

Lokālā kvaziġeoīda modeļa izveidošana

The development of a local quasi-geoid model

Zinātniskā vadītāja: Mg.sc.ing. Katerīna Morozova

Konsultans: Dr.sc.ing., asoc. prof. Jānis Kaminskis

Konsultans: Mg.sc.ing. Sergejs Plotņikovs

Būvniecības inženierzinātņu fakultāte studiju programma “Ģeomātika”

2.kursa students Maksims Pahtusovs

LMB seminārs 19.03.2021



RTU
BŪVNIECĪBAS
INŽENIERZINĀTŅU
FAKULTĀTE

Darba mērķis

Izprast kvaziġeoīda modelēšanas principus, aprēķināt kvaziġeoīda modeli Rīgas pilsētai un novērtēt rezultātus.



Darba uzdevumi

Teorētiskie uzdevumi:

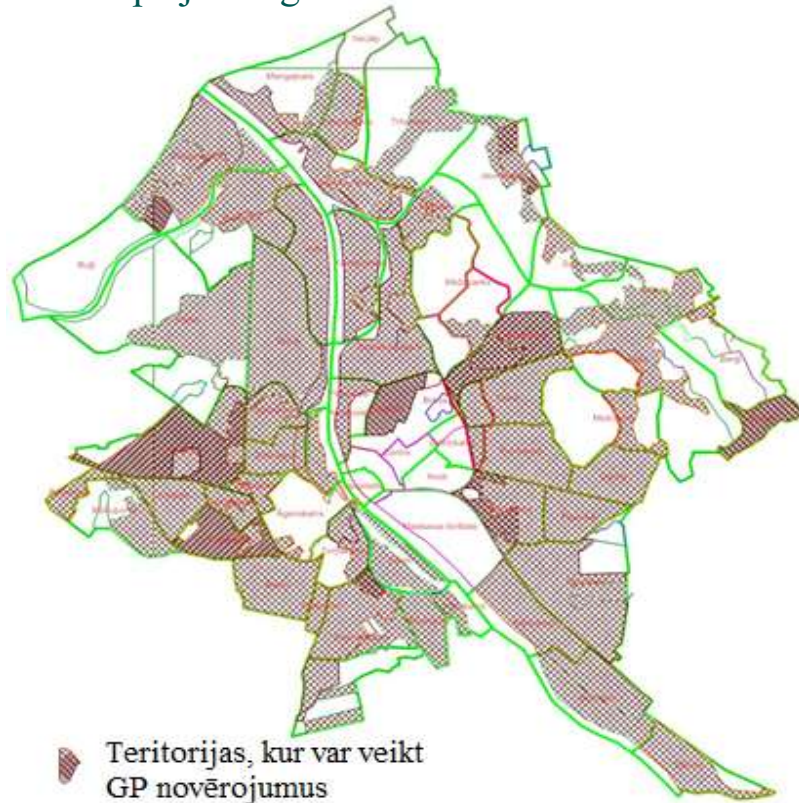
1. Izpētīt fiziskās ģeodēzijas teorētiskos aspektus.
2. Izpētīt metodes un algoritmus kvaziģeoīda modelēšanai.

Inženierprojekta uzdevumi:

1. Izvērtēt un apsekot darbā teritorijā VĢT un VT savietotus un pārbaudes punktus.
2. Uz savietotiem un pārbaudes punktiem veikt GP novērojumus pēcapstrādes režīmā.
3. Veikt ģeometrisku nivelēšanu uz savietotiem un pārbaudes punktiem.
4. Apstrādāt ģeodēziskos mērījumus ar Bernese software 5.2 programmatūru.
5. Aprēķināt Rīgas pilsētas kvaziģeoīda modeli ar GRAVSOF programmatūru.
6. Veikt kontrolmērījumus pēcapstrādē un RTK režīmā uz VĢT un VT punktiem.
7. Izdarīt secinājumus.

