

**LATPOS BASE STATION SYSTEM STABILITY****BĀZES STACIJU SISTĒMAS LATPOS DARBĪBAS STABILITĀTE**

**Janis Zvirgzds**, Latvia Geospatial Information Agency, 43 O.Vaciesa street, Riga, Latvia, manager of GPS network laboratory, magister, janis.zvirgzds@lgia.gov.lv,

*Atslēgas vārdi: globālās pozicionēšanas sistēma, ģeodēzija, ģeodēziskā sistēma, ģeodēziskais tīkls*

**Ievads**

Latvijas ģeodēziskā sistēmā ietilpst klasiskie ģeodēziskie tīkli – ģeodēziskie atbalsta punkti dabā (1.att) un šodienas tehnoloģiju sistēma „LatPos”. LatPos sistēma ir 19 Globālās pozicionēšanas sistēmas pastāvīgas bāzes staciju savietojums vienā sistēmā. Sistēma sastāv no vadības un datu apstrādes centra un 19 GPS bāzes stacijām (4.att) visā Latvijas teritorijā.

Koordinātu uzmērīšanai, klasisko tīklu izmantošanas gadījumā, nepieciešams atrast dabā ģeodēzisko punktu un uzstādīt uz tā instrumentu. Pielietojot „LatPos” var veikt mērījumus tieši uzmērāmā objektā.

Abu veidu koordināšu noteikšanai ir savas priekšrocības un trūkumi. Šajā rakstā tiks izvērtēts, kurš no tīkliem ir lietotājiem ērtāks un var veikt precīzākus mērījumus.



1.att. Ģeodēziskais punkts dabā  
Fig. 1. Geodetic benchmark

**Klasiskais ģeodēziskais tīkls.**

Klasiskais ģeodēziskais tīkls sastāv no dažāda veida tīkliem, kas katrs nodrošina noteikta veida mērījumu veikšanu. Latvijas ģeodēziskais tīkls satur horizontālos, vertikālos, gravimetrisko un magnetometrisko tīklus.

Plašāk pielietotais ir horizontālais tīklu veids. Tā galvenais uzdevums ir nodrošināt horizontālo koordinātu uzmērīšanu dabā. Atkarībā no noteikto koordinātu precizitātes, horizontālā tīkla punkti sadalīti 0., 1., 2. un 3. klasēs. 0.klasē ietilpst 4 punkti, 1.klasē 42 punkti, 2. klasē 673 punkti, 3. klasē ap 4000 punktu (3.att).

Mērījumu veikšanai nepieciešams novietot instrumentu uz ģeodēziskā punkta centra (2.att). Tas nozīmē, ka ģeodēzisko punktu izvietojumam Valsts teritorijā jābūt vienmērīgam un pietiekoši blīvam, lai veicot mērījumus tiktu nodrošināta pietiekoša mērījumu precizitāte. Mērījumu precizitātes nosaka instrumenta klase. Ģeodēziskos punktus izmanto veicot mērījumus ar teodolītu vai tahimetru. Noteiktas precizitātes sasniegšanai, tahimetra gājiens nedrīkst pārsniegt noteiktu attālumu. Kā piemēru var minēt Ministru kabineta noteikumus „Nekustamā īpašuma noteikšanas noteikumi” [1], punktā 4.3. „Zemes kadastrālajai uzmērīšanai nepieciešamais uzmērīšanas tīkls”.



2.att Ģeodēziskā punkta centrs  
Fig. 2, Benchmark

Līdz ar to valsts ģeodēziskajam tīklam ir jābūt ar noteiktu punktu skaitu uz platību. Pašlaik valsts tīkla punkti nenodrošina pietiekošu skaitu punktu uz platību.

Ģeodēziskā tīkla uzturēšanu nosaka vairāki faktori. Viens no būtiskākajiem ir ģeodēzisko punktu aizsardzība pret iznīcināšanu. Ģeodēziskie punkti, kas tiek lietoti mērniecības vajadzībām ir poligonometrijas jeb vietējos tīklos apvienotie. Tie arī atrodas visvairāk aktīvajās būvniecības reģionos – pilsētās un ciemos. Tas veicina šo tīklu iznīcināšanu. Informācija par ģeodēziskajiem tīkliem ievietota katalogos. Laikam ejot, katalogu informācija kļūst neaktuāla – nav precīzas informācijas par ģeodēziskajiem punktiem, kas tik tiešām ir saglabājušies un ir izmantojami mērīšanai. Tas arī apgrūtina mērnieku darbu un pagarina tahimetru gājienu garumus. Pagarinot tahimetru gājienu garumus var tikt pārsniegta pieļaujamā gājienu garums, kas noteikts noteikumos.

