

**LIETUVOS TERITORIJOS ŽEMĖS PLUTOS DEFORMACIJŲ IR SEISMOTEKTONINIO POTENCIALO RYŠYS****Algimantas Zakarevičius¹, Arminas Stanionis², Daiva Levinskaitė³**^{1, 2, 3}*Geodezijos ir kadastro katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas,
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva
El. paštas gkk@vgtu.lt**Įteikta 2010 05 09; priimta 2010 09 24*

Santrauka. Lietuvoje yra statinių, keliančių ekologinio pavojaus grėsmę (Ignalinos atominė elektrinė, Mažeikių naftos perdėbimo įmonė, chemijos gamyklos Jonavoje bei Kėdainiuose ir pan.). Seisminiai įvykiai gali sutrikdyti šių įmonių veiklą ir net lemti didelį pavojų aplinkai, t. y. gali būti sukelta didelė aplinkos tarša cheminėmis bei radioaktyviosiomis medžiagomis. Seisminius įvykius lemia teritorijos seismotektoninis potencialas. Seismotektoninis potencialas ir Žemės plutos deformacijos yra tarpusavyje susiję reiškiniai, kuriuos sukelia dažnai tie patys giluminiai procesai Žemės gelmėse. Žemės plutos deformacijų tyrimas yra vienas iš informacijos šaltinių prognozuojant teritorijos seismotektoninį aktyvumą. Straipsnyje nagrinėjamos Žemės plutos horizontaliosios deformacijos, nustatomi Žemės plutos įtempių pokyčiai Lietuvos teritorijoje pagal GPS matavimų duomenis. Atlikus tyrimus pagal pateikiamą Žemės plutos horizontaliųjų deformacijų ir įtempių tyrimo metodiką, gauti nauji horizontaliųjų deformacijų charakteristikų bei įtempių pokyčių rezultatai ir nustatytos jų sąsajos su seismotektoniniu potencialu.

Reikšminiai žodžiai: baigtinių elementų metodas, Huko dėsnis, įtempiai, deformacijos, GPS, seismotektoninis potencialas.

1. Įvadas

Iki 20 a. paskutiniojo dešimtmečio pradžios daugiausia dėmesio Žemės plutos judesių tyrimams pasaulyje buvo skiriama seismiškai aktyviose teritorijose (Anikėnienė 2008). Nors Lietuvos teritorija traktuojama kaip aseisminė, arba mažo seismingumo, sritis, tačiau turimi istoriniai ir dabartiniai duomenys rodo, kad Lietuvos teritorijoje yra buvę juntamų Žemės drebėjimų (Nauja atominė... 2008).

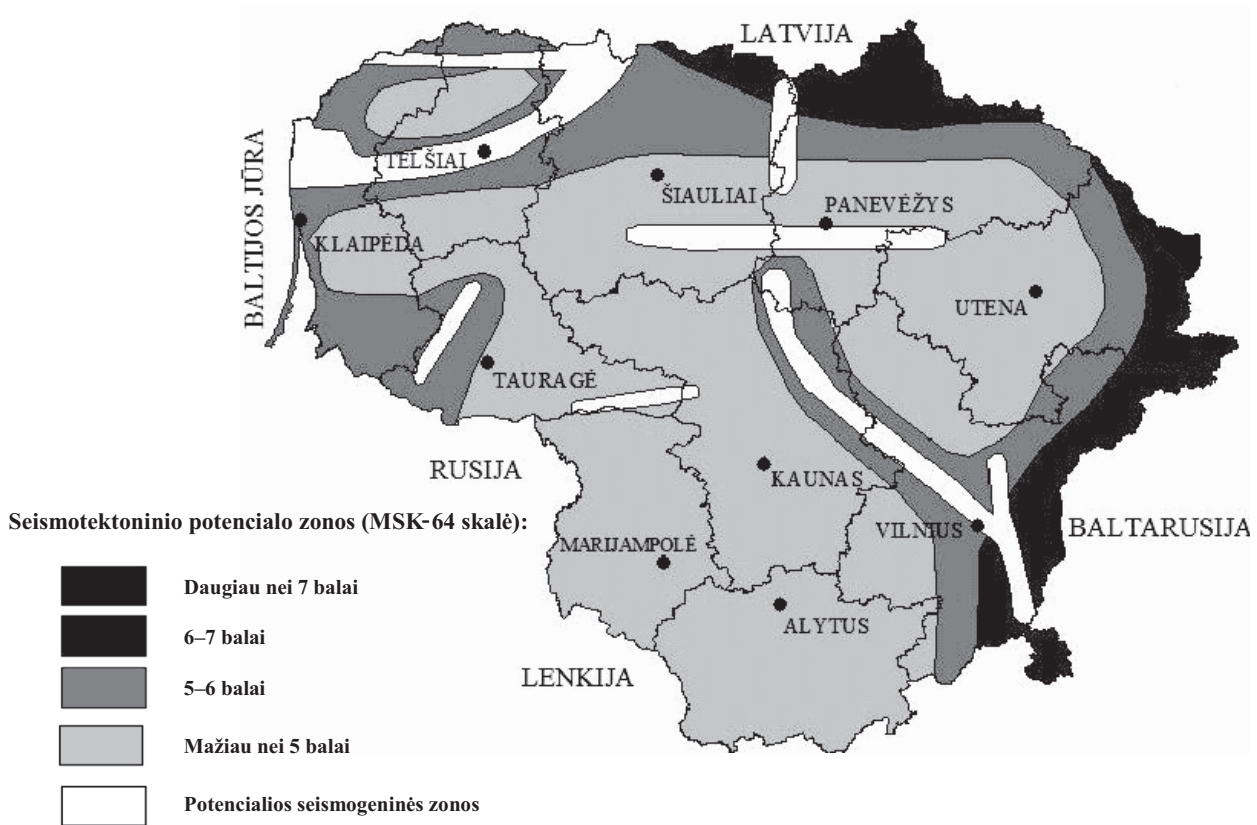
Seisminius įvykius teritorijoje lemia seismotektoninis potencialas, t. y. stipriausias tikėtinas Žemės drebėjimas ir priklausomumas tarp Žemės drebėjimo stiprumo ir dažnumo. Seismotektoninis potencialas ir Žemės plutos deformacijos yra tarpusavyje susiję reiškiniai. Juos sukelia dažnai tie patys giluminiai procesai Žemės gelmėse. Lietuvoje yra statinių, keliančių ekologinio pavojaus grėsmę: Ignalinos atominė elektrinė, Mažeikių naftos perdėbimo įmonė, chemijos gamyklos – Jonavoje ir Kėdainiuose bei kitos. Jų eksploatavimas seisminių įvykių metu gali būti sutrikdytas ir net pavojingas aplinkai. Vienas iš informacijos šaltinių prognozuojant seismotektoninį aktyvumą yra Žemės plutos deformacijos.