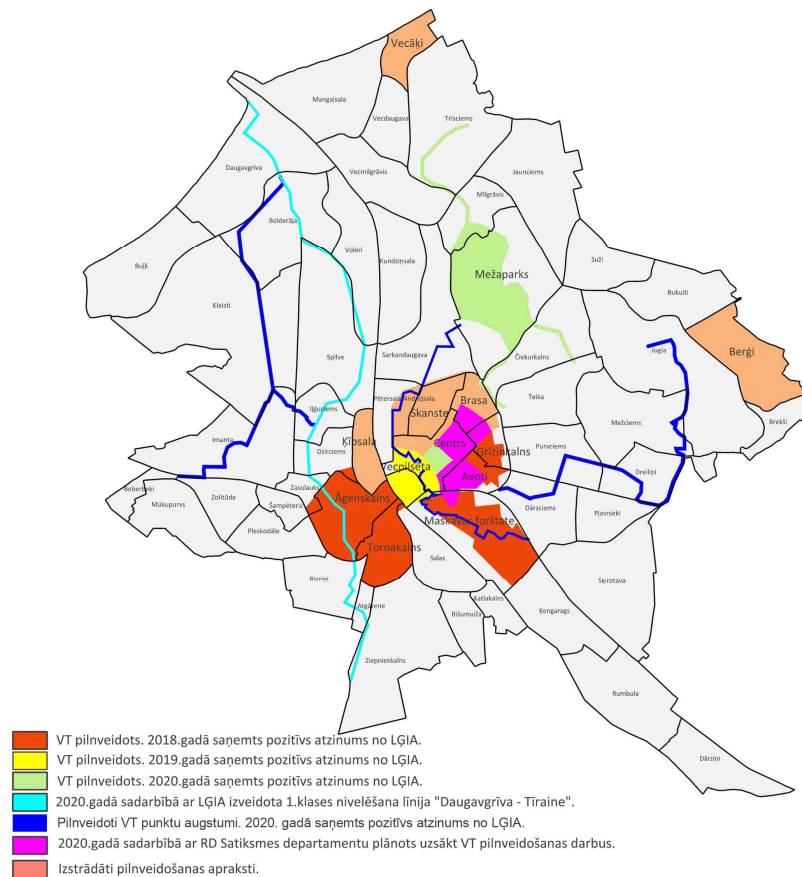
Teritorijas izvērtēšana

Rīgas vietējā ģeodēziskā tīkla attīstības koncepcijas fragments



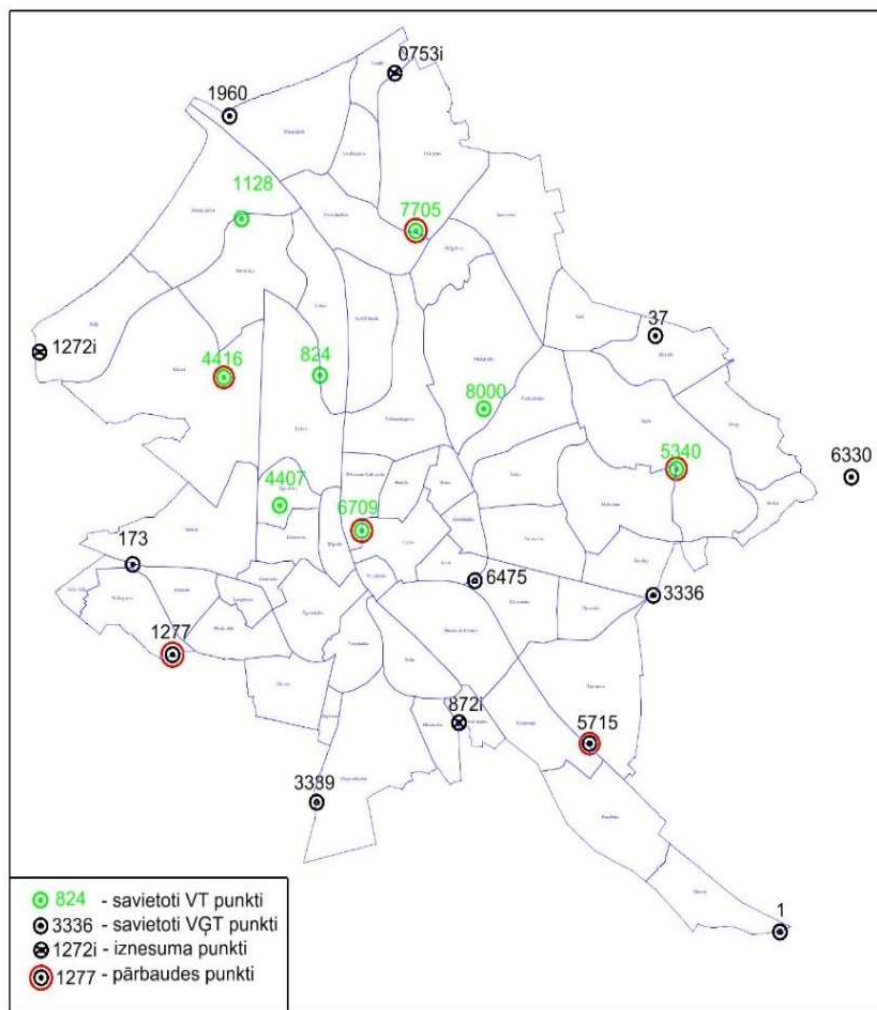
Avots: Rīgas domes attīstības departaments

Rīgas vietējā ģeodēziskā tīkla (VT) pilnveidošanas aktivitāšu plāns



Avots: <https://www.rdpad.lv/geotelpiska-informacija/vietejais-geodeziskais-tikls/>

Teritorijas izvērtēšana (1)



Kārtas Nr.	Nosaukums	Punkta klase	Punkta veids	Zīmes tips
1.	37a	N1; G2	gr	gr-019
2.	1d	N1	gr	gr-019
3.	173a	N1	gr	gr-002
4.	0753	N1	sm	sm-001
5.	6475	N1	gr	gr-002
6.	6330	N1	gr	gr-002
7.	5715	N1	fr	fr-001
8.	3389	N1	fr	fr-003
9.	3336	N1	fr	fr-002
10.	1960	N1	gr	gr-025
11.	1277	N1	gr	gr-019
12.	1272	N1	gr	gr-019
13.	872	N1	sr	sr-011
14.	1128b	VT	gr	gr-026
15.	8000	VT	gr	g1-095
16.	7705	VT	gr	gr-028
17.	6709	VT	gz	g1-087av
18.	5340	VT	gz	g1-095
19.	4416	VT	gr	gr-030
20.	4407	VT	gr	gr-030
21.	824	VT	gr	gr-026

Globālā pozicionēšana

- Globālā pozicionēšanā izmantoti Departamenta instrumenti:
- Antena choke ring TOPCON CR-G5 un Javad CR3 – S/N 00205
- Uztvērējs Topcon NET-G5/Prego s/n 0087
- Koka statīvi
- Lotaparatu komplekts
- Leica trēģera adapteris GZS4



- GP lauka mērīšanas protokols:

Avots: <https://surveyequipment.com/>

Datums:	19.12.2019	Operators:	Klimatiskie apstākļi:	
GZS4-1:	0.36m	M.Pahtusovs	Saulains, vējš 2m/s R/DR	
Vertikālā augstuma "Bottom of antenna mount" aprēķins CR-G5 no tiešais nolasījuma:			Temperatūra:	t=+4 C
Sesijas sākuma	Sesijas vidū	Sesijas beigas	Spiediens:	761-766
Hi=2.358 (1.998+0.36) m	Hi=2.358 (1.998+0.36) m	Hi=2.359 (1.999+0.36) m	Jonosfēra:	Nav aktīva