Kā otru faktoru var minēt laiku. Tā kā zeme nav nekustīga, tad notiek arī ģeodēzisko punktu kustība. Izmainoties atrašanās vietai, mainās arī ģeodēziskās koordinātas. Pašlaik Latvijā vēl nav veikts tiešs pētījums par koordinātu izmaiņu laikā, bet pierādījums tam ir atšķirīgi rezultāti un koordinātu nesakrītība mērījumos, kas veikti ar desmit gadu starpību. Šajā sakarā, lai uzturētu ģeodēzisko tīklu aktuālu, ik pēc noteikta laika, nepieciešams veikt koordinātu atkārtotu noteikšanu un ģeodēzisko tīklu pārrēķinu.

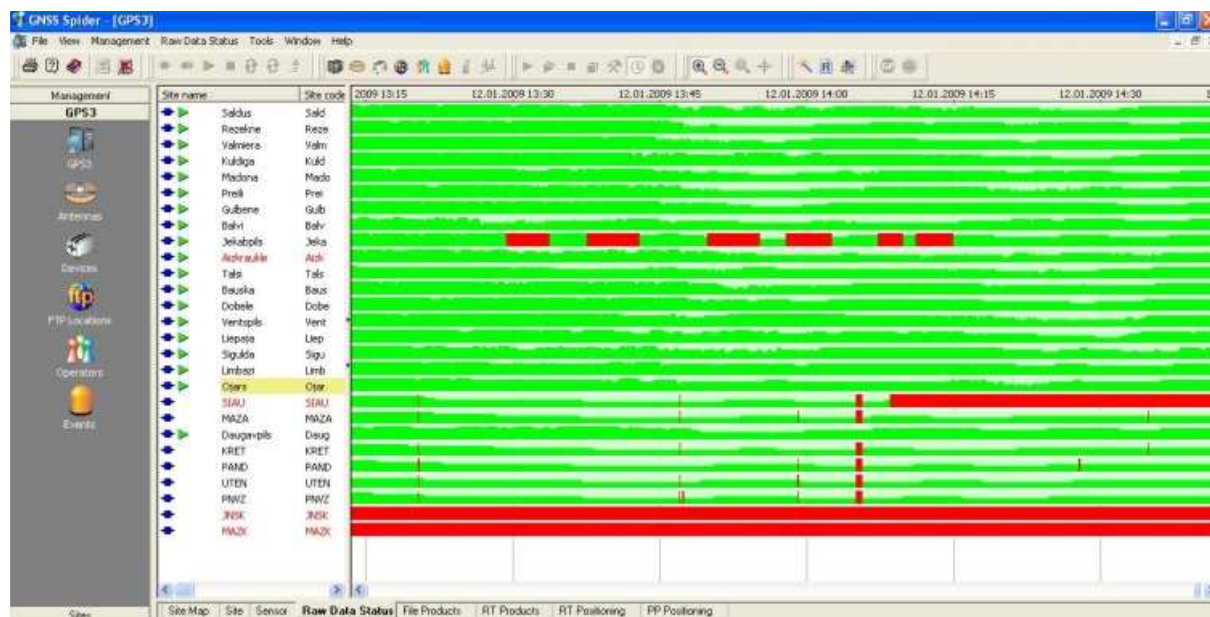


Sistēmas ‘LatPos’ bāzes staciju izvietojums izvēlēts, lai sasniegtu 3. klases ģeodēziskā tīkla precizitātes nosacījumus. LatPos ir kā uzmērīšanas tīkls lietotājiem, no kā tieši veicami mērījumi. LatPos ir elektroniska sistēma un nepieciešams aplūkot tās darbības stabilitāti un pieejamību.

Salīdzinoši ar klasisko ģeodēzisko tīklu, GPS antenas izvietotas uz ēku jumtiem un lielākā vai mazākā mērā ir pasargātas no vandālisma. Tās tiek apsargātas. Arī to darbība tiek kontrolēta nepārtraukti. No tā var secināt, ka šis ģeodēziskās sistēmas drošība pret vandālismu ir maksimāla. Atliek aplūkot pašas sistēmas darbības stabilitāti un pieeju mērniekiem.

