

Valsts augstuma izejas līmeņa noteikšana

Martins Reiniks, *Riga Technical University*, Maris Kalinka, *Riga Technical University*,
Jazeps Lazdans, *Riga Technical University*, Janis Klive, *Riga Technical University*,
Baiba Ratkus, *Riga Technical University*

Kopsavilkums - Latvijas teritorijā lietotai normālo augstumu sistēmai (Baltijas 1977. gada normālo augstumu sistēma) nav sava fiziska izejas līmeņa, jo tas noteikts un teorētiski aprēķināts no Kronšates markas (Krievija). Darbs saistīts ar plašu izmantošanu, nosakot ģeogrāfiskās vietas augstumu virs jūras līmeņa Eiropas Vertikālā atskaites sistēmā. Rezultātā darba grupa ieteic kā nulles punktu „Sloka”, kā arī punktus Kolkā, Priekulē, Ainažos, Demenē, Alūksnē, Zilupē. Būtiskā problēma ir oficiālas un plašas pieejas ģeogrāfiskajai informācijai trūkums, kā arī koordinātu „telpas”, tai skaitā augstumu sistēmas trūkums. Aprēķinot elipsoidālās GNSS koordinātas iegūstam iespēju sekot augstumu izmaiņām.

Atslēgas vārdi - precīzā nivelēšana, ģeometriskā nivelēšana, GNSS metode

I. PRECĪZO NIVELĒJUMU UN ZEMES GAROZAS VERTIKĀLO KUSTĪBU ANALĪZE

Lai iegūtu Zemes vertikālo kustību modeli, tiek aplūkoti un analizēti pieejamie precīzās nivelēšanas dati. Plašāku valsts teritoriju aptveroši precīzās nivelēšanas darbi Latvijā ir veikti 3 reizes:

1. Latvijas Valsts 1. klases tīkla nivelēšana no 1929. līdz 1939. gadam, 1940. gada augstumu katalogs (V. Salnājs „Latvijas PSR precīzā nivelēšana”). Nivelēšanas tīklu veido 1262 aprēķinātie augstuma punkti. Par izejas augstumu pieņemta Priekules apakšzemes reperu grupas repera „Sr 6” atzīme, kuras augstumi tika piesaistīti mareogrāfu vidējā jūras līmeņa novērojumiem.
2. PSRS Valsts 1. un 2. klases tīkla nivelēšana no 1945. līdz 1990. gadam, PSRS Galvenās Ģeodēzijas un kartogrāfijas pārvaldes augstumu katalogi, apkopoti atbilstoši karšu lapām mērogā 1:200 000.
3. Šos datus var izmantot tikai kā mērījumu precizitātes un aprēķināto Zemes garozas kustību apliecinātājus, jo PSRS katalogos dotajiem augstumiem nav skaidri izteiktas laika piesaistes, punktu augstumi pieņemti par nemainīgiem, un tos aprēķinot, izmantoti ilgā laika periodā veikti mērījumi.
4. Latvijas Valsts 1. klases tīkla nivelēšana no 2000. līdz 2010. gadam, vēl nenobeigtu mērījumu darba dati. Pastāvošā augstumu sistēma Latvijā līdz šim balstās uz diviem pirmajiem nivelējumiem. Jaunākie, pašlaik veicamie, nivelējumi ļauj papildināt un precizēt izmaiņas Valsts nivelēšanas tīklā, bet kopā ar iepriekš

veiktajiem nivelējumiem paver iespēju aprēķināt Zemes garozas kustības un prognozēt turpmākās punktu augstumu izmaiņas. Darbā izmantoti savietotie atbalstpunkti - visos nivelējumos iekļautie reperi un markas. Veicot padziļinātu analīzi, daļa mērījumu ir papildināti ar datu korekcijām. Būtiskākās, kas tiek ņemtas vērā precīzās nivelēšanas darbos ir: korekcija par vides temperatūras ietekmi uz invara latu, korekcija par pāreju uz normālo augstuma sistēmu, gravimetrisko mērījumu korekcija novērojuma punktā un normālo smaguma spēka paātrinājums uz rotācijas elipsoīda GRS80. Analizējot kopumā 9 pirmās klases nivelēšana poligonus (pēc paveiktiem 2009. gada mērījumiem, veidosies 10 poligoni (1.att.)), visā Valsts teritorijā poligonu nesaistes iekļaujas ielājamās robežās. Tomēr jānorāda, ka piecos no deviņiem poligoniem, nesaistes ir tuvu maksimālajām (skat.1.att.).

Pielājamās 1. klases nivelēšanas gājienu nesaistes Δh poligonā aprēķinātas atbilstoši I, II, un III klases nivelēšanas instrukcijas (Latvijas Republikas Valsts zemes dienests, 2000.g.) prasībām pēc sakarības:

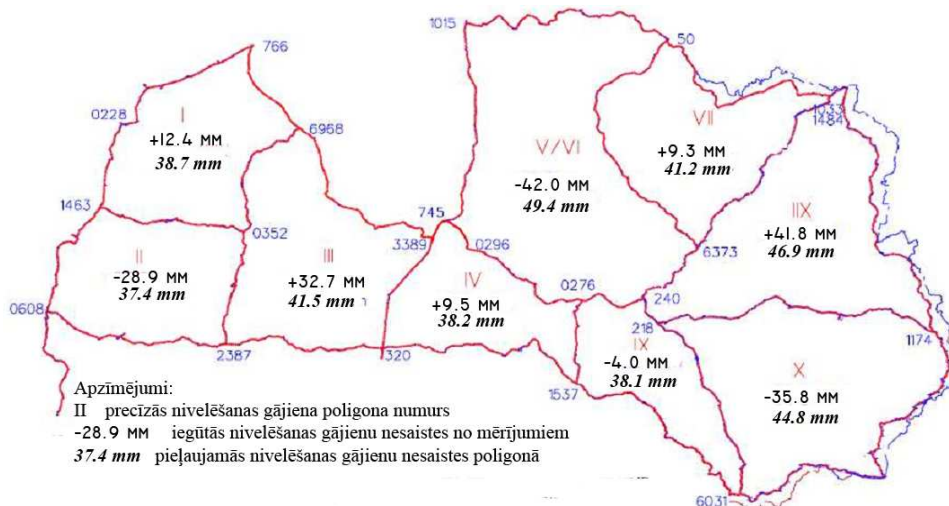
$$\Delta h = 2mm\sqrt{L}[mm] \quad (1.1)$$