Tyrimų tikslas – įvertinti horizontaliąsias Žemės plutos deformacijas bei nustatyti Žemės plutos geodinaminį įtempių pokyčius pagal GPS matavimų Lietuvos teritorijoje rezultatus, apibrėžti sąsajas su seismotektoniniu potencialu.

2. Lietuvos teritorijos seismotektoninis potencialas

Lietuvoje seisminiu rajonavimu rimčiau pradėta domėtis po 1976 m. Osmusarės žemės drebėjimo Estijoje. Lietuvoje pirmieji seismologiniai instrumentiniai stebėjimai pradėti 1970 m. (Pačėsa *et al.* 2005). Pagrindiniai duomenys apie seisminį aktyvumą Lietuvos teritorijoje remiasi Skandinavijos seisminių stočių registracijos duomenimis (Šliaupa *et al.* 2004). Pagal turimus geologinius ir geofizinius duomenis, 1995–2000 m. atliktas Lietuvos teritorijos seisminis rajonavimas apžvalginiu masteliu, nustatytos seismogeninės zonos, nurodytas jų maksimalus seisminis potencialas (prof. habil. dr. P. Suveizdis ir dr. V. Ilginytė – Geologijos ir geografijos institutas, doc. dr. P. Šalvėjus – Fizikos institutas) (Lietuvos Respublikos... 2006). Išsamiai seismotektoninis aktyvumas Lietuvoje išnagrinėtas V. Ilginytės darbuose (Ilginytė 1998a, 1998b). 2003 m. V. Ilginytė, A. Šliaupa ir I. Bagdanavičiūtė sudarė seismotektoninio rajonavimo žemėlapi (1 pav.) (Ilginytė *et al.* 2003).

Kaip matyti 1 paveiksle, kai kuriuose Lietuvos teritorijos rajonuose seisminis aktyvumas padidėjęs. Išskiriama keletas seismogeninių zonų: Vilniaus – Šiaulių, rytų Pabaltijo, pajūrio, šiaurės – Telšių, Salantų, Mažeikių, Vidurio Lietuvos, vakarų Pabaltijo, Panevėžio – Dūkštų, Jurbarko.



1 pav. Seismotektoninio potencialo schema
(pagal originalų seismotektoninio potencialo M1:1 000 000 žemėlapi (Ilginytė et al. 2003))

Fig. 1. Scheme of seismotectonic potencial
(by original seismotectonic potencial map at scale 1:1 000 000, Ilginytė et al. 2003)

Iki 5 balų seisminio aktyvumo srityse yra centrinė bei pietinė Lietuva. Didesnio, 5–6 balų, seismingumo sričiai priklauso jūros pakrantės zona, šiaurės – Telšių lūžių zonos plotas, esantis tarp Šilalės ir Tauragės lūžių, bei dalis regioninio Vilniaus – Mažeikių lūžio (Ilginytė 1998a, 1998b).

Rytinė Lietuvos dalis (Ignalinos rajonas) yra Daugpilio padidėjusio aktyvumo seismogeninė zona. Joje galimas per 7 balų žemės drebėjimas, todėl Žemės plutos judesiai daugiausia nagrinėti Ignalinos atominės elektrinės rajone (Zakarevičius et al. 2009; Šliaupa et al. 2004; Zakarevičius 1994, 2003; Zakarevičius, Stanionis 2004, 2005, 2006, 2007; Baušys et al. 2008; Levinskaitė 2009). Žemės plutos judesių tyrimai Lietuvoje itin aktualūs ne tik dėl Ignalinos atominės elektrinės, bet ir dėl esamų didesnę ekologinę grėsmę keliančių statinių ir ypač dėl naujos elektrinės statybos vietos parinkimo.