LatPos bāzes stacijā (11.att) GNSS uztvērējs uzkrāj datus iekšējā atmiņā un tai pašā laikā reālā laika datu plūsma tiek sūtīta uz datu apstrādes centru. Datu plūsma tiek sūtīta katru sekundi. Plūsmas nepārtrauktību kontrolē centrālais serveris, parādot to grafikā (5. Att) un nosūtot brīdinājuma signālus administratoram uz mobilo telefonu un e-pastu. Administratoram ir iespējams uzreiz reaģēt un meklēt bāzes stacijas darbības traucējošos faktorus. Vienas bāzes stacijas traucējumu ilgums attēlots grafikā (6.Att). 2008.gadā vismazāk pārtraukumu bijis bāzes stacijai Ojārs. Tas skaidrojams ar to, ka bāzes stacija izvietota blakus centrālajam serverim un datu plūsmu nodrošina tikai viens rūteris. Līdz ar to pārtraukumu skaits gada laikā ir ļoti mazs. Nolasot no grafika 0,3% ir pielīdzināmas 30 stundām. Lielākais pārtraukumu skaits ir Daugavpils GPS bāzes stacijai, kas sastāda 175 stundas, kas no visa gada laika ir 1,99%. Vienas bāzes stacijas pārtraukums neietekmē sistēmas stabilitāti, jo korekcijas tiek aprēķinātas no visām bāzes stacijām. Izkrītot vienai bāzes stacijai, korekcijas informācija tiek pārrēķinātas no citām bāzes stacijām.

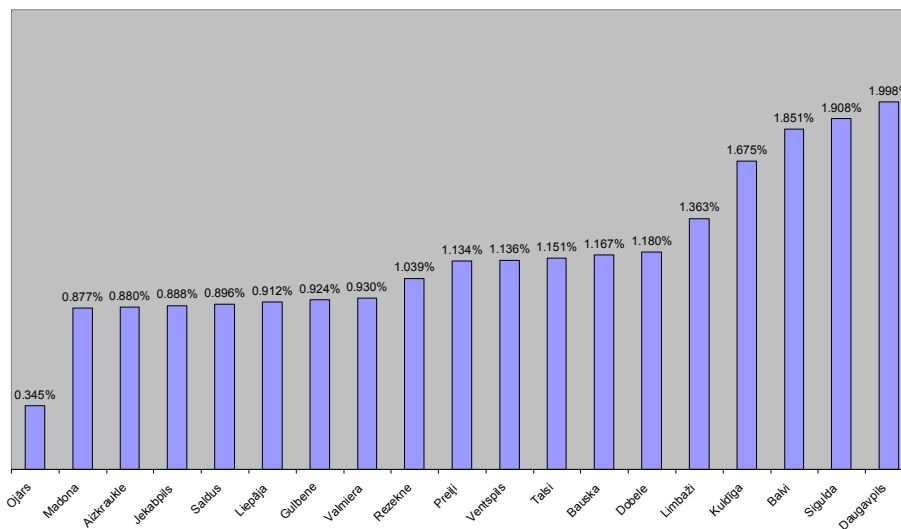
Sistēmas pārtrauktību vai pieejamību nosaka visas sistēmas pārtraukums kopumā (7.att). Visas sistēmas pārtraukumi pa 2008.gadu kopumā bijuši 56 stundas, kas sastāda 0,65% gadā. Tas nozīmē, ka darbojoties 24 stundas diennaktī, sistēma darbojusies 99,35% no visa laika. Tā kā mērniekam izejot ārā nav jāmeklē ģeodēziskais punkts, tad mērījumu veikšana ir praktiski pieejama visu laiku.



5. Att. Datu plūsmas pārtraukumi no bāzes stacijām uz serveri  
Fig. 5 Raw data flow from base station to server

Sistēmas pārtrauktību kopumā tiek radīta ar datu pārraides traucējumiem. Tie ir gadījušies lielu avāriju dēļ: elektrības padeves gadījumā visam kvartālam. Šādos gadījumos nav iespējams atjaunot sistēmas darbību uzreiz.