Globālā pozicionēšana (1)



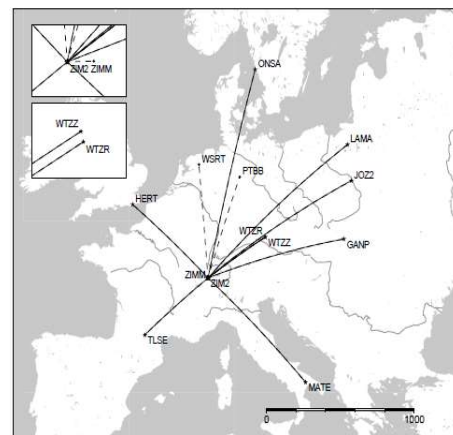
Ģeometriskā nivelēšana

- Nivelēšanā izmantoti Departamenta instrumenti.
- Ģeometriskā nivelēšana veikta ar standartnovirze 1mm uz 1km dubultgājienu.
- Izmantotie instrumenti: Leica LS10 un 2 metru nivelēšanas lats Leica GPCL2, kas kalibrētas Somijā.
- Nivelēšana veikta uz neregulējamām kājām.
- Veikti trīs slēgti nivelēšanas gājieni:
 - 1) $1272 - 1272i - 1272 = 838.4 \text{ m}$
 - 2) $872 - 872i - 872 = 106,0 \text{ m}$
 - 3) $0753 - 0753i - 0753 = 342,0 \text{ m}$

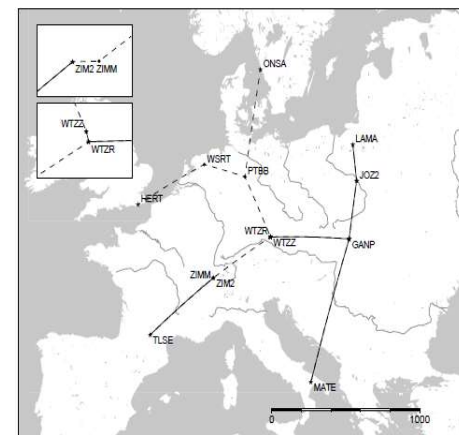


GNSS datu apstrāde ar Bernese software

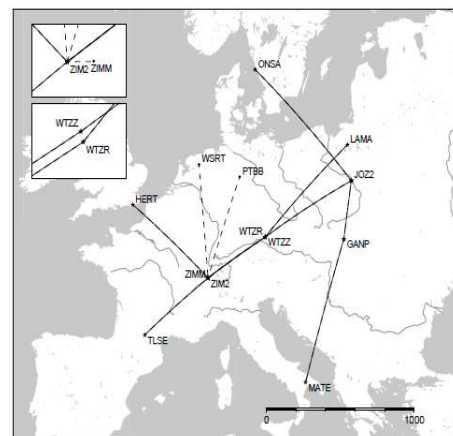
- 1) Nosākama standartnovirze ar 1σ (68%) ticamību.
- 2) Izlīdzināšana pēc neatkarīgo (netriviāliem) vektoru principa.
- 3) Izmantotas precīzas efemerīdas.
- 4) Globālā jonosfēras karte (izteiktā ar harmonikas koeficientiem līdz 15 kārtai un pakāpei).
- 5) Diferenciālā koda nobīdes.
- 6) Okeānu plūdmaiņu slodzes korekcijas.
- 7) Zemes rotācijas parametri.
- 8) Izlīdzināšanas stratēģija, pēc lielākā kopīga novērojumu skaita ar papildus opciju ģsiem vektoriem (OBS – MAX)



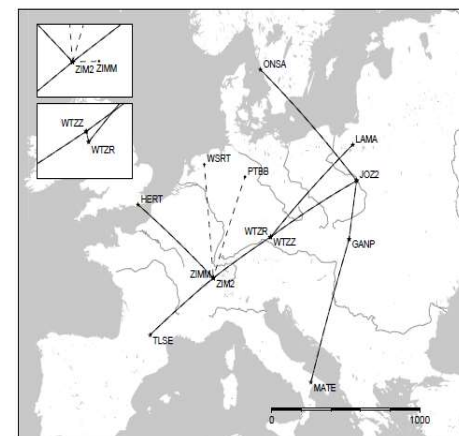
(a) Zvaigžņveida stratēģija (*STAR strategy*)



(b) Īsākas bāzes līnijas stratēģija (*SHORTEST*)



(c) Maksimālā novērošanas stratēģija “bez bonusa opcijas” (*OBS – MAX*).

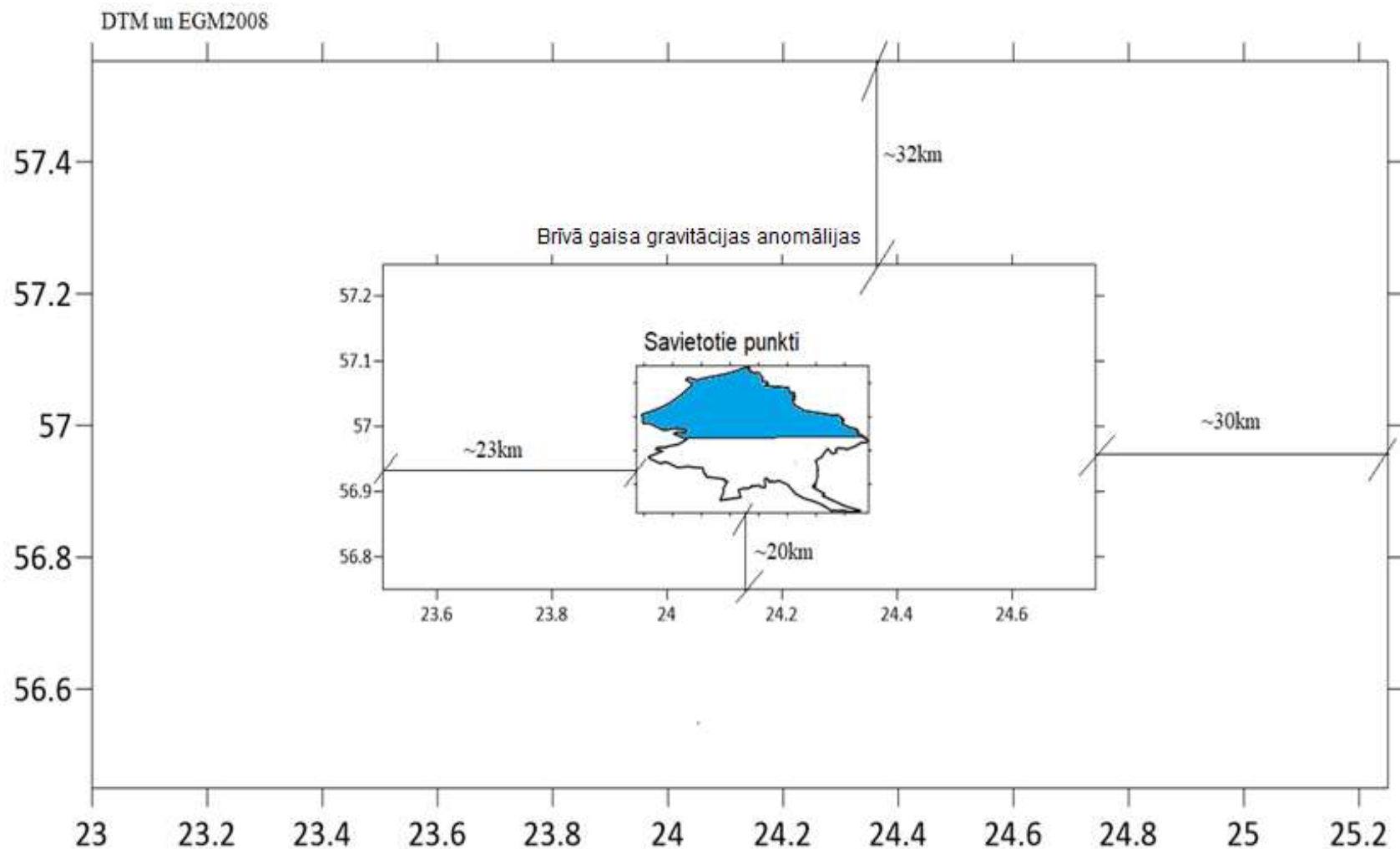


(d) Maksimālā novērošanas stratēģija “ar bonusa opciju” (*OBS – MAX*).

Kvaziġeoīda modeļa aprēķinā izmantotie dati

- 1) Digitālais reljefa modelis, kas atvasināts no LĢIA izstrādātā digitālā reljefa modeļa, (grid) datu formātā – robežā no $56^{\circ} 27' 00''$ līdz $57^{\circ} 33' 09''$ Z.p. un no $23^{\circ} 00' 00''$ līdz $25^{\circ} 15' 00''$ A.g.. ar $10''$ soli.
- 2) LĢIA izsniegtās brīvā gaisa gravitācijas anomālijas 305 gb., robežā no $56^{\circ} 45' 00''$ līdz $57^{\circ} 15' 00''$ Z.p. un no $23^{\circ} 30' 00''$ līdz $24^{\circ} 45' 00''$ A.g..
- 3) No Pasaules gravitācijas lauka modeļa EGM2008 atvasinātais ģeoīda modelis tīklu veidā datu formātā, robežā no $56^{\circ} 27' 00''$ līdz $57^{\circ} 33' 09''$ Z.p. un no $23^{\circ} 00' 00''$ līdz $25^{\circ} 15' 00''$ A.g. ar $27''$ soli – 2160 kārtā un pakāpe.
- 4) No Pasaules gravitācijas lauka modeļa EGM2008 atvasinātas gravitācijas anomālijas tīklu veidā datu formātā, robežā no $56^{\circ} 27' 00''$ līdz $57^{\circ} 33' 09''$ Z.p. un no $23^{\circ} 00' 00''$ līdz $25^{\circ} 15' 00''$ A.g. ar $27''$ soli – 2160 kārtā un pakāpe.
- 5) 15 savietotie nivelēšanas un globālās pozicionēšanas punkti.

Izmantoto datu teritorijas



Kvaziġeoīda modeļa aprēķināšanas metodika

Noņemšanas procesa galvenie soļi

(Full remove):

$$\Delta g_{atl.} = \Delta g_{bgga} - \Delta g_{EGM08} - \Delta g_{RTM}$$

Atjaunošanas procesa galvenie soļi

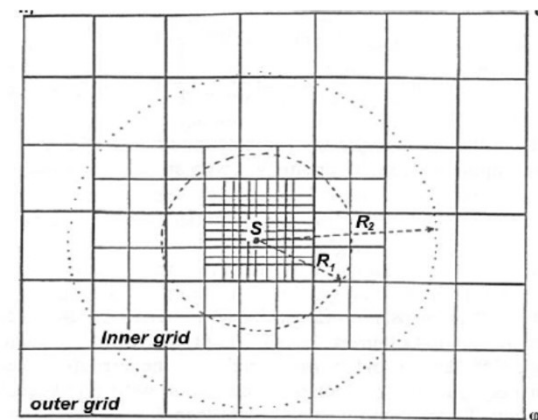
(Full restore):

$$\zeta = \zeta_{atl.} + \zeta_{EGM08} + \zeta_{RTM}$$

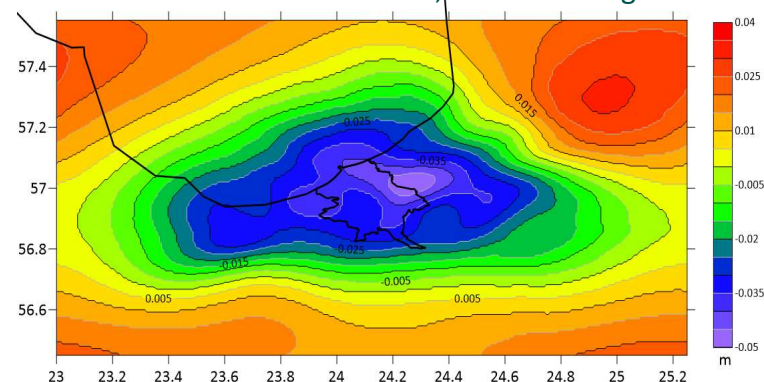
GRAVSOF programmatūras gravimetriskā ģeoīda
modeļa precizitātes novērtējums:

vidēja novirze (mean) m	standartnovirze (std.dev) m	novirzes intervāls	
		(min) m	(max) m
-0.591	0.012	-0.614	-0.575

Rīgas Tehniskā universitāte



Avots: GRAVSOF manual, Rene Forsberg

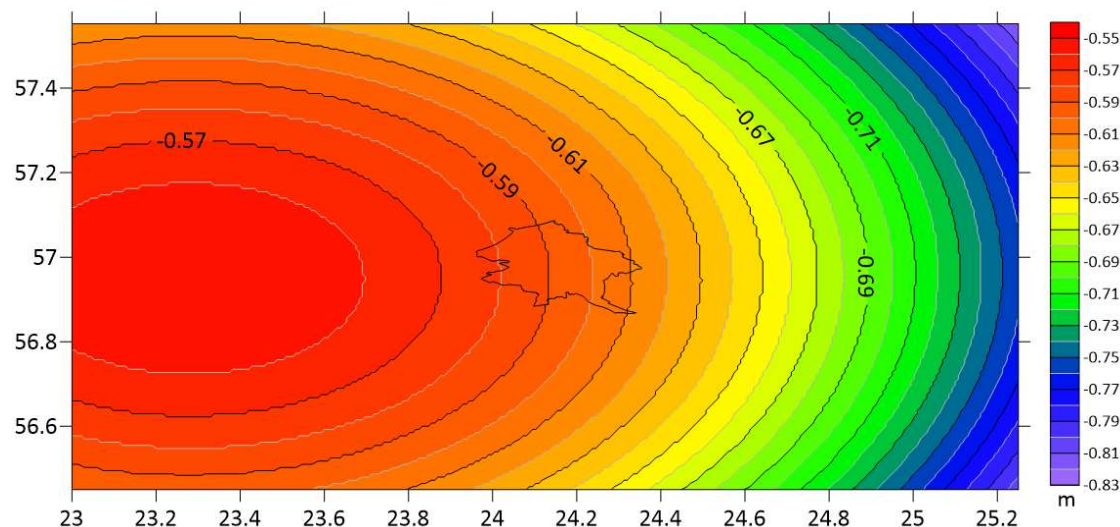


Kvaziġeoīda modeļa aprēķināšanas metodika (1)

1) Iegūst starpību starp
gravimetrisko ģeoīdu un
savietotiem punktiem.

2) Starpību konvertē regulāra
tīkla datu formātā.

3) Iegūto starpību pieskaita pie
gravimetriskā ģeoīda modeļa.

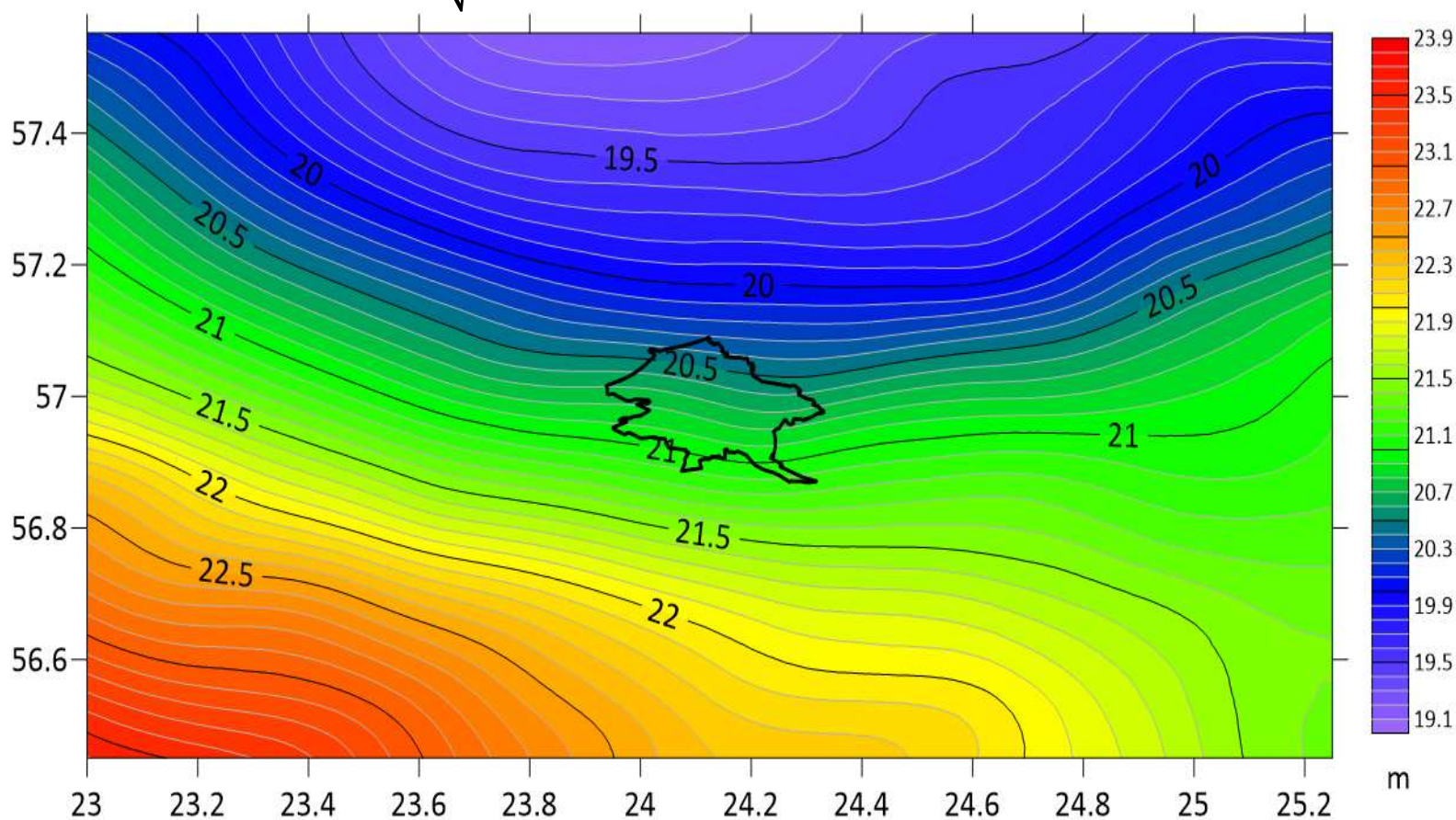


GRAVSOFТ programmatūras kvaziġeoīda modeļa precizitātes novērtējums:

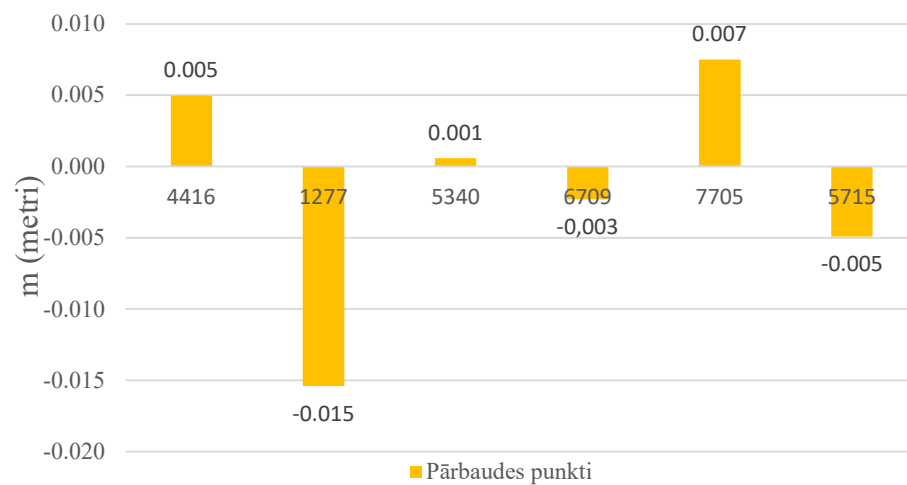
vidēja novirze (mean) m	standartnovirze (std.dev) m	novirzes intervāls	
		(min) m	(max) m
0.000	0.006	-0.010	0.010

Kvaziġeoīda modeļa novērtējums

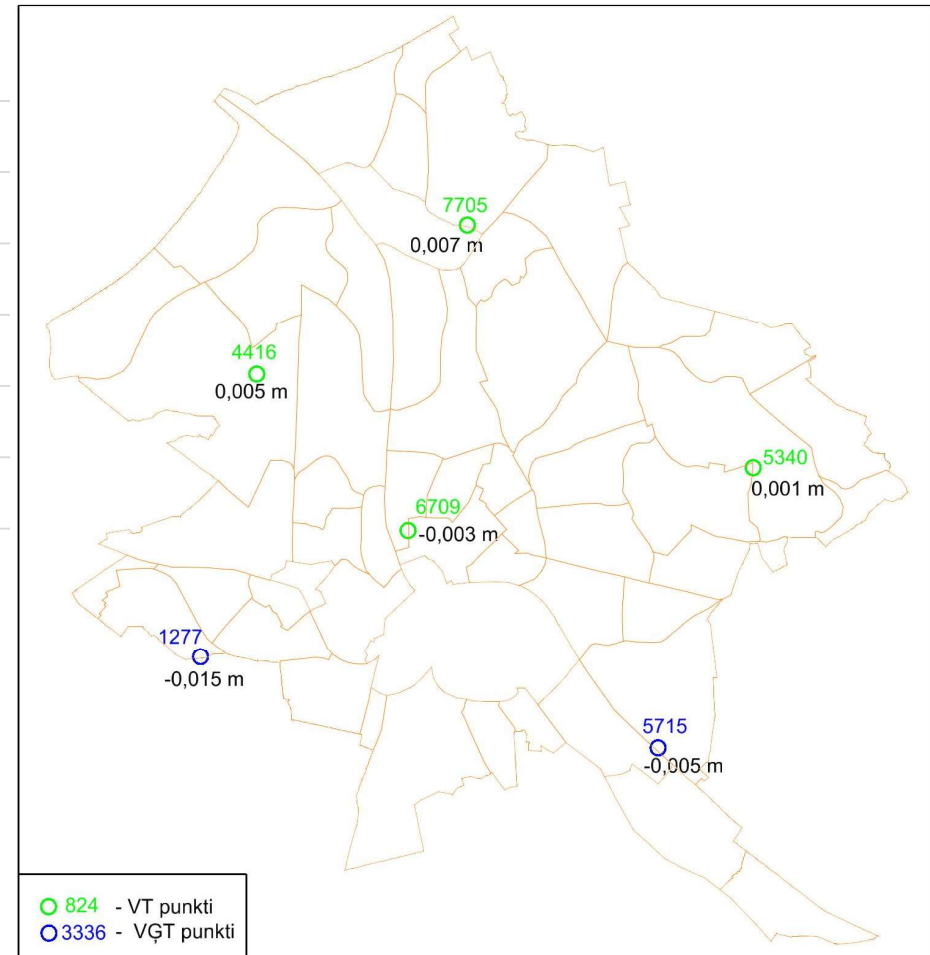
$$\sigma_{RIGA/20} = \sqrt{\sigma_{GGM}^2 + \sigma_{bgga}^2 + \sigma_{GNSS}^2 + \sigma_{nivel.}^2}$$



Kvaziġeoīda modeļa pārbaude pēc apstrādes režīmā



legūtas normālo augstumu atšķirības
ietilpst aprēķināta kvaziġeoīda
modeļa standartnovirzē ar 3σ
lielumiem – 18mm.



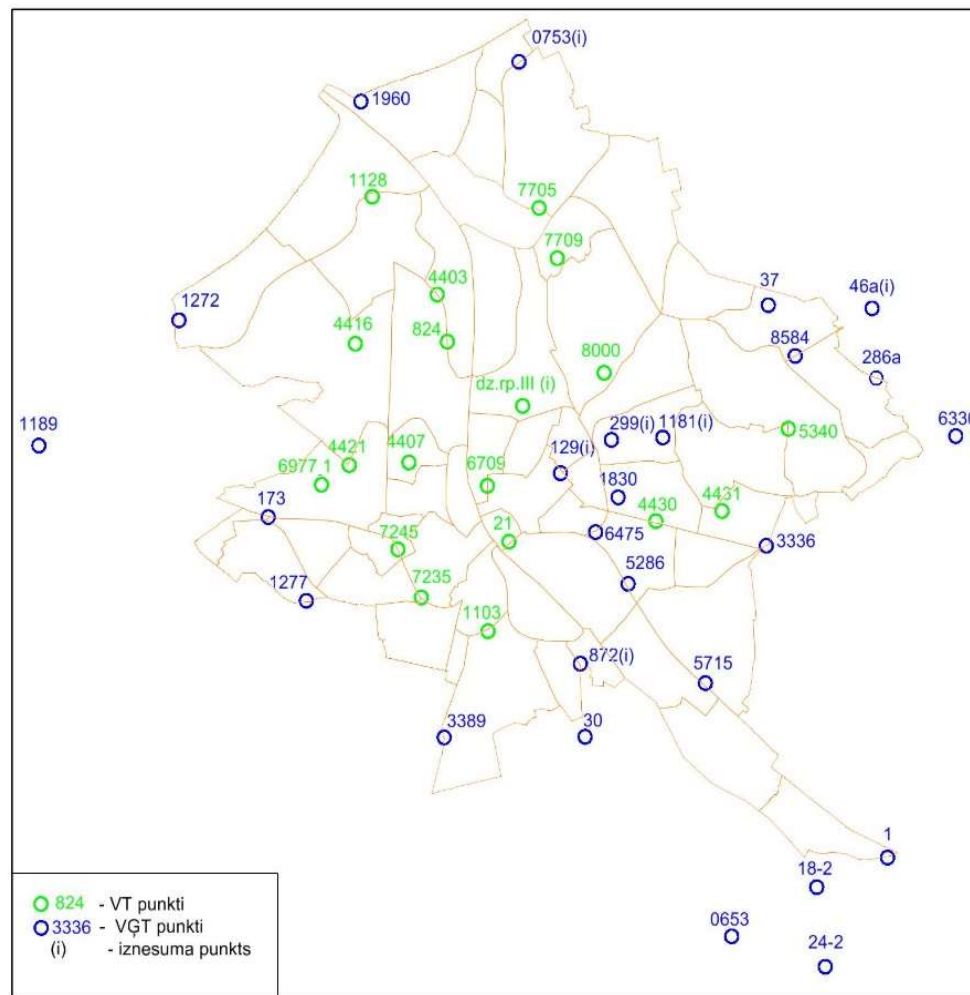
Kvaziġeoīda modeļa pārbaude reālā laika režīmā

RTK pārbaudē izvēlēti 45 punkti.

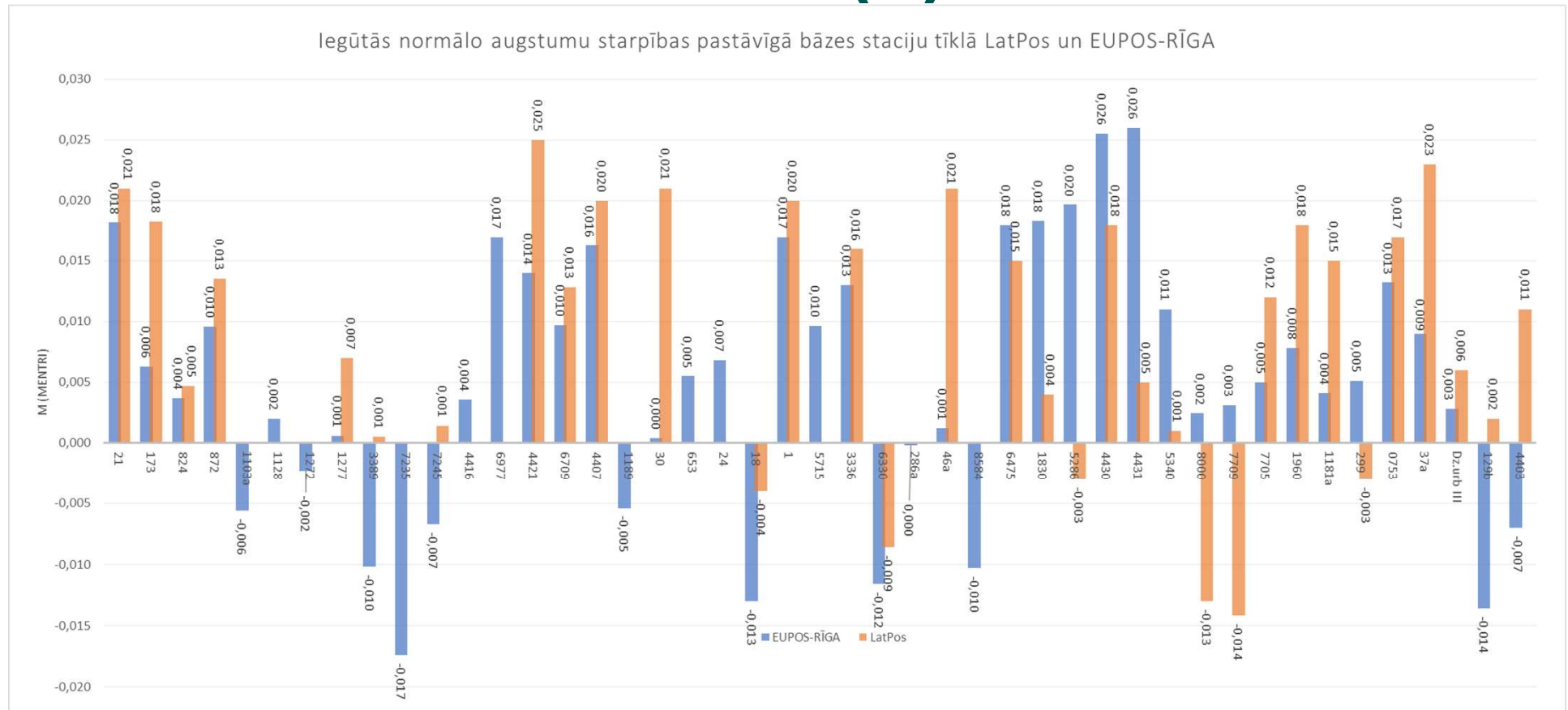
Pārbaudes laikā ir veiktas 2 neatkarīgas novērošanas sesijas. Laika atstarpe starp sesijām minimums viena stunda.

Veiktas 10 īsas sesijas, katrā sesijā 10 mērījumi ar reģistrēšanas intervālu 1 sekunde.

Katrā novērošanas sesijā novērojumus veica cits operators.

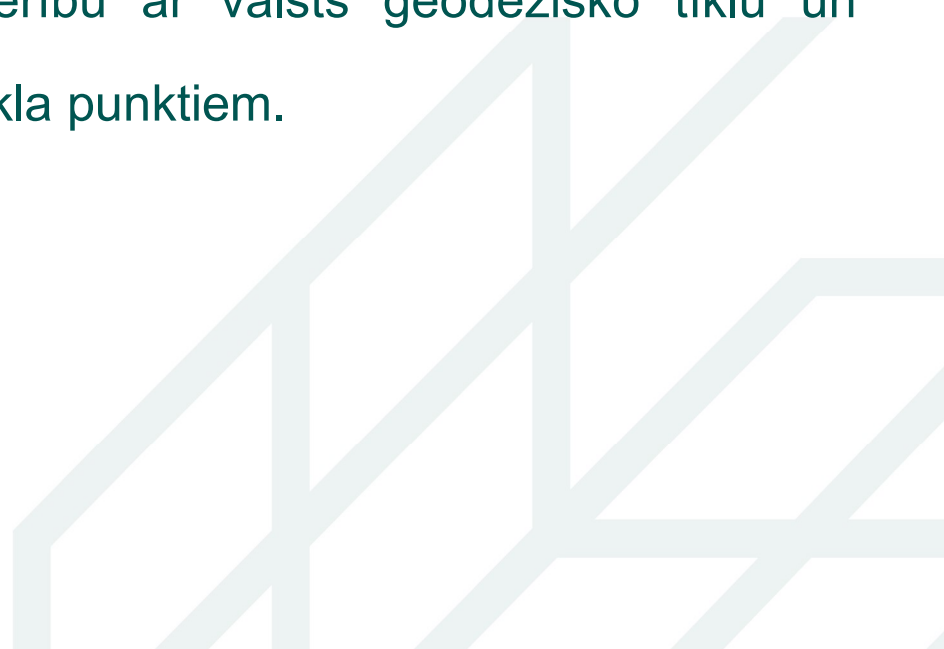


Kvaziģeoīda modeļa pārbaude reālā laika režīmā (1)



Galvenie secinājumi

- 1) Izmantojot GRAVSOFIT programmatūru aprēķināts lokālais kvaziģeoīda modelis RĪGA'20, pret VĢT iegūta standartnovirze ar 1σ (68%) ticamību – 6mm.
- 2) Kvaziģeoīda modelim ir svarīga loma tautsaimniecībā, jo izmantojot kvaziģeoīda modeli globālā pozicionēšanā, tiek iegūts normālais augstums, kas veido labu saderību ar valsts ģeodēzisko tīklu un pilnveidotiem vietējā ģeodēziskā tīkla punktiem.



Paldies!