kur, L – poligona perimetrs kilometros.

Aplūkojot atsevišķu poligonu, tā perimetru, izmantoto punktu daudzumu ļauj iekļauties 30 – 40 mm nesaistes robežās. Tomēr blakus esošiem poligoniem Nr. II un III, IIX un X, kopīgais V/VI un IIX iegūtā nesaiste ir ar matemātiski pretēju zīmi (skat.1.att.). Tas netieši norāda, ka šajos poligonos vēl varētu meklēt uzlabojumus, kas ļautu krietni samazināt katra poligona nesaisti, un kopumā uzlabotu nivelēšanas gājienā iekļauto ģeodēzisko punktu aprēķinātos augstumus. Šo uzlabojumu meklējumiem ir nepieciešami virkne papildus datu – nivelēšanas projekta materiāli, mērījumu lauka žurnāli, niveliera mērījumu elektroniskie dati, punktu abrisi, u.c. materiāli. Šādu darbu veikšana nebija šī projekta izvirzītajos mērķos, minētie papildus materiāli atrodas pie darbu veicējiem (LĢIA) un visu „aizdomīgo” vietu izpētei būtu nepieciešams vairāk laika. Aplūkojot visus iegūtos pirmapstrādes rezultātus, jārēķinās, ka poligonos ar lielām nesaistēm (II, III, V, IIX, X) būs nepieciešami atkārtoti lauka mērījumi problemātiskās vai „aizdomīgajās” vietas.

Kopumā veiktie mērījumi ir labi, kas ļauj cerēt un izteikt prognozi, ka poligonu nesaistes varētu sasniegt 8 – 12 mm. Tātad atsevišķās vietās vēl varētu būt trīs četras reizes augstāks uzlabojums. Ģeodēzisko punktu pirmapstrādē aprēķinātos augstumus turpmāk darbā var izmantot analizējot savietotos ģeodēziskos punktus, transformācijas starp augstumu sistēmām, veidojot Zemes vertikālo kustību modeli, nosakot nulles punktu un atbalstpunktus.

Lai Zemes garozas vertikālās kustības vieglāk analizētu un reducētu uz īsākiem vai garākiem laika posmiem, tālākā apstrādē ir izmantots 10 gadu periods. Iegūtās augstuma izmaiņas 10 gadu periodā grafiski attēlotas ar izolīnijām (skat.2.att.). Projekta izstrādes laikā izveidoti vairāki vertikālo kustību modeļi. Daļēji tas saistīts ar izvēlēto un izmantoto punktu ticamību. Vairākos vertikālo kustību modeļos daži punkti veido nepamatoti kļūdainu deformētu izolīniju



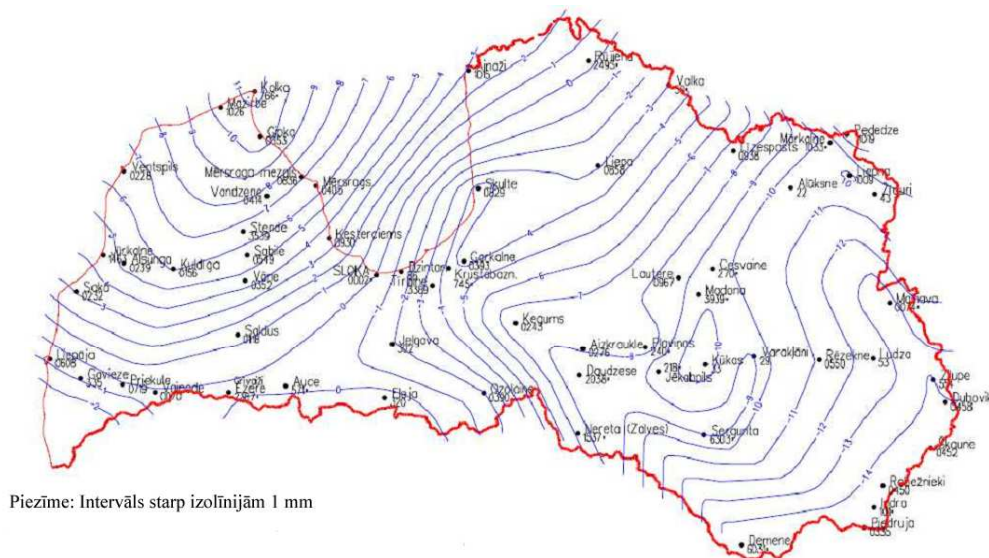
1.att. Poligonu iegūtās un pieļaujamās nesaistes

II. ZEMES VERTIKĀLO KUSTĪBU MODELIS

Kā viens no mērījumu rezultātu ietekmējošiem faktoriem ir Zemes vertikālās kustības, kuras notiek arī mērīšanas 10 gadu periodā. Pilnīgai Zemes vertikālo kustību noteikšanai izmantoti tika Latvijas Valsts 1.klases tīkla nivelēšanas dati no 1929. līdz 1939.gadam un Latvijas Valsts 1. klases nivelēšanas dati no 2000. līdz 2010. gadam (mērījumu darba dati). Tas ataino ģeodēzisko punktu augstumu izmaiņas 70 gadu garā periodā

attēlojumu. Analizējot šo ģeodēzisko punktu aprakstu un izvietojumu secināts, ka daļa atrodas dzelzceļa staciju ēkas vai tiešā dzelzceļa līniju tuvumā (Sm0228 Ventspils dzelzceļa stacijā, Sm335 Gaviezas stacija, Sm101 Indras stacija). No ģeodēziskiem punktiem, kas pakļauti stiprām, ilggadīgām un lokālām deformācijām, ir jāizvairās.