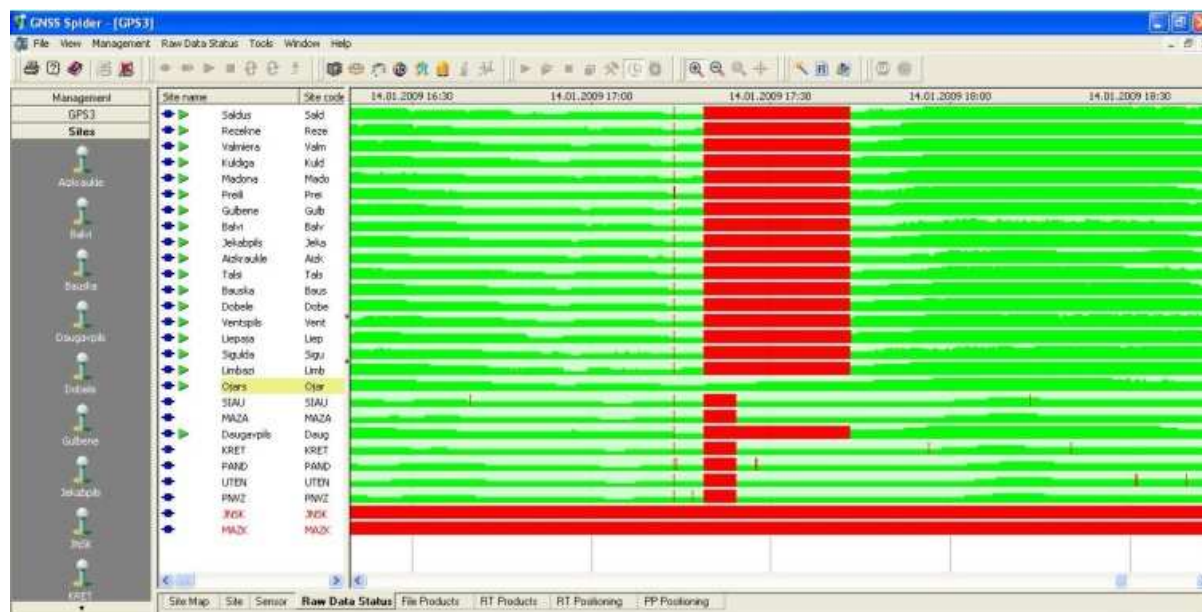
Latpos bāzes staciju pārtraukumi par 2008. gadu (%)



6. Att. Bāzes staciju darbības kopējais pārtraukums 2008.gadā

Fig. 6. Base station interruptions Year 2008.

Sistēmas darbības atjaunošanās pēc pilnīga pārtraukuma aizņem piecas minūtes, kamēr tiek pārreķinātas korekcijas koeficienti katrai bāzes stacijai. Ja mērnieki lieto korekciju tieši no vienas bāzes stacijas, tad mērnieks var lietot korekcijas datu plūsmu visu laiku.

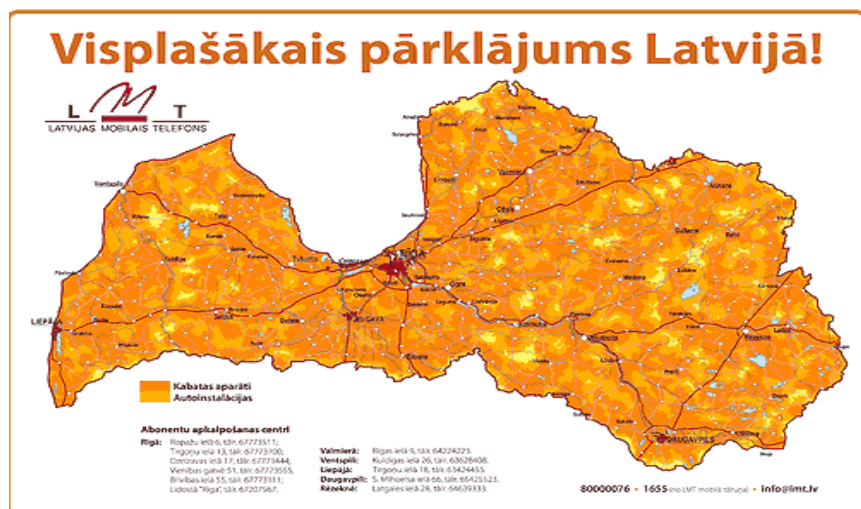


7. Att. Sistēmas kopējais pārtraukums

Fig. 7 System interruption

Sistēmas darbības un pieejamības faktors ir lietotāju piekļuve sistēmai. Piekļuve sistēmai notiek pieslēdzoties izmantojot bezvadu tehnoloģijas mobilo telefonu tīklu. Datu korekciju lietotājs saņem tiešraidē un instruments tieši uz lauka. Datu pārraides iespējas nodrošina mobilo telefonu operatori. Viens no populārākajiem datu pārraides piedāvātājiem ir Latvijas Mobilais Telefons (8. att). Datu pārraide var notikt divos veidos. GSM un GPRS. Datu pārraides veidi ir atšķirīgi. Vecākā tipa – GSM datu pārraide nodrošina prioritāru datu pārraidi. GSM datu pārraide ir primāra un datu pūsmai ir