3. Lietuvos teritorijos GPS tinklas ir jo taikymas Žemės plutos deformacijoms nustatyti

Dabar, kai yra tikslių geodezinių prietaisų bei pagerėjo geodezinių matavimų kokybė ir tikslumas, galima atlikti ypač preciziškus matavimus (Skeivalas 2008; Zakarevičius 2003; Kaiser et al. 2005; Hsu, Li 2004; Mahmoud 2003; Gamal, Kato 1998). Naudojant kartotinių GPS matavimų duomenis (Tesauro et al. 2006; Tyshkov et al.

2008), galima pakankamai tiksliai įvertinti geodezinių tinklų punktų koordinacių pokyčius bei kitas koordinacių charakteristikas.

Lietuvos teritorijos horizontaliosioms deformacijoms bei įtempiams tirti panaudotos 45-ių punktų skersinės cilindrinės Merkatoriaus projekcijos stačiakampės LKS 94 sistemos plokštuminės koordinatės, nustatytos GPS metodais (Zakarevičius, Stanionis 2005).

GPS nulinės klasės tinklas iš 4 punktų (Akmeniškaiai, Dainavėlė, Šašeliai, Meškonys) sudarytas 1992 m. EUREFBAL'92 tarptautinio projekto metu. Punktų jungiančių stygų vektorių santykinės paklaidos yra $1 \cdot 10^{-7}$, o elipsoidinių aukščių – $2 \cdot 10^{-7}$. Punktų geodezinės platumos ir geodezinės ilgumos paklaidos neviršija 9 mm, elipsoidinio aukščio paklaida – 30 mm (Stanionis 2005).

Lietuvos GPS pirmosios klasės tinklą 1993 m., bendradarbiaujant su Danijos Aalborg universitetu, sudarė VGTU Geodezijos institutas. Pirmosios klasės GPS tinklo stygų didžiausioji matavimo santykinė paklaida siekia $1,7 \cdot 10^{-7}$ (Petroškevičius, Ramanauskas 1995; Skeivalas et al. 1995). Tinklą sudaro 48 punktai. Pakartotinai pirmosios klasės GPS tinklo punktai (45 punktai) buvo matuoti 2007 m.

Pagal GPS tinklo punktus Žemės plutos horizontaliosioms deformacijoms nustatyti sudaryta kartotinių

matavimų tinklo schema iš 69 baigtinių elementų (Atkočiūnas, Nagevičius 2004), t. y. trikampių (2 pav.).

4. Horizontaliųjų deformacijų ir geodinaminių įtempių nustatymo rezultatai

Horizontaliesiems Žemės plutos judesiams tirti plačiai naudojami GPS metodais sudaryti geodeziniai tinklai (Tesauro *et al.* 2006; Tyshkov *et al.* 2008). Turint GPS tinklų punktų koordinacių pokyčių duomenis, galima įvertinti horizontaliųjų Žemės plutos deformacijų charakteristikas bei nustatyti geodinaminių įtempių pokyčius.

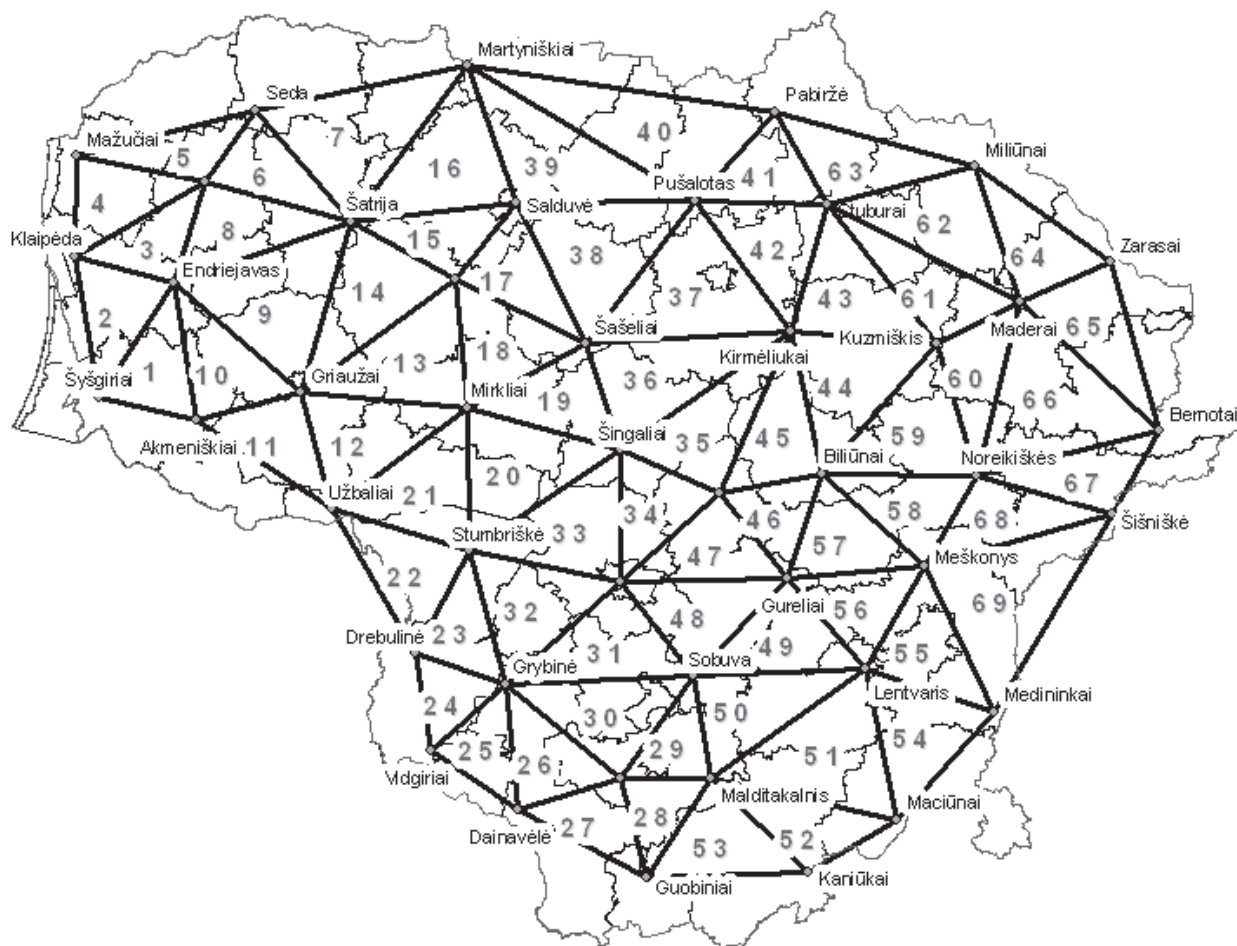
Pagal A. Zakarevičiaus, A. Stanionio darbe (2004) pateiktą metodiką įvertinta Lietuvos teritorijos horizontaliųjų deformacijų parametrų ir geodinaminių įtempių pokyčiai. Apskaičiuoti didžiausias bei mažiausias santykiniai pailgėjimai ir jų kryptys, baigtinio elemento santykinė dilatacija (1 lentelė) bei svarbiausių įtempių pokyčiai (2 lentelė). Svarbiausių horizontaliųjų deformacijų didžiausio santykinio pailgėjimo ϵ_1 (3 pav.) kitimo ribos yra nuo $-0,300 \cdot 10^{-6}$ iki $0,801 \cdot 10^{-6}$, mažiausias

santykinis pailgėjimas ϵ_2 (4 pav.) kinta nuo $-0,874 \cdot 10^{-6}$ iki $0,219 \cdot 10^{-6}$. Iš 69 trikampių 48 trikampių dilatacija yra neigiamoji, 21 trikampio – teigiamoji. Dilatacijos kitimo ribos – nuo $-1,077 \cdot 10^{-6}$ iki $0,933 \cdot 10^{-6}$ (1 lentelė).

Geodinaminių įtempių pokyčiai pateikti 2 lentelėje. Maksimalaus santykinio įtempio σ_1 (5 pav.) kitimo ribos yra nuo $-1,404$ MPa iki $0,149$ MPa, minimalus santykinis įtempis σ_2 (6 pav.) kinta nuo $-0,290$ MPa iki $1,225$ MPa.

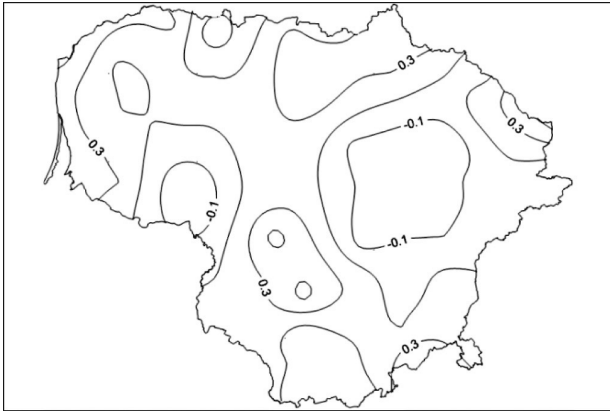
Gautieji Žemės plutos deformacijų rodikliai bei įtempių pokyčiai koreliuoja su A. Zakarevičiaus (2003) bei A. Zakarevičiaus, A. Stanionio (2005) darbuose pateiktais tyrimų rezultatais.

Ankstesni tyrimai buvo atliekami panaudojant nevienodo tikslumo geodezinių matavimų duomenis (trianguliacijos ir GPS). Šio tyrimo rezultatai yra daug patikimesni, nes Žemės plutos deformacijų charakteristikoms įvertinti ir įtempių pokyčiams nustatyti buvo taikytos punktų koordinatės, nustatytos GPS matavimų (1993 m. ir 2007 m.) metu.

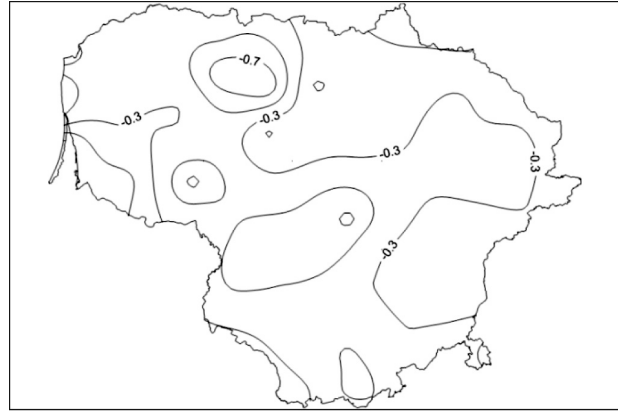


2 pav. Kartotinių matavimų tinklo schema:
◆ Seda – GPS punktas, 1 – trikampio numeris

Fig. 2. Scheme of continues measurements of Network:
◆ Seda – GPS station and the name of station, 1 – number of triangle



3 pav. Didžiausio santykinio pailgėjimo ε_1 izograma ($\varepsilon_1 \cdot 10^{-6}$)
Fig. 3. Izogram of maximum relative lengthening ($\varepsilon_1 \cdot 10^{-6}$)



4 pav. Mažiausio santykinio pailgėjimo ε_2 izograma ($\varepsilon_2 \cdot 10^{-6}$)
Fig. 4. Izogram of minimum relative lengthening ($\varepsilon_2 \cdot 10^{-6}$)

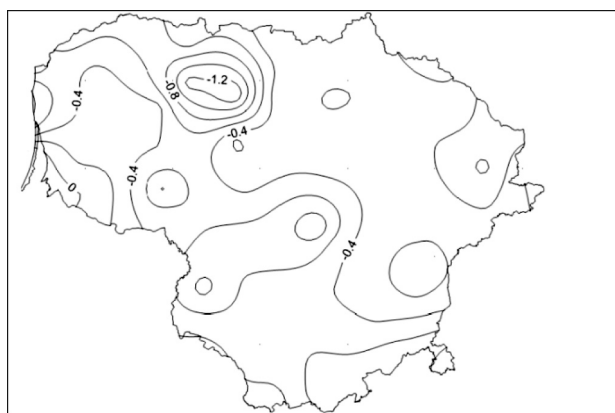
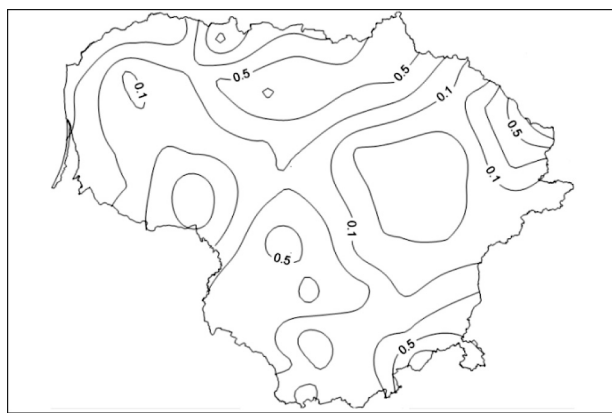
1 lentelė. Horizontaliųjų Žemės plutos deformacijų parametrai

Table 1. Parameters of Earth crust horizontal deformation

Trikampio Nr.	$\varepsilon_1 \cdot 10^{-6}$	$\varepsilon_2 \cdot 10^{-6}$	$\Delta \cdot 10^{-6}$	φ°	Trikampio Nr.	$\varepsilon_1 \cdot 10^{-6}$	$\varepsilon_2 \cdot 10^{-6}$	$\Delta \cdot 10^{-6}$	φ°
1	0,386	0,219	0,605	32	36	-0,142	-0,238	-0,381	5
2	0,477	-0,757	-0,280	18	37	0,257	-0,241	0,016	30
3	0,394	-0,616	-0,223	17	38	0,514	-0,076	0,438	-19
4	0,791	0,142	0,933	-4	39	0,384	-0,274	0,110	8
5	0,528	-0,553	-0,026	28	40	-0,037	-0,142	-0,180	29
6	0,254	-0,299	-0,045	35	41	0,439	-0,076	0,364	34
7	0,336	-0,407	-0,071	-30	42	0,273	-0,167	0,106	-40
8	0,059	-0,328	-0,269	0	43	-0,017	-0,368	-0,385	12
9	0,103	-0,307	-0,204	-8	44	-0,291	-0,345	-0,636	-25
10	0,287	-0,274	0,013	7	45	-0,296	-0,318	-0,614	-22
11	0,303	-0,012	0,291	-2	46	-0,119	-0,304	-0,423	6
12	-0,300	-0,777	-1,077	12	47	-0,169	-0,373	-0,542	43
13	0,044	-0,317	-0,274	-22	48	0,257	-0,309	-0,053	14
14	0,158	-0,315	-0,157	-6	49	0,003	-0,218	-0,215	21
15	0,099	-0,838	-0,739	-37	50	0,097	-0,292	-0,195	33
16	-0,253	-0,397	-0,651	-43	51	0,461	-0,430	0,031	-31
17	0,204	-0,874	-0,669	41	52	0,698	-0,236	0,461	24
18	0,210	-0,066	0,144	26	53	-0,004	-0,487	-0,490	19
19	0,296	-0,261	0,034	5	54	0,121	-0,574	-0,453	38
20	0,228	-0,362	-0,134	-15	55	0,172	-0,143	0,030	-41
21	-0,248	-0,388	-0,636	-44	56	0,180	-0,098	0,081	2
22	0,007	-0,435	-0,428	19	57	-0,095	-0,193	-0,288	5
23	0,136	-0,539	-0,403	45	58	-0,062	-0,227	-0,290	3
24	0,241	-0,317	-0,076	-17	59	-0,066	-0,375	-0,441	1
25	0,270	-0,199	0,071	-20	60	0,093	-0,412	-0,319	38
26	0,125	-0,323	-0,199	43	61	0,253	-0,202	0,051	-11
27	0,051	-0,248	-0,197	6	62	-0,130	-0,154	-0,285	-37
28	0,061	-0,528	-0,467	19	63	0,376	-0,030	0,346	-1
29	0,047	-0,514	-0,467	17	64	0,752	-0,331	0,421	33
30	-0,111	-0,458	-0,569	13	65	0,801	-0,065	0,736	40
31	0,573	-0,451	0,122	-1	66	0,024	-0,094	-0,070	9
32	0,332	-0,521	-0,188	6	67	-0,051	-0,151	-0,202	26
33	0,571	-0,667	-0,096	-8	68	-0,104	-0,296	-0,400	42
34	-0,041	-0,758	-0,799	23	69	-0,054	-0,210	-0,264	39
35	-0,125	-0,431	-0,556	13					

2 lentelė. Geodinaminių įtempių pokyčiai**Table 2.** Alterations of the geodynamic stresses

Trikampio Nr.	σ_1 , MPa	σ_2 , MPa	Trikampio Nr.	σ_1 , MPa	σ_2 , MPa	Trikampio Nr.	σ_1 , MPa	σ_2 , MPa
1	0,149	0,456	24	-0,426	0,350	47	-0,474	-0,068
2	-1,012	0,733	25	-0,312	0,383	48	-0,393	0,340
3	-0,807	0,584	26	-0,547	0,348	49	-0,278	0,063
4	0,131	0,802	27	-0,258	0,061	50	-0,460	0,264
5	-0,955	0,929	28	-0,662	0,195	51	-0,802	0,833
6	-0,550	0,505	29	-0,622	0,155	52	-0,523	0,985
7	-0,704	0,633	30	-0,500	-0,069	53	-0,596	0,106
8	-0,328	0,059	31	-0,453	0,575	54	-0,905	0,451
9	-0,331	0,127	32	-0,550	0,361	55	-0,297	0,327
10	-0,296	0,309	33	-0,729	0,633	56	-0,099	0,181
11	-0,013	0,305	34	-0,976	0,177	57	-0,195	-0,093
12	-0,830	-0,248	35	-0,472	-0,084	58	-0,229	-0,061
13	-0,420	0,146	36	-0,241	-0,140	59	-0,376	-0,065
14	-0,329	0,171	37	-0,440	0,456	60	-0,652	0,333
15	-1,278	0,539	38	-0,209	0,647	61	-0,248	0,299
16	-0,470	-0,181	39	-0,306	0,416	62	-0,166	-0,119
17	-1,404	0,735	40	-0,183	0,004	63	-0,030	0,376
18	-0,160	0,304	41	-0,308	0,671	64	-0,800	1,221
19	-0,274	0,308	42	-0,383	0,489	65	-0,489	1,225
20	-0,458	0,324	43	-0,405	0,020	66	-0,102	0,032
21	-0,458	-0,178	44	-0,362	-0,274	67	-0,186	-0,017
22	-0,537	0,109	45	-0,324	-0,290	68	-0,391	-0,010
23	-0,876	0,474	46	-0,310	-0,113	69	-0,285	0,021

**5 pav.** Maksimalaus santykinio įtempio izograma (MPa)**Fig. 5.** Izogramė of maximum relative stress (MPa)**6 pav.** Minimalaus santykinio įtempio izograma (MPa)**Fig. 6.** Izogramė of minimum relative stress (MPa)**5. Geodinaminių įtempių kaitos ir seismotektoninio potencialo ryšys**

Geodinaminių Žemės plutos įtempių kaitos ir seismotektoninio potencialo ryšiui nustatyti maksimalaus ir minimalaus santykinio įtempių pokyčiai palyginti su seismotektoninio potencialo schema (1 pav.).

Nustačius geodinaminius įtempius (2 lentelė) sudarytos maksimalaus bei minimalaus santykinio įtempių izogramos (5 ir 6 pav.).

Didesnis tektoninių įtempių pokytis pastebimas seismotektoninio potencialio zonose. Ties potencialiomis

seismogeninėmis zonomis horizontaliųjų judesių gradientų kaita intensyvesnė. Išskirtinis maksimalaus santykinio įtempio izolinių kitimas pastebimas šiaurės – Telšių bei Mažeikių lūžių zonose. Minimalaus santykinio įtempio izolinijos daugiausia kinta rytinėje ir pietrytinėje Lietuvos dalyse. Mažiau intensyvus kitimas pastebimas šiaurės – Telšių (tarp Šilalės ir Tauragės lūžių) bei Mažeikių lūžių zonose. Taip pat išskirtinos yra Vidurio Lietuvos, Jubarko bei Raseinių seismogeninės zonos. Gautieji rezultatai koreliuoja su tyrimų rezultatais A. Zakarevičiaus (2000, 2003), A. Stanionio (2005) darbuose.

Apibendrinant maksimalaus bei minimalaus santykinų įtempių pokyčių pasiskirstymą Lietuvos teritorijoje ir jų sąsają su seismotektoniniu potencialu, galima daryti prielaidą, kad Lietuvos teritorija geodinaminio požiūriu yra aktyvi. Žemės plutos deformacijų ir įtempių nustatymas yra vienas iš informacijos šaltinių prognozuojant teritorijos seismotektoninį aktyvumą.

6. Išvados

1. Svarbiausiųjų horizontaliųjų deformacijų didžiausio santykinio pailgėjimo ϵ_1 kitimo ribos yra nuo $-0,300 \cdot 10^{-6}$ iki $0,801 \cdot 10^{-6}$, mažiausias santykinis pailgėjimas ϵ_2 kinta nuo $-0,874 \cdot 10^{-6}$ iki $0,219 \cdot 10^{-6}$.
2. Iš 69 trikampių 48 trikampių dilatacija yra neigiamoji, 21 trikampio – teigiamoji. Dilatacijos kitimo ribos nuo $-1,077 \cdot 10^{-6}$ iki $0,933 \cdot 10^{-6}$.
3. Maksimalaus santykinio įtempio σ_1 kitimo ribos yra nuo $-1,404$ MPa iki $0,149$ MPa, minimalus santykinis įtempis σ_2 kinta nuo $-0,290$ MPa iki $1,225$ MPa.
4. Intensyvesnis tektoninių įtempių kitimas ties giliųjų litosferos blokų ribomis. Gautieji rezultatai susiję su Lietuvos teritorijos geologine sandara ir atspindi Lietuvos seismotektoninį foną.
5. Lietuvos teritorija geodinaminio požiūriu yra aktyvi, todėl detalesniems seismotektoninio potencialo tyrimams patartina atlikti kartotinius GPS matavimus.

Straipsnis parengtas tyrimus remiant Lietuvos valstybiniam mokslu ir studijų fondui (sutartis Nr. V-05/2009).

Literatūra

- Anikėnienė, A. 2008. *Dabartinių vertikaliųjų Žemės plutos judesių tyrimas ir modeliavimas taikant geodezinius matavimus* (Lietuvos teritorijos pavyzdžiu): daktaro disertacija. Vilnius. 126 p.
- Atkočiūnas, J.; Nagevičius, J. 2004. *Tamprumo teorijos pagrindai*. Vilnius: Technika. 528 p. ISBN 9986-05-793-0.
- Baušys, R.; Dundulis, G.; Kačianauskas, R.; Markauskas, D.; Rimkevičius, S.; Stupak, E.; Stupak, S.; Šliaupa, S. 2008. Sensitivity of dynamic behavior of the FE model: case study for the Ignalina NPP reactor building, *Journal of Civil Engineering and Management* 14(2): 121–129. doi:10.3846/1392-3730.2008.14.7
- Gamal, S. El-Fiky; Kato, T. 1998. Continuous distribution of the horizontal strain in the Tohoku district, predicted by least-squares collocation, *Journal of Geodynamics* 27(2): 213–236. doi:10.1016/S0264-3707(98)00006-4
- Hsu, R.; Li, S. 2004. Decomposition of deformation primitives of horizontal geodetic networks: application to Taiwan's GPS network, *Journal of Geodesy* 78: 251–262. doi:10.1007/s00190-004-0399-9
- Ilginytė, V. 1998a. Lietuvos seismiškai aktyvios tektoninės zonos, *Geologija* [Geology] 23: 61–64.
- Ilginytė, V. 1998b. *Lietuvos seismotektoninis aktyvumas*: daktaro disertacijos santrauka. Vilnius: Geologijos institutas. 40 p.
- Ilginytė, V.; Šliaupa, A.; Bagdanavičiūtė, I. 2003 Seismotektoninio potencialo žemėlapis, iš *Lietuvos Žemės gelmių raida ir išteklių*: žurnalo *Litosfera* leidinys. Žemėlapis Nr. 202.
- Kaiser, A.; Reicherter, K.; Hübscher, C.; Gajewski, D. 2005. Variation of the present-day stress field within the North German Basin – insights from thin shell FE modeling based on residual GPS velocities, *Tectonophysics* 397(1–2): 55–72. Elsevier Science Publishers B. V. doi:10.1016/j.tecto.2004.10.009
- Lietuvos Respublikos nutarimas „Dėl Lietuvos seisminių sąlygų įvertinimo 2007–2010 metų programos patvirtinimo“, *Valstybės žinios* 2006-09-28, Nr. 104–3970.
- Levinskaitė, D. 2009. Ignalinos atominės elektrinės regiono ekogeodinaminės rizikos vertinimas pagal GPS matavimų duomenis, iš *Mokslas – Lietuvos ateitis: Aplinkos apsaugos inžinerija* [Science – Future of Lithuania: Environment Protection Engineering] 1(4): 71–74. ISSN 2029-2341.
- Mahmoud, S. M. 2003. Seismicity and GPS-derived deformation in Egypt, *Journal of Geodynamics* 35(3): 333–352. doi:10.1016/S0264-3707(02)00135-7
- Nauja atominė elektrinė Lietuvoje* (poveikio aplinkai vertinimo ataskaita). 2008 m. spalio 22 d. 269 p.
- Pačėsa, A.; Šliaupa, A.; Satkūnas, J. 2005. Naujaisi Žemės drebėjimai Baltijos regione ir Lietuvos seisminis monitoringas, *Geologija* [Geology] 50: 8–18.
- Petroškevičius, P.; Ramanauskas, R. 1995. Lietuvos valstybinio GPS tinklo sudarymas, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 21(1): 3–20.
- Skeivalas, J.; Paršeliūnas, E.; Ramanauskas, R. 1995. Lietuvos GPS pirmosios klasės tinklo matavimų rezultatų apdorojimas ir išlyginimas, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 21(1): 21–30.
- Skeivalas, J. 2008. *GPS tinklų teorija ir praktika*. Vilnius. 288 p. ISBN 978-9955-28-228-0. doi:10.3846/1450-M
- Stanionis, A. 2005. *Žemės plutos judesių Ignalinos atominės elektrinės rajone tyrimas geodeziniais metodais*: daktaro disertacija. Vilnius: VGTU. 124 p.
- Šliaupa, S.; Šliaupa, A.; Zakarevičius, A.; Ilginytė, V. 2004. Tektoninių procesų tendencijos neotektoniniame etape ir jų prognozė, iš *Lietuvos Žemės gelmių raida ir išteklių*: žurnalo *Litosfera* leidinys, 610–613.
- Tesauro, H.; Hollenstein, C.; Egli, R.; Geiger, A.; Kahle, H. G. 2006. Analysis of central western Europe deformation using GPS and seismic data, *Journal of Geodynamics* 42(4–5): 194–209. doi:10.1016/j.jog.2006.08.001
- Tyshkov, S. A.; Kuchai, O. A.; Bushenkova, N. A.; Kalmietieva, Z. A. 2008. Current crustal deformation in the northern Tien Shan: GPS and seismological data, *Russian Geology and Geophysics* 49(4): 280–290. doi:10.1016/j.rgg.2007.05.006
- Zakarevičius, A. 1994. *Dabartinių vertikaliųjų Žemės plutos judesių tyrimas Lietuvos teritorijoje*. Vilnius. 276 p.
- Zakarevičius, A. 2000. Lietuvos teritorijos Žemės plutos dabartinio geodinaminio aktyvumo ir neotektoninio fono sąsajos, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 26(3): 111–115.
- Zakarevičius, A. 2003. *Dabartinių geodinaminio procesų Lietuvos teritorijoje tyrimas*. Vilnius. 195 p. ISBN 9986-05-691-8.
- Zakarevičius, A.; Stanionis, A. 2004. Geodinaminio Žemės plutos įtampų pokyčiai Ignalinos atominės elektrinės regione, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 30(4): 107–111.

