

LIETUVOS VALSTYBINIS GEODEZINIS VERTIKALUSIS TINKLAS: ŠIUOLAIKINĖS TENDENCIJOS IR ATEITIES PERSPEKTYVOS

Kotryna VAŠČIŪNAITĖ*, Romuald OBUCHOVSKI

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Aplinkos inžinerijos fakultetas,
Geodezijos ir kadastro katedra, Vilnius, Lietuva*

**El. paštas kotryna.vasciunaite@stud.vilniustech.lt*

Gauta 2025 m. vasario 24 d.; priimta 2025 m. kovo 17 d.

Santrauka. Straipsnyje nagrinėjamas Lietuvos valstybinis geodezinis vertikalusis tinklas, jo svarba bei atitikimas šiuolaikiniam poreikiams. Siekiant užtikrinti tinklo duomenų tikslumą ir patikimumą aptariami dabartiniai techniniai reikalavimai, kuriuos tinklas turi atitikti. Remiantis 5-ojo poligono pakartotiniais matavimais, įvertinta Lietuvos pirmosios klasės vertikaliojo tinklo dabartinė būklė ir raidos tendencijos. Apžvelgiama tinklo raidos istorija, esama būklė, pokyčiai, apribojimai ir problemos, su kuriomis susiduriama. Galiausiai, aptariamos valstybinių vertikalųjų tinklų ateities perspektyvos, galimos tendencijos, grėsmės ir siūlomi problemų sprendimai. Straipsnis baigiamas išvadomis ir pasiūlymais, kaip užtikrinti tinklo patikimumą ir ilgaamžiškumą ateityje.

Reikšminiai žodžiai: geodezinis ženklas, poligonas, vertikalusis tinklas.

1. Įvadas

Siekiant nustatyti Žemės paviršiuje vykstančius vertikaluosius judesius, reikia turėti stabilų šalies geodezinį pagrindą. Šis pagrindas sudarytas iš geodezinių tinklų, kuriuose įdiegta vieninga koordinacių ir aukščių sistema. Vietovėje geodezinis pagrindas įtvirtinamas grūntiniais ir sieniniais geodeziniais ženklais. Siekiant nustatyti patikimus pokyčių rezultatus, reikalingas ypač kokybiškas šių ženklų įtvirtinimas. Punktų vietos turi būti parinktos ypač kruopščiai, užtikrinant jų stabilumą bei apsaugą nuo galimo sunaikinimo. Geodezinio vertikaliojo pagrindo tinklo būsenos analizė atlikta remiantis Lietuvos valstybinio vertikaliojo tinklo pirmosios klasės 5-ojo poligono duomenimis. Poligoną sudaro linijos: Kazlų Rūda–Šeštokai–Lazdijai, Jonava–Vilnius, Lazdijai–Margionys–Tribonys–Vilnius, Kazlų Rūda–Jonava. Naudojant šio poligono duomenis, įvertintos geodezinių punktų sunaikinimo priežastys ir pateikta tinklo būklės prognozė.

Šio darbo tikslas yra įvertinti valstybinio geodezinio vertikaliojo tinklo būklę bei surasti sprendimo būdų situacijai gerinti.

2. Lietuvos valstybinis geodezinis vertikalusis tinklas

Lietuvoje niveliacijos darbai pradėti 1888 m., kai vakarinė šalies teritorijos dalis priklausė didžiausią pažangą niveliacijos srityje pasiekusiai Prūsijos imperijai. Pirmoji linija Mikytai 7864 – Lauksargiai 7874 sudarė prielaidas aukščių sistemos diegimui Lietuvos žemėse. Vėliau markė 7874 buvo panaudota kaip pradinis taškas 1930–1940 m. formuojant pirmąją Lietuvos niveliacijos tinklą, kurio bendras ilgis siekė 2010 km. Pirmosios linijos buvo tiestos palei naujai nutiestus geležinkelius (Krikštaponis, 2012).

Valstybinio geodezinio vertikaliojo tinklo svarbiausias sudarymo tikslas – nustatyti geopotencialinius aukščius ir garantuoti aukščių sistemos vieningumą visoje šalies teritorijoje (Petroškevičius, 2004). Matavimų rezultatai panaudojami vertikaliesiems Žemės paviršiaus pokyčių stebėjimams – grunto stabilumui, duomenys naudojami sudarant bendras kontinentines ir pasaulio aukščių sistemas, tikslinant Lietuvos teritorijos, Europos ir Pasaulio geoido modelius, tiriant Baltijos ir kitų jūrų bei vandenynų lygių kitimą (Krikštaponis, 2012). Vertikaliojo tinklo punktai itin svarbūs statybos

ir inžineriniuose projektuose – tiek projektavimo darbai, tiek deformacijų stebėsenai (monitoringui). Šis tinklas taip pat svarbus valstybės sienai žymėti. Punktų koordinatės vertikalajame tinkle nustatomos 1994 m. valstybinėje Lietuvos koordinacijų sistemoje LKS94, geopotencialinis aukštis – valstybinėje Lietuvos aukščių sistemoje LAS07, o sunkio pagreitis nustatomas Lietuvos sunkio sistemoje LSS07.

Vertikalusis tinklas turi būti sudarytas remiantis GKTR 2.12.01:2001 „Lietuvos valstybinis geodezinis vertikalusis tinklas“ techninių reikalavimų reglamentu (Valstybinė geodezijos ir kartografijos tarnyba prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės, 2001). Šie nuostatai apibrėžia, kad vertikaliojo tinklo punktų tankumas ir matavimų tikslumas turi atitikti tarptautinius standartus. Tinklas turi būti susietas su esamais Lietuvos bei Europos geodeziniais tinklais, jo struktūra – suderinta su šalies litomonitoringo sistema. Tinklo sudarymo projektus, matavimų terminus, nuoseklumą ir atlikimo datas nustato Valstybinė geodezijos ir kartografijos tarnyba prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės (VGKT).

Vertikaliojo tinklo sudarymo darbai prasideda nuo linijų projektavimo, informacijos surinkimo apie esamus geodezinius punktus ir punktų rekognoskavimo suprojektuotose linijose. Rekognoskuojant surandami ir apžiūrimi esami ženklai, įvertinama jų būklė, parenkamos vietos naujiems punktams įrengti (Tamutis ir kt., 1996). Gruntinių atraminių reperų paieškai skiriamas ypatingas dėmesys, kadangi jie būna išsidėstę 40–60 km atstumu (Kazakevičius ir kt., 1999). Atraminiai reperiai fiksuoja linijų atkarpų pradžią ir pabaigą. Remiantis linijų duomenimis atliekamas tinklo duomenų apdorojimas ir išlyginimas, taikant racionaliausią mažiausiųjų kvadratų metodą (Skeivalas, 2012).

Vertikaliojo tinklo punktas vietovėje įtvirtinamas gruntiniu arba sieniniu geodezinio ženklu. Sudarant niveliacijos tinklą naudojami esami tinkamos konstrukcijos geodeziniai ženklai, o prireikus įrengiami ir nauji. Visi ženklai koduojami penkiaženkliais numeriais: pirmasis skaitmuo žymi klasę, o antrasis – ženklo rūšį (0 – gruntinis, 5 – sieninis reperis). Rekomenduojamas atstumas tarp gretimų punktų yra 1,5–2,5 km. (Kazakevičius ir kt., 1999).

Pagal techninių reikalavimų reglamentą GKTR 2.12.01:2001, gruntinis ženklas būna gelžbetoninės ar metalinės konstrukcijos. Viršutinė markė privalo būti įtvirtinta žemiau įšalo ribos gerai drenuojamame grunte, o ženklo apačia turi būti įgilinta ne mažiau kaip 1,8 m. Ženklo vietą žymi apkasimas ir sargelis. Tokie punktai išdėstomi linijose ne rečiau kaip kas 6 km (miestai neįskaitomi). Sieninis ženklas – metalinis strypas su galvute, kurio galas įtvirtintas sienoje ne mažiau kaip 0,1 m gylyje ir 0,3–0,6 m aukštyje nuo žemės paviršiaus, 3

metrų matuoklė ant sieninio reperio turi būti pastatoma be trukdžių.

Naujai įtvirtinami gruntiniai ženklai turi užtikrinti matomumą niveliacijos metu bei atvirą dangaus skliautą GPNS matavimams, kad būtų lengvai pastebimi, nekliudytų ūkinei veiklai. Nauji sieniniai ženklai įtvirtinami į stabilius, gero stovio mūrinius, betoninius ar gelžbetoninius statinius, kurių pastatymo amžius siekia 10 metų. Parinkus sieninio reperio įtvirtinimo vietas, ženklų statymas derinamas su pastatų (statinių) savininkais arba naudotojais. Matavimai nuo sieninių ženklų leidžiami praėjus savaitei nuo jų įrengimo, gruntinių – praėjus vienam žiemos sezonui (Valstybinė geodezijos ir kartografijos tarnyba prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės, 2001).

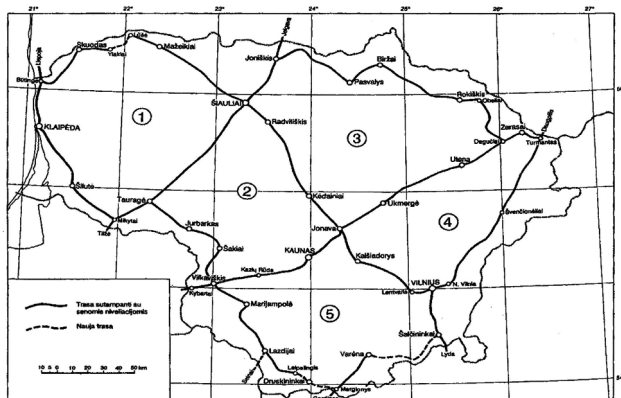
Geodezinis vertikalusis tinklas skirstomas pagal tikslumą į keturias klases. Pirmosios klasės tinklas yra pats svarbiausias ir tiksliausias, jis apima visą valstybės teritoriją (Stepanovienė ir Tumelienė, 2011). Aukščių skirtumas tarp pirmosios klasės vertikaliojo tinklo punktų nustatomas didžiausiu įmanomu tikslumu, naudojant pačius tiksliausius prietaisus ir matavimo metodus. Kiekvienas ėjimas niveliuojamas tiesiogine ir atgaline kryptimi, atliekant dvigubus ėjimus, geometrinio niveliavimo principu (Tamutis ir kt., 1996).

3. Lietuvos pirmosios klasės vertikaliojo tinklo šiuolaikinė tendencija

Lietuvos valstybinis geodezinis vertikalusis pirmosios klasės tinklas buvo sudarytas 1998–2008 m. Tinklo įrengimo darbus organizavo ir atliko VILNIUS TECH Geodezijos instituto specialistai. Naujai sudarytas tinklas yra susietas su analogiškais Lenkijos ir Latvijos tinklais. Precizine niveliacija išmatuotas tinklo linijų ilgis siekia 2013,55 km. Šiose linijose įrengta 1418 gruntiniais ir sieniniais ženklais įtvirtintų punktų, iš kurių net 63 % buvo įrengti naujai. Pagal techninių reikalavimų reglamentą GKTR 2.12.01:2001 „Lietuvos valstybinis geodezinis vertikalusis tinklas“, tinklo matavimai turi būti kartojami ne rečiau kaip kas 20 metų. Atsižvelgiant į šį reikalavimą, 2023 m. buvo pradėti 5-ojo poligono atnaujinimo darbai.

Pirmosios klasės valstybinio niveliacijos tinklo linijos sudaro 5 poligonus, kurių tinklas pavaizduotas (1 paveikslas). 2023 m. užbaigtas tinklo 5-ojo poligono atnaujinimas, kurio perimetras 509,16 km. Šis poligonas susideda iš 4 linijų: Kazlų Rūda–Šeštokai–Lazdijai, Jonava–Vilnius, Lazdijai–Margionys–Tribonys–Vilnius, Kazlų Rūda–Jonava. Be to, poligonas yra susietas su Lenkijos niveliacijos tinklais. Remiantis 1998–1999 m. duomenimis, 5-asis poligonas buvo sudarytas iš 349 ženklų. Rekognoskuotose linijose per 24–25 metus prarasti

82 punktai (23,5 %), iš jų – 78 sieniniai, 3 gruntiniai ir 1 atraminis.



1 paveikslas. Lietuvos valstybinio geodezinio vertikaliojo tinklo pirmosios klasės schema

5-ojo poligono linijų punktų statistiniai duomenys pateikti 1 lentelėje. Linijoje Jonava–Vilnius iš viso buvo registruoti 76 punktai, iš kurių 22 sunaikinti: 21 sieninis ir 1 atraminis. Dažniausia punktų praradimo priežastis šioje atkarpoje – pastatų renovacijos darbai, kurių metu sieninių markių konstrukcijos buvo pažeistos negrįžtamai. Dėl šių pažeidimų reperiai tapo netinkami tolesniems matavimams. Atraminio reperio sunaikinimo priežastis – virš jo nutiestas asfaltuotas kelias. Kitos punktų sunaikinimo priežastys pateiktos 2 lentelėje, šioje lentelėje pateikti ir kitų linijų duomenys. Bendras

punktų sunaikinimo priežasčių grafikas pateiktas – 3 paveikslėlyje. Linijoje Jonava–Vilnius iš 22 sunaikintų punktų, atkurti 23: 6 sieninio ir 17 gruntinio tipo ženklų. Poligono linija, po sunaikintų reperių atkūrimo susidarė iš 77 punktų.

Daugiausiai sunaikinta sieniniais ženklais įtvirtinti punktai, ypač linijoje Kaišiadorys–Kybartai geležinkelio statiniuose. Praktikoje pasitaiko tokių atvejų, kai ant gruntinių punktų būna užpilamas statybinis laužas, užverčiami akmenys, ar būna apariami ūkininkų. Viena iš situacijų pateikiama 2 paveiksle. Tokie reperiai tampa niveliacijai nebetinkami ar neprieinami.



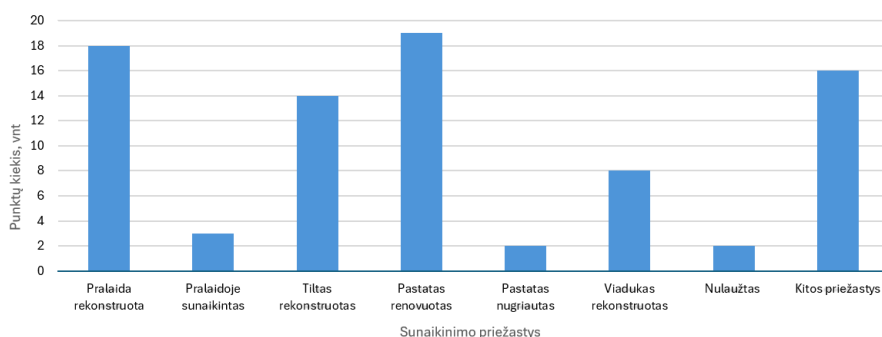
2 paveikslas. Ant gruntinio reperio užvirstęs akmuo

1 lentelė. Vertikaliojo tinklo pirmosios klasės 5-ojo poligono punktų statistika

Eil. Nr.	Linija	1998–1999 m. punktų kiekis	Neišlikę punktai	Atkurti punktai	2023 m. punktų kiekis
1	Lazdijai–Margionys–Tribonys–Vilnius	154	17 (17 sieninių)	15 (7 sieniniai, 8 gruntiniai)	152
2	Kazlų Rūda–Šeštokai–Lazdijai	51	24 (22 sieniniai, 2 gruntiniai)	23 (5 sieniniai, 18 gruntinių)	50
3	Jonava–Vilnius	76	22 (21 sieninis, 1 atraminis)	23 (6 sieniniai, 17 gruntinių)	77
4	Kazlų Rūda–Jonava	68	19 (18 sieninių, 1 gruntinis)	16 (8 sieniniai, 8 gruntiniai)	65
	Viso	349	82	77	344

2 lentelė. Vertikaliojo tinklo pirmosios klasės 5-ojo poligono punktų neišlikimo priežastys

Eil. Nr.	Linija	Pralaida rekonstruota	Pralaidoje sunaikintas	Tiltas rekonstruotas	Pastatas renovuotas	Pastatas nugriautas	Viadukas rekonstruotas	Nu-laužtas	Kitos priežastys
1	Lazdijai–Margionys–Tribonys–Vilnius	1	-	2	6	2	3	1	2
2	Kazlų Rūda–Šeštokai–Lazdijai	12	1	3	1	-	1	1	5
3	Jonava–Vilnius	-	2	4	7	-	3	-	6
4	Kazlų Rūda–Jonava	5	-	5	5	-	1	-	3
	Viso	18	3	14	19	2	8	2	16



3 paveikslas. 5-ajame poligone sunaikintų punktų kiekis ir priežasčių grafikas

Vertikaliojo tinklo 5-tame poligone dauguma naujai įrengtų gruntinių ženklų išdėstyti palei geležinkelius. Sieniniai reperiai atstatyti ant tiltų, pralaidų, viadukų, užtvankų, pastatų. Iš viso naujai įrengti 77 reperiai: 26 sieniniai ir 51 gruntinis. Tikimasi, kad šie naujai įrengti ženklai bus atsparesni sunaikinimui, nes tinkle sumažėjo sieninių reperių dalis. Išlikę sieniniai reperiai yra labai svarbūs tinklui. Tyrinėjame 5-ame poligone vis dar išlikę 33 senieji reperiai, įrengti 1930–1937 m., tiek lenkiško, tiek lietuviško tipo.

2023 m. atnaujinus 5-ąjį poligoną, bendras punktų skaičius buvo 5 mažesnis nei 1998–1999 m. Šio poligono niveliacijos linijas, pagal naujausius 2023 m. duomenis, jungia 344 punktai, iš jų – 194 gruntiniai, 137 sieniniai ir 13 atraminio tipo ženklai. Atkuriant geodezinius punktus, laikytasi Lietuvos valstybinio geodezinio vertikaliojo tinklo sudarymo reikalavimų nuostatų tinkamam geodezinių punktų tankiui išlaikyti. Atkurtiems punkтам, kurie kodo neturėjo, suteikti nauji, atsižvelgiant į punkto geodezines koordinatas bei tipą.

4. Valstybinių vertikalųjų tinklų perspektyvos

Pirmosios klasės vertikaliojo tinklo linijos tiesios palei geležinkelius, prie kurių anksčiau buvo žvyro keliai. Dauguma šių kelių dabar išnykę, apaugę, tapę neparažiuojami. Geležinkelių linijose remontuojant bėgius, pralaidas, tiltus – punktai dažnu atveju neišsaugomi ir yra sunaikinami. Tose vietose naujų reperių įrengimo galimybės yra ribotos, ypač sieninių markių, kadangi galioja geležinkelių kelių, įrenginių ir statinių apsaugos zonų reglamentai. Mažėjančiuose kaimuose ir miesteliuose nyksta neprižiūrimi pastatai, ant kurių anksčiau buvo įrengti sieniniai reperiai. Dėl neprižiūrimų statinių mažėja galimybės įrengti naujas sienines markes. Vis dėlto sieninių reperių pagrindinis privalumas yra tai, kad įrengimas reikalauja mažiau laiko ir finansinių sąnaudų, įrengus naują sieninę markę matavimus galima atlikti dar tą patį darbų sezoną. Todėl ten, kur įmanoma, stengiamasi įrenginėti sienines markes.

Gruntinio punkto saugumui ypač svarbus apkasimas ir sargelis. Praktikoje pasitaiko atvejų, kai punktai neturi apkasimo, o sargeliai būna pavirtę, sunaikinti ar perkelti į kitą vietą. Tokiais atvejais reperio suradimas vietovėje tampa sudėtingesnis. Be to, gruntiniai punktai dažnu atveju būna apaugę krūmais, o tai dar labiau komplikuoja geodezinio ženklo suradimą. Tokiais atvejais būtų tikslinga skirti papildomą punktų priežiūrą tarp tinklo atnaujinimo darbų – apžiūrėti punktus bent kas 10 metų. Taip būtų užtikrinama tinkama punktų būklė ir jų prieinamumas.

Remiantis 2019 m. Lietuvos Respublikos specialiųjų žemės naudojimo sąlygų įstatymo 124 ir 125 straipsniais (Lietuvos Respublikos Seimas, 2019), apsaugos zoną gruntiniams reperiams sudaro 1 m pločio žemės juosta aplink ženklą nuo išorinės jo ribos. Pagal GKTR 2.12.01:2001 reglamentą, visi valstybinio geodezinio vertikaliojo tinklo punktai perduodami apsaugai žemės ar pastato savininkui, naudotojui. Tuo atveju, kai punktas yra Valstybinio žemės fondo teritorijoje, jo apsaugą perima atitinkama vietos savivaldos administracija. Sudaromi trys punkto perdavimo apsaugai akto egzemplioriai, jie įteikiami žemės (pastato) savininkui arba naudotojui, savivaldybių žemėtvarkos ir geodezijos tarnybai bei VGKT (Valstybinė geodezijos ir kartografijos tarnyba prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės, 2001).

Naujai įrengiamus punktus būtų pravartu žymėti papildoma informacine lentele, kad būtų išvengta atsitiktinio sunaikinimo, o savininkams, kuriems ant priklausančių pastatų ar statinių jau yra įtvirtintas geodezinis ženklas, išsiųsti priminimus apie šių ženklų paskirtį. Ši informacija būtų aktualiausia savininkams, kuriems ant priklausančių pastatų yra 1930–1940 m. reperiai.

5. Išvados

1. Vertikalusis tinklas turi ilgalaikę mokslinę ir praktinę vertę, dėl šios priežasties ypač svarbu palaikyti tinklo ilgaamžiškumą ir nuolatinę priežiūrą.

2. Vis labiau apsunkinamos punktų įrengimo galimybės. Geležinkelio infrastruktūros rekonstrukcija

ir nykstančios kaimų vietovės mažina sieninių reperių įrengimo galimybes. Atstatant sunaikintus punktus 5-ajame poligone, didžioji dalis sieninių reperių buvo pakeisti gruntiniais. 5-ojo poligono analizė parodė, kad nuo 1998–1999 m. 95 % sunaikintų punktų sudarė sieniniai reperiai. Atstatant šiuos punktus, dalis jų buvo pakeisti gruntiniais, tarp atstatytų punktų sieniniai reperiai sudarė nepilnai 34 %.

3. Pirmosios klasės vertikaliojo tinklo geodezinių ženklų sunaikinimo skaičius sumažėjo. 1998–2008 m. tinklo poligonų atkurtų punktų vidurkis siekė 63 %, o 2023 m. atnaujintame 5-ajame poligone atkurti punktai sudarė 22,5 %.

4. Valstybinio geodezinio vertikaliojo tinklo punktų ilgaamžiškumui ir patikimumui užtikrinti tikslinga daugiau dėmesio skirti techninei punktų apsaugai (įrengiama tinkamomis sąlygomis – gerai drenuojamame grunte ar ant nusistovėjusių pastatų, statinių); periodiškai atlikti punktų apžiūrą bent kas 10 metų; atnaujinti teisės aktus, didinant atsakomybę už tinklo punktų sunaikinimą.

Padėkos

Dėkojame doc. dr. Boleslovui Krikštaponiui už pagalbą analizuojant duomenis straipsnio rengimo procese.

Literatūra

- Valstybinė geodezijos ir kartografijos tarnyba prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės. (2001). *Lietuvos valstybinis geodezinis vertikalusis tinklas* (GKTR 2.12.01:2001). <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.129159?-jfwid>
- Kazakevičius, S., Petroškevičius P. ir Zakarevičius, A. (1999). Lietuvos geodezinio vertikaliojo tinklo sudarymo principai. *Geodezija ir Kartografija*, 25(2), 47–59. <https://doi.org/10.1080/13921541.1999.10552839>
- Krikštaponis, B. (2012). *Geodezija: niveliavimas ir topografinės nuotraukos* [mokomoji knyga]. Technika. <https://doi.org/10.3846/1272-S>
- Lietuvos Respublikos Seimas. (2019). *Lietuvos Respublikos specialiųjų žemės naudojimo sąlygų įstatymas* (2019, birželio 6, Nr. XIII-2166). <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/46c841f290cf11e98a8298567570d639>
- Petroškevičius, P. (2004). *Gravitacijos lauko poveikis geodeziniam matavimams* [mokomoji knyga]. Technika.
- Skeivalas, J. (2012). Geodezinio vertikaliojo tinklo išlyginimo modelis eliminuojant sistemingąsias klaidas. *Geodezija ir Kartografija*, 33(2), 47–49. <https://doi.org/10.3846/13921541.2007.9636716>
- Stepanovienė, J. ir Tumelienė, E. (2012). *Inžinerinė geodezija* [mokomoji knyga]. Technika. <https://doi.org/10.3846/1233-S>
- Tamutis, Z., Žalnierukas, A., Kazakevičius, S. ir Petroškevičius, P. (1996). *Geodezija 2* [vadovėlis]. Mokslo ir enciklopedijų leidykla.

CURRENT TRENDS AND FUTURE PERSPECTIVES OF THE LITHUANIAN NATIONAL GEODETIC VERTICAL NETWORK

K. VAŠČIŪNAITĖ, R. OBUCHOVSKI

Abstract. The article discusses the condition of the Lithuanian National Geodetic Vertical Network. It reviews the history of the vertical network's establishment and contemporary needs. The article examines the technical regulation GKTR 2.12.01:2001, which outlines the requirements to ensure network quality. The analysis uses data from the first geodetic network's establishment between 1998 and 2008 and data from the 2023 renewal of the vertical network's 5th polygon to assess and determine the condition of existing geodetic marks. The study showed that the installation of geodetic marks is becoming increasingly challenging. Also, the research revealed that the number of destroyed geodetic marks has decreased. More attention should be given to the technical protection of geodetic marks and updating legal regulations to ensure the longevity of geodetic networks.

Keywords: geodetic vertical network, geodetic mark, polygon.