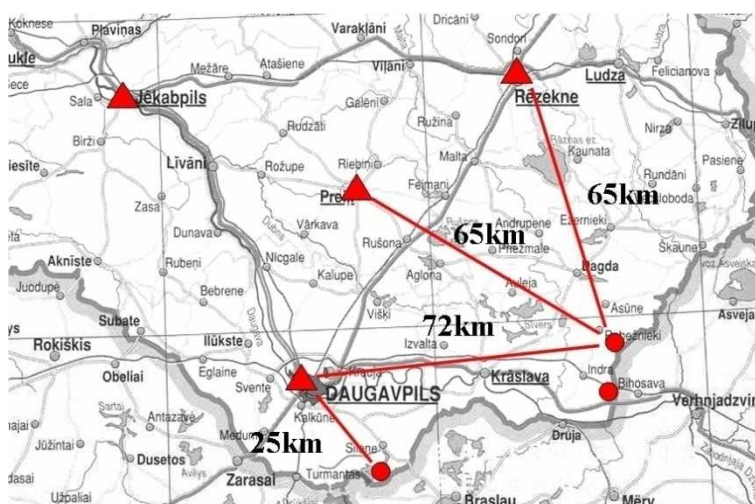
priekšroka. Līdz ar to datu pārraides kavējumi ir zem sekundes. Šīs datu pārraides veids ir dārgāks, jo tiek aprēķināta maksa par pieslēguma laiku.



8. Att. Mobilā telefona datu pārraides tīkla pārklājums. Avots: www.lmt.lv  
Fig. 8, Data transfer availability in Latvia. Source: www.lmt.lv

Datu pārraides veids GPRS tagad ir izplatītākais veids, jo tas būtiski ir lētāks. Maksa tiek aprēķināta par pārraidīto datu apjomu. Mērniekam veicot mērījumus, un pārvietojoties no punkta uz punkta datu pārraide tiek pārtraukta, pieslēgums tiek saglabāts. Iespējams veikt mērījumu momentāni, pieslēdzot datu pārraidi.

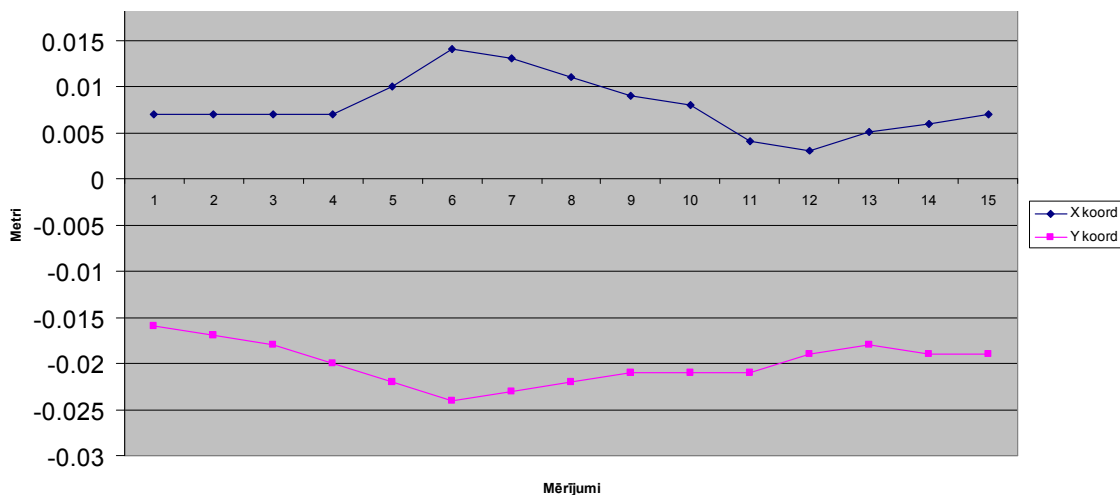
Datu pārraides kontroles mērījumi tika veikti uz trešās klases ģeodēziskā punkta (9.att). Mērījumi tika veikti ar trīs dažādiem instrumentiem – Trimble, Leica un Topcon. Mērījumu savstarpējā precizitāte un uzrādītās koordinātas neatšķirās vairāk par 5mm. Paša mērījuma precizitāte svārstījās no 15mm līdz 25 mm. Jāņem vērā, ka tuvākā bāzes stacija atrodas 65 km attālumā – Daugavpils. Mērījumi veikti ārpus LatPos sistēmas.



9. Att. Reālā laika mērījumi pie Valsts robežas  
Fig. 9 Real-time measurements near border

Veicot ap 50 kontrolmērījumus ārