taikant skirtingus išlyginimo modelius, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 34(2): 45–49. ISSN 1392-1541. doi: 10.3846/1392-1541.2008.34.45-49
- Vitushkin, L.; Jiang, Z.; Becker, M.; Francis, O.; Germak, A. 2007. The Seventh International Comparison of Absolute Gravimeters ICAG-2005 at the BIPM, *Harita Dergisi* 18: 382–387. ISSN 1300-5790.
- Wiesenhofer, B.; Kuehtreiber, N. 2007. Combination of Deflections of the Vertical and Gravity Anomalies in Difficult Geological Regions, *Harita Dergisi* 18: 108–112. ISSN 1300-5790.

Rosita BIRVYDIENĖ. MSc, Geodetic Institute, Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. Ph +370 5 2744 703, Fax +370 5 2744 705, e-mail *rositaros@gmail.com*

MSc at VGTU (2008).

Research interests: geoinformation systems, gravimetry.

Romuald OBUCHOVSKI. Dr. at Geodetic Institute, Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania, Ph +370 5 274 4703, Fax +370 5 274 4705, e-mail *romuald.obuchovski@gmail.com*.

Doctor at VGTU (2005).

Research interests: graphs theory in geodesy, adjustment of geodetic networks, geoinformation systems, establishment of geodetic and gravimetric networks.

Eimuntas PARŠELIŪNAS. Assoc. Prof., Dr. at the Department of Geodesy and Cadastre, Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. Ph +370 5 274 4703, Fax +370 5 274 4705, e-mail *eimis@ap.vgtu.lt*.

Doctor of Science (1992). The author of two teaching books and more than 50 scientific papers. Participated in a number of international conferences.

Research interests: graphs theory in geodesy, adjustment of geodetic networks, geoinformation systems, establishment of geodetic and gravimetric networks.

Petras PETROŠKEVIČIUS. Prof., Dr. Habil. at the Department of Geodesy and Cadastre. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. Ph +370 5 274 4703, Fax +370 5 274 4705, e-mail *petras.petroskevicius@ap.vgtu.lt*.

A graduate from Moscow Engineering Institute of Geodesy, Aerial Surveying and Cartography (engineer geodesist, 1970). Doctor's degree in Aerial Surveying and Cartography at Moscow Engineering Institute of Geodesy, 1979), Doctor Habil. at VGTU (2000).

Research training at Zvenigorod Satellite Observation Station (1983), at Moscow Engineering Institute of Geodesy, Aerial Surveying and Cartography (1985, 1989), at Warsaw Institute of Geodesy and Cartography (1999, 2000).

Research interests: satellite movement theory, research on the Earth's gravity field, establishment of geodetic and gravimetric networks.

Dominykas ŠLIKAS. MSc, at the Department of Geodesy and Cadastre. Vilnius Gediminas Technical University. Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. Ph +370 5 2744 703, Fax +370 5 2744 705, e-mail *domasslikas@gmail.com*

MSc at VGTU (2007).

Research interests: calibration of geodetic instruments, engineering geodesy.

Povilas VISKONTAS. Engineer at Geodetic Institute, Vilnius Gediminas Technical University. Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. Ph +370 5 2744 703, Fax +370 5 2744 705, e-mail *gi@ap.vgtu.lt*

Engineer of Applied Geodesy at VGTU (1973).

Research interests: engineering geodesy, establishment of geodetic and gravimetric networks.