- Zakarevičius, A.; Stanionis, A. 2005. Žemės plutos horizontalių judesių tyrimas *Ansys* programa, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 31(1): 3–7.
- Zakarevičius, A.; Stanionis, A. 2006. Žemės plutos erdvinio deformacijų nustatymas taikant GPS matavimų duomenis, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 32(1): 88–91.
- Zakarevičius, A.; Stanionis, A. 2007. Erdvinių geodinaminių įtempių tyrimas pagal geodezinių matavimų rezultatus, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 33(1): 21–25.
- Zakarevičius, A.; Aksamitauskas, V. Č.; Stanionis, A.; Levinskaitė, D. 2009. Erdvinių Žemės plutos judesių apibendrintųjų charakteristikų nustatymas pagal GPS matavimų duomenis, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 35(4): 126–130.
doi:10.3846/1392-1541.2009.35.126-130

Algimantas ZAKAREVIČIUS. Prof., Dr Habil at the Department of Geodesy and Cadastre, Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. Ph +370 5 237 0630, Fax +370 5 274 4705, e-mail: *Algimantas.Zakarevicius@vgtu.lt*.

A graduate from Kaunas Polytechnic Institute (now Kaunas University of Technology, geodetic engineer, 1965. Doctor's degree at Vilnius University, 1973. Dr Habilis degree at VGTU, 2000. A member of the Geodetic Commission of Estonia,

Latvia and Lithuania. Research training at Geodetic Institute of Norwegian Mapping Authority, 1994. The author of more than 150 publications and 3 monographs.

Research interests: investigations into the recent geodynamics processes, formulation of geodetic networks.

Arminas STANIONIS. Assoc. Prof., Dr at the Dept of Geodesy and Cadastre, Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. Ph +370 5 237 0629, Fax +370 5 274 4705, e-mail: *Arminas.Stanionis@vgtu.lt*.

A graduate from Vilnius Gediminas Technical University (VGTU) (Master of Science, 2002). Doctor's degree at VGTU, 2005. The author and co-author of more than 30 research papers. Participated in a number of international conferences.

Research interests: investigations geodynamics processes, GIS, investigations of deformations.

Daiva LEVINSKAITĖ. Doctoral student at the Dept 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: *gkk@ap.vgtu.lt*.

A graduate from Vilnius Gediminas Technical University (VGTU) (Master of Science, 2008 A co-author of more than 2 publications.

Research interests: investigations geodynamics processes, investigations of deformations.