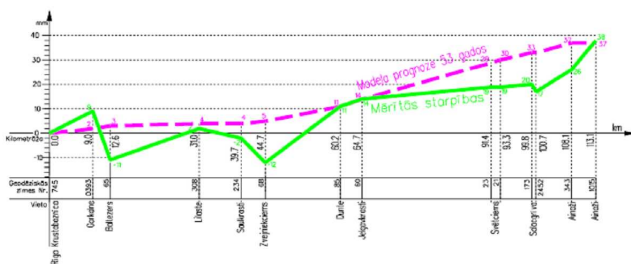
Lai rastu pārliecību par iegūto vertikālo kustību modeli, tika izvēlēti divi nivelēšanas gājieni ietverot arī PSRS laika perioda mērījumus: Rīga – Ainaži un Jēkabpils – Rēzekne – Zilupe.



2.att. Zemes garozas vertikālās kustības 10 gadu periodā

Pirmais veikts 1948. gadā un veido 53 gadu periodu, otrs veikts 1967. un 1968. gadā un veido 34 gadu periodu. Iegūtie rezultāti atainoti grafikos (3.att. un 4.att) Gājiens Rīga – Ainaži apmierinoši atbilst modeļa prognozētajiem lielumiem. Gājiena vidusdaļā iegūtas atšķirības saistāmas arī ar lokālu deformāciju ietekmi uz ģeodēziskiem punktiem. Tomēr līkņu kopīgais raksturs nosaka labu saderību gājiena beigās.

Otrā gājienā sākuma 100 km apmierinoši sader ar modeļa prognozi. Taču strauja līknes izmaiņa starp 110 un 120 km (Rēzekne un Griškāni) norāda uz būtisku mērījumu nesaderību ar Zemes vertikālo kustības modeli. Iegūtie rezultāti balstās uz precīziem nivelējumiem. Tie apliecina aptuveni 1 mm pacēlumu gadā Kolkā un apmēram tikpat lielu Zemes garozas sēšanos Valsts austrumu daļā, maksimumu, ap 1.7 mm gadā, sasniedzot dienvidaustrumos. Šie rezultāti



Piezīmes: 1) grafika vertikālā ass atēlo augstumu izmaiņas milimetros;
2) grafika horizontālā ass atēlo nivelēšanas gājieni ievēros ģeodēziskos augstuma punktus. Attālums starp punktiem norādīts kilometros;
3) nepārtrauktā grafika līnija norāda augstumu starpības starp 2001. mērītā nivelēšanas gājiena iegūtiem augstumiem un 1948. gadā mērīto punktu augstumiem;
4) pārtrauktā grafika līnija norāda prognozētās augstuma starpības, kas iegūtas no vertikālo Zemes kustību modeļa 53 gadu periodā.

3.att. Augstumu izmaiņas 1.klases nivelēšanas gājienā Rīga – Ainaži

saskan ar „Fenoskandināvijas” pacēlumu un citiem Zemes garozas kustību pētījumiem.



Piezīmes: 1) grafika vertikālā ass atēlo augstumu izmaiņas milimetros;
2) grafika horizontālā ass atēlo nivelēšanas gājieni ievēros ģeodēziskos augstuma punktus. Attālums starp punktiem norādīts kilometros;
3) nepārtrauktā grafika līnija norāda augstumu starpības starp 2001. – 2002. gadā mērītā nivelēšanas gājiena iegūtiem augstumiem un 1967. – 1968. gadā mērīto punktu augstumiem;
4) pārtrauktā grafika līnija norāda prognozētās augstuma starpības, kas iegūtas no vertikālo Zemes kustību modeļa 34 gadu periodā.

4.att. Augstumu izmaiņas 1. klases nivelēšanas gājienā Jēkabpils - Rēzekne-Zilupe

III. MĒRĪJUMU REDUKCIJA UZ KOPĪGU EPOHU

Viens no projekta rezultātiem ir Latvijas precīzās nivelēšanas atskaites datus integrēt Eiropas Vertikālās atskaites sistēmā (EVRS), kas saistīta ar smaguma spēku, ļauj pāriet uz citu atskaites epochu un veikt transformācijas starp dažādām augstumu sistēmām.

EVRS mērķis ir panākt vienotu augstuma sistēmu visai Eiropai ar 1 cm noteiktību, kas šobrīd tiek realizēta kā Eiropas Vienotais augstuma tīkls (EVRF) no 2000. gada datiem (EVRF2000) un 2007. gada datiem (EVRF2007). 2007 epochas izvēli noteica vairāki būtiski faktori:

1. 2007. gadā tika veikti apjomīgi pirmās klases nivelēšanas darbi (gājiens Ainaži – Ponkuļi

2. (269 km) un gājiens Mērsrags – Vāne – Kuldīga (~120 km)). Precīzās nivelēšanas darbus, iespējams reducēt uz jebkuru gada atskaiti (epochu) mērījumu ciklā;
3. Lai veiktu šo redukciju ir jāzina, cik ilgs laika posms ir pagājis no veiktās nivelēšanas konkrētā gājienā līdz pieņemtai epochai;
4. Izmantojot Zemes Garozas kustības modeli 10 gadu periodam, aprēķina augstumu vērtību uz 2007.5 epochu;
5. Eiropas Augstuma tīkla EVRF2007 realizāciju, kura aprēķinos izmantoti jaunākie un pilnīgākie dati. Tātad, Latvijas augstuma sistēmas definēšanai ir jāizmanto aktuālākā un pilnīgākā pieejamā informācija.
6. Turpmākie aprēķini un transformācijas starp dažādām augstumu sistēmu realizācijām ir vienkāršāki un savietojami ar kopīgām tendencēm Eiropā vai pasaulē

IV. NULLES PUNKTA IZVĒLE

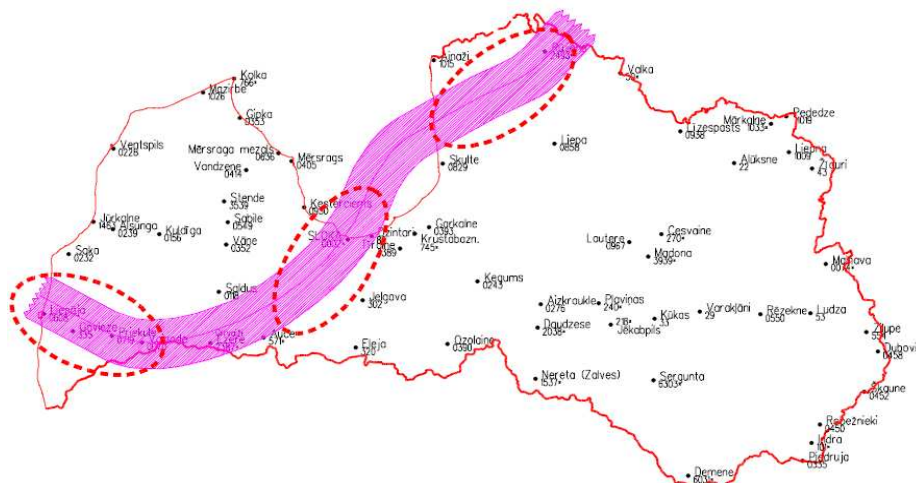
Lai varētu pamatoti noteikt augstuma nulles punkta vietu, jāpārzina gan iepriekš veiktie, gan starptautiskie pētījumi, kas skar Latvijas vai Baltijas reģionu.

Jau 20. gs. sākumā profesors Jānis Biķis secināja, ka Latvijā ir jūtama Zemes garozas vertikālo kustību ietekme un to nevar ignorēt Valsts precīzās nivelēšanas darbos. Latvijas teritorijā J. Biķa iesāktos pētījumus 20. gs. otrajā pusē sekmīgi turpināja Dr. O. Jakubovskis, kurš izstrādātāja Latvijas teritorijas vertikālo kustību shēmu, kurā tika iekļauta sekojoša informācija:

1. rezultāti no nivelēšanas materiāliem (1889 – 1979) sasaistē ar jūras līmeņa novērojuma datiem. (O. Jakubovska pētījumi);
2. Precīzās nivelēšanas dati Latvijas un Lietuvas teritorijās (1872 – 1954). (G. Želņina un I. Liesa pētījums);
3. Zemes vertikālo kustību izolīnijas 1 gada periodam. Intervāls starp izolīnijām milimetros (V. Matskova pētījums). Veiktais pētījums un izstrādātā shēma gūst apstiprinājumus turpmākajos starptautiskajos pētījumos un ir aktuāla arī mūsdienās.

Saistībā ar Zemes garozas vertikālajām kustībām tika aplūkoti arī citi aktuālākie materiāli:

1. materiāli, kurus par Baltijas jūras reģionu izstrādājusi Ziemeļvalstu Ģeodēzijas Padome, kuras sastāvā Skandināvijas valstu ģeodēzijas dienesti šos jautājumus risina ilgstoši ar lielu pieredzi.
2. A. Celma 2007. gadā publicētais raksts par veiktajiem precīzās nivelēšanas darbiem, t.sk. vertikālo kustību ātrumu Kurzemes poligonā. Darbā ir aplūkoti un savstarpēji analizēti nivelējumi, kuri izpildīti laika periodā no 1967. līdz 1974. gadam un nivelējumi izpildot 1. klases augstumu tīkla atjaunošanas darbus pēc 2000. gada. Pēc aprēķinātajām paaugstinājumu atšķirībām tika iegūtas starpības par notikušajām augstuma izmaiņām milimetros 35 gadu periodā, kas parādītas 5. att.



5.att. Zemes garozas vertikālo kustību nulles līnija

Visu iepriekš aplūkoto materiālu novērtēšanas rezultātā, un veicot to savstarpējo savietošānu, pētījumā izstrādātais Zemes vertikālo kustību modelis apliecina agrāk veiktos pētījumus no dažādiem datu avotiem. Latvijas Z-Rietumu piekraste aptuveni par 1 mm gadā paceļas. Latvijas D-Austrumu daļā Zemes virsma aptuveni par tādu pašu lielumu - 1 mm gadā, pazeminās. Zemes garozas kustību nulles līnija šķērso Latvijas teritoriju no Liepājas Latvijas D-Rietumos virzienā uz Rūjieni – Latvijas Z-Austrumos (5.att.). Līnija nav taisnvirziena, bet veido vairākus lokus. Valsts dienvidos pie Vaiņodes un Ezeres tā pietuvojas Latvijas un Lietuvas Republikas robežai, tālāk tā pagriežas uz Rīgas jūras līci. Neliela izliece veidojas arī līča vidusdaļā, kur tālāk izolīnija pagriežas ZA virzienā un gar Rūjieni turpinās Igaunijas Republikas teritorijā.

Valsts augstumu atskaites sistēmas nulles punktu izvēle pamatota ar nulles izolīnijas atrašanās vietu apvidū. Šīs vietas jāatzīst par stabilākajām, kas pakļautas vis mazākai Zemes vertikālo kustību ietekmei. Par galveno nulles punkta vietu ieteicams noteikt šīs izolīnijas vidusdaļu, kas sakrīt arī Valsts centrālo daļu. No trim iespējamiem reģioniem – Liepājas Priekules apkārtnē, Jūrmalas apkārtnē un Ainažu Rūjienas apkārtnē, – par atbilstošāko un perspektīvāko noteikta Jūrmalas apkārtnē. Šis reģions atrodas vistuvāk Valsts centrālajai daļai, to var sasaistīt ar vairāku mareogrāfu stacijām un relatīvi tuvu atrodas vairākiem precīzās nivelēšanas poligonu mezglu punktiem. Nulles punktam ir jāatbilst arī vairākiem nosacījumiem:

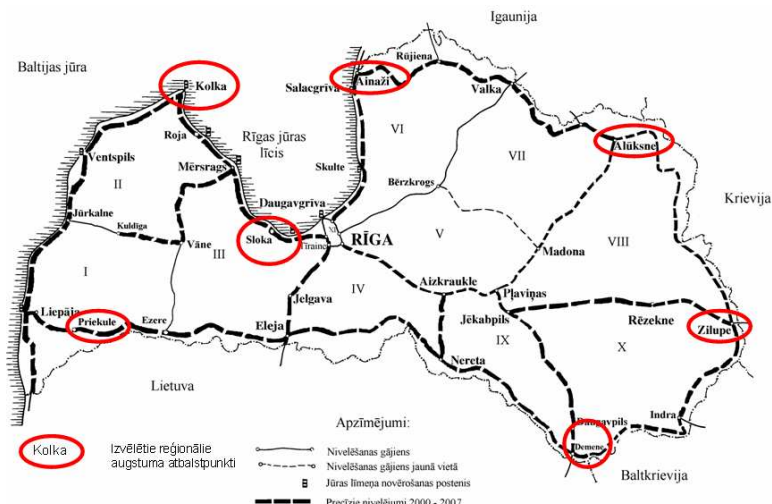
1. punkta centra uzbūve atbilstoši grunts zīmju prasībām;
2. spēja nodrošināt dažādu ģeodēzisko funkciju veikšanu;
3. spēja veikt nivelēšanas, gravimetriskos un GNSS mērījumus;
4. noteikto augstuma vērtību stabilitāte (lokāla un plašāka);
5. ģeodēziskiem punktiem jābūt pasargātiem no dinamiskām slodzēm un lokālām deformācijām
6. caur izvēlēto punktu jābūt veiktiem vai plānotiem precīzās nivelēšanas mērījumiem;

7. vēlams, lai punkts atrodas tuvu Zemes vertikālo kustību nulles līnijai.

Par piemērotāko augstuma nulles punktu tika noteikts fundamentālais reperis Fr002, Slokā ar augstumu 2.125 m (BAS77) un 2.281 m (EVRF2007) saukts arī par gadsimta reperi. Šis punkts visvairāk atbilst izvirzītām prasībām un nosacījumiem.

V. ĢEODĒZISKO AUGSTUMU ATBALSTPUNKTU VIETU PIEDĀVĀJUMS

Teorētiski, viena punkta piederība plaknei nenosaka plaknes telpiskās kustības. Tas nozīmē, ka ar vairāku punktu stāvokli var definēt plaknes stāvokli. Tas nozīmē, ka ir nepieciešams definēt augstuma atbalsta sistēmu, kas savietojama ar vairākiem atbalstpunktiem. Iepriekš aprakstītās iespējamās augstuma punktu reģionālās vietas, kas atrodas tuvu Zemes vertikālo kustību nulles līnijai un Jūrmalas reģions ar Fr002 Slokā izvēlēts par nulles augstuma punktu. Taču Liepājas Priekules un Ainažu Rūjienas apkārtnē jāatrodas citiem augstuma atbalstpunktiem. Visas šīs nosauktās vietas atrodas aptuveni uz vienas līnijas vai ass, kas vērsta DR-ZA virzienā. Lai virsmas stāvoklim, kā arī Zemes vertikālām kustībām, sekotu līdzī, ieteicams noteikt atbalstpunktus, kas atrodas perpendikulāri minētai līnijai DR-ZA virzienā. Valsts ZR tā var būt Kolkas raga apkārtnē, bet DA reģionā Demenes apkārtnē. Šādi noteiktas ass ķērsotu Latviju, aptverot arī Zemes vertikālo kustību minimumus un maksimumus. Lai atbalstpunktu novietojums būtu viendabīgs visā Valsts teritorijā, var noteikt reģionālus augstuma atbalstpunktus Alūksnes un Zilupes apkārtnē (6.att.).



6.att. Ģeodēzisko augstumu atbalstpunkti

$$H(II)=H(I)+a1+a2\cdot Mo\cdot(LAT-LAT_0)+a3\cdot No\cdot(LON-LON_0)\cdot\cos(LAT), (1.2)$$

kur:

- H(I)** punkta augstuma vērtība izejas sistēmā [m];
H(II) punkta augstuma vērtība nosakāmajā sistēmā [m];
M₀ meridiāna izliekuma rādiuss GRS80 punktā P₀ [m];
N₀ izliekuma rādiuss perpendikulāri meridiānam GRS80 punktā P₀ [m];
LAT ģeodēziskais platums ETRS89 [radian];
LON ģeodēziskais garums ETRS89 [radian];

P0(LAT₀,LON₀):

- P₀** transformācijas aprēķina atbalsta punkts;
LAT₀ transformācijas atbalsta punkta ģeodēziskais platums ETRS89 [radian]
LON₀ transformācijas atbalsta punkta ģeodēziskais garums ETRS89 [radian]
a1 vertikālais pārvietojums [m];
a2 novirze (inklinācija) ģeodēziskā platuma virzienā [radian];
a3 novirze (inklinācija) ģeodēziskā garuma virzienā [radian];

VI. AUGSTUMA SISTĒMAS UZBŪVE

Augstumu sistēmu, tāpat kā koordinātu sistēmu, veido tās teorētiskais pamatojums un fiziskā realizācija dabā.

Teorētiskais pamatojums ietver sevī:

1. augstumu atskaites virsmas un veida izvēli (ortometriskais, normālais vai dinamiskais);
2. augstumu sistēmas sākumpunkta jeb nullpunkta izvēli. Nullpunktu izvēlas tiešā jūras tuvumā. Nullpunktā ilgstošu jūras līmeņa novērojumu rezultātā nosaka vidējo jūras līmeni, kas kalpo par sākumu jeb nulli visiem augstuma mērījumiem; Zemes smaguma spēka potenciāla vērtību nullpunktā pielīdzināta nullei (W₀=0) un līmeņvirsmu, kas iet caur nullpunktu definē par ģeoīdu ;
3. nullpunktā augstuma vērtību un ģeopotenciāla skaitliskā vērtība tiek pielīdzināta nullei

Praktiski realizēt nullpunkta tiešu sakritību ar nulles vidējo jūras līmeni un nulles ģeopotenciāla skaitļa vērtību ir neiespējami, tāpēc tiem ir lielāka pozitīva vērtība. Ar precīzās nivelēšanas palīdzību augstumu sistēma tiek realizēta noteiktā teritorijā.

VII. AUGSTUMA SISTĒMAS PĀRRĒĶINS UN PARAMETRI LATVIJAS TERITORIJĀ

Augstumu transformēšanai Vācijas Kartogrāfijas un Ģeodēzijas dienests (BKG - Bundesamt für Kartographie und Geodesie) sadarbībā ar „EUROGEOGRAPHICS” un „EUREF” piedāvā sekojošu aprēķinu formulu:

Latvijas teritorijas augstumu pārrēķināšanai no Baltijas 1977. gada normālo augstumu sistēmas uz Amsterdamas normālo augstumu sistēmu (EVRF2007) no Vācijas Kartogrāfijas un Ģeodēzijas dienesta 2009. gada pavasarī tika saņemti šādi parametri:

1. Izejas augstuma sistēmas transformācijas atbalstpunkts:

B, L [GG MM SS.SSSS]

B=+ 56° 58' 0.0000”

$L = +24^{\circ} 53' 0.0000''$

2. Transformācijas parametri un to standartnovirzes:

a1 vertikālais pārvietojums

0.15374 +/- 0.00061

a2 novirze ģeodēziskā platuma virzienā [sek]

0.01558 +/- 0.00227

a3 novirze ģeodēziskā garuma virzienā [sek]

-0.01174 +/- 0.00112

3. Svaru vienības standartnovirze [m]: 0.0065

4. Inversā matrica:

0.880193E-02

0.859025E-02 0.122259E+00

0.128251E-02 0.152126E-01 0.297896E-01

Transformācijas parametru noteikšanai un aprēķinu kontrolei izmantoti atbalstpunkti ar zināmu augstumu abās sistēmās – Baltijas 1977. gada normālo augstumu sistēmā un Eiropas Vertikālo atskaites sistēmā, kas reģistrēti Vācijas Kartogrāfijas un Ģeodēzijas dienesta datubāzē 1999.gadā. Transformācijas parametri šī pētījuma ietvaros ir aprobēti un pārbaudīti, jo darba grupa ar to pašu izejas informāciju līdzīgus aprēķinus jau bija veikusi pirms Vācijā aprēķināto parametru saņemšanas. Iegūtie transformācijas rezultāti visā Latvijas teritorijā sakrīta ar precizitāti līdz 1 mm. Prognozētās augstumu starpības starp Baltijas nulles punktu un Amsterdamas nulles punktu grafiski ir attēlotas 7.attēlā. Augstumu starpības izteiktas milimetros.

Taču, transformācijas parametru noteikšanā jāvērs uzmanība

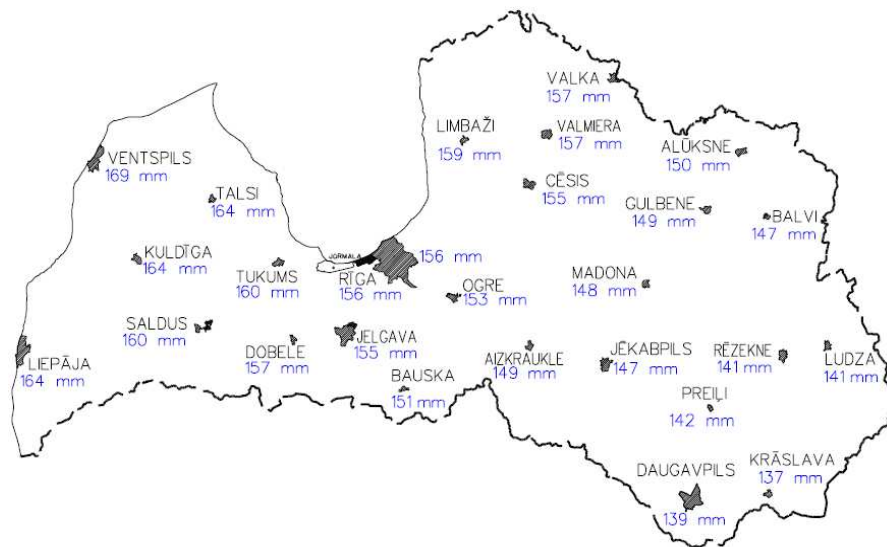
Aprēķināt jaunus transformācijas parametrus pārejai no esošo katalogu datiem uz 2007. gada epochu.

7.att. Prognozētās augstumu starpības starp Baltijas nulles punktu un Amsterdamas nulles punktu Latvijas administratīvajos centros

VIII. GNSS PIELIETOŠANA AUGSTUMU PĀRNEŠANĀ

GNSS metodes izmantošanai Latvijas augstuma sistēmā saskatām monitoringa iespējas. Pielietojot GNSS metodi un aprēķinot elipsoidālās koordinātas, iespējams sekot augstumu izmaiņu kontrolei augstumu sistēmas izejas nulles punktā un reģionālajos atbalstpunktos. Punktiem, kuriem nav iespējams veikt tiešus GNSS novērojumus, vēl joprojām saglabātos nepieciešamība veikt precīzus ģeometriskās nivelēšanas mērījumus. Otrs pielietojumu virziens, ir izmantot GNSS jaunu augstuma punktu noteikšanai nacionālā normālo augstuma sistēmā. Šādi punktu noteikšanai ir nepieciešams precīzs ģeoida modelis visā Valsts teritorijā. Mērķis noteikt augstumu jebkurā Valsts vietā ar 2 cm precizitāti, jo šobrīd tiek izmantots Valsts ģeoida modelis LV'98, kas nodrošina 8 – 10 cm precizitāti.

Iepriekšminēto virzienu realizēšanai, nepieciešams iesaistīt pastāvīgo GNSS bāzes staciju tīklus LATPOS un EUPOS-Rīga, kas pārklāj Latvijas teritoriju un Rīgas pilsētu. Nepieciešama tīklu analīze, praktiskie risinājumi, kā arī zinātniskie pētījumi ļauj secināt, ka tīkli darbojas precīzi un droši. Starptautiskā



7.att. Prognozētās augstumu starpības starp Baltijas nulles punktu un Amsterdamas nulles punktu

tam, ka Latvijas Valsts 1. klases tīkla nivelēšana (2000. - 2010. gads) nepārprotami parāda, ka parametru aprēķinos izmantotie izejas dati par Latvijas teritoriju kopumā neatbilst datu iesniegšanas datumam (1999. gads). Tāpēc piedāvātais risinājums ir:

Vācijas Kartogrāfijas un Ģeodēzijas dienestā izstrādāto transformācijas modeli izmantot tikai Valsts nullpunktam Slokā (Fr. 002);

Izlīdzināt Latvijas 1. klases nivelēšanas tīklu, aprēķinot augstumus 2007. gada epochai;

pieredze rāda, ka iegūto datu precizitāte ir 10 – 15 mm robežās uz 150-200 km.

LITERATŪRA

1. Neotektoniskās kustības Baltijā, Igaunijas PSR zinātniskā akadēmija, Tartu, 155 lpp., 1960.
2. PSRS Zinātņu akadēmijas ziņojumi 1965, 163 sējums, nr.3
3. Mūsdienu Zemes virsmas kustības, PSRS Zinātņu akadēmija, Maskava, 299 lpp., 1968.
4. Ražinskas A. Ģeodēzijas darbi, Viļņa, 213 lpp., 1972.

5. Mūsdienu Zemes virsmas kustības Baltijas teritorijā, Igaunijas PSR zinātniskā akadēmija, Tartu, 108 lpp., 1975.
6. Randjarv J. Zemes garozas vertikālās kustības Baltijā, izmantojot augstas precizitātes nivelēšanas datus 1930. – 1970. g. (kr.val.); Ģeodēziskie darbi lauksaimniecībā un celtniecībā, Jelgava 1976.
7. Indriksons E., Zemes virsas vertikālās kustības Pļaviņu ģeodinamiskā poligonā (kr.val.); Ģeodēziskie darbi lauksaimniecībā un celtniecībā, Jelgava 1976.
8. Saher M., Ihde J., Celms A., Ellmann A., The First UELN Stage is Achieved Further Steps are Planned, EUREF Symposium Prague, June 2-4, 1999.
9. I, II un III klases nivelēšanas instrukcija, LR VZD, 2000.g.
10. Baltic Surveying 2007, Proceedings of the International Scientific Methodical Conference, Akadēmija, 2007.
11. Baltic Surveying 2008, International Scientific – Methodical Conference, Proceedings, Jelgava, 2007.
12. Ģeogrāfiskā informācija. Telpiskā piesaiste pēc koordinātām. Standarts LVS EN ISO 19111:2007.
13. AGU 2009 Joint Assembly 24-27 May Toronto; EVRF2007 as Realization of the European Vertical Reference System (Martina Sacher, Johannes Ihde, Gunter Liebsch, Jaakko Makinen)
14. <http://crs.bkg.bund.de/evrs/Evrs.html>
15. <http://www.euref.eu/html/resolutions.html#Tromso>
16. http://www.crs-16geo.eu/nn_159882/crseu/EN/CRS_Description/crs-national_node.html?nnn=true

Martins Reiniks, Msc.ing, lector of the Department of Geomatics
Riga Technical university Department of Geomatics
Address: Azenes iela 16, LV 1048, Latvia
Phone: +371 7089263, Fax: +371 7089263
martins.reiniks@rtu.lv

Maris Kalinka, Dr.sc.ing, ass.prof. of the Department of Geomatics
Riga Technical university Department of Geomatics
Address: Azenes iela 16, LV 1048, Latvia
Phone: +371 7089263, Fax: +371 7089263
maris.kalinka@rtu.lv

Jazeps Lazdāns, Dr.sc.ing, lector of the Department of Geomatics
Riga Technical university Department of Geomatics
Address: Azenes iela 16, LV 1048, Latvia
Phone: +371 7089263, Fax: +371 7089263
jazeps.lazdans@geoplan.lv

Janis Klīve, Msc.sc.ing, lector of the Department of Geomatics
Riga Technical university Department of Geomatics
Address: Azenes iela 16, LV 1048, Latvia
Phone: +371 7089263, Fax: +371 7089263
janis.klive@rtu.lv

Baiba Ratkus, Bs.sc.ing,
Riga Technical university Department of Geomatics
Address: Azenes iela 16, LV 1048, Latvia
Phone: +371 7089263, Fax: +371 7089263
baiba.ratkus@rtu.lv

Martins Reiniks, Maris Kalinka, Jazeps Lazdāns, Janis Klīves, Baiba Ratkus. Height system exit level and defining exit value.

The Earth vertical movement model shows height changes of geodetic point in period of 70 years. 10 year period is used in further processing (Figure 2). Obtained results are based on precise leveling. They confirm approximately 1 mm elevation in a year in Kolka and approximately the same Earth crust compaction in eastern part of country, reaching maximum, around 1.7 mm in a year, in southeast. Division of recession in other part of country territory is comparatively steady (Figure 2). Analyzing possible location of geodetic height zero point, recession model of the Earth crust was taken into consideration, where one can see, that the smallest amount of recession (elevation impact of Phenoscandia) (Figure 2) is in part of Kurzeme. Work group of the project chose fundamental datum point as the most appropriate height zero point, geodetic height point Fr 0002, in Sloka, who is located near the zero line of the Earth crust movement. The height of Fr002 in Baltic height system is HBHS77 = 2.125 m and in EVRS2007 system HEVRF2007 = 2.281 m. Examining offered Latvian height system and existent Baltic normal height system of 1977, it is not necessary to do special system connection, but it is necessary to finish calculations of current measurements, doing corrections about epoch and the Earth crust effect. Making connection with European Vertical Reference system (EVRS) as the basis was taken formula used in United European Leveling Network (UELN) calculations between different network height systems, and it is accepted by European (EUREF) Technical work group. Control points with certain height in both systems - Baltic normal height system on 1977 (Kronstad zero) and European Vertical reference system (Amsterdam zero) were used to define transformation parameters and control calculations, and these control points are registered in German Cartography and Geodesy service (BKG)) database in 1999. Analyzing obtained transformation results, that they are positive in whole Latvia territory, but not constant. Differences form in limit of ~30 mm range from +0.137 m in South-east regions and up to +0.169 m in North-east regions (Figure 7). One of EVRS requirements is height reduction on one epoch. During the scientific project epoch of 2007 was chosen (2007.5.). It is related with Europea Height network EVR2007 realization, in whose calculations the newest and absolute data have been used. For defining Latvian height system one must use topical and absolute available information. At the moment, for determining transformation parameters one has used matching points in EVRF2007 realization that are registered in 1999. These data do not give valuable matching, because there is no height determination on specific epoch, but actual data do not have finished calculations and height values, including epoch.

Мартинс Рейникс, Марис Калинка, Язепс Лазданс, Янис Кливе, Байба Раткус. Определение выхода государственного уровня высоты.

Одной из задач проекта была укрепленная в природе геодезическая точка. В результате исследования и оценки рабочая группа рекомендует нулевую точку "Слока" (фундаментальный репер 002), а также на основе изучения интерпретации наблюдений рекомендует выбрать несколько региональных опорных точек в Колке, Приекуле, Айнажи, Демене, Алуксне, Зилупе. Выбор этих точек способствует успешной защите геодезических знаков, поскольку это не связано со структурами, или объектами, которые подвергаются воздействию владельцев или прямых управляющих. Важно, чтобы латвийские точные данные выравнивания можно было бы интегрировать в Европейскую Вертикальную систему отсчета, которая позволяет переключаться на другую эпоху докладов и преобразований. Целью является достижение одинаковой системы высоты по всей Европе с 1 см определенности. Рабочая группа видит основания снижения измерений для определения эпохи 2007,5 и использование немецкой и службы картографии и геодезии (BKG - Bundesamt für Kartographie Und Geodesie) и "EUREF", предложенную формулу преобразований. Это связано с реализацией Европейской Высотной сети EVRF2007, в расчетах которой использованы актуальные данные, в 2007 году в национальной сети проведены значительные работы по выравниванию и будущие государственные работы по определению высоты сетей, контрольные работы более легко объединяются с Европейской тенденцией. В качестве важного недостатка надо отметить отсутствие официального и общественного доступа к географической информации и отсутствие координатного пространства, включая систему высоты. Рекомендовано описать и сделать общедоступной информацию о системах координат и высоты как о существующих, а также определить время перемен. Применение метода и вычисление координат эллипсоидальных ГНСС может отслеживать изменения высоты системы управления, начиная с нулевой точки и региональных опорных точках. Выдвинуть целью будущей работы для разработки и получения точной модели геоида, которая будет определять высоту с точностью до 2 см. Тогда ГНСС методы будут применяться при перенесении высоты на территории Латвии в нормальную систему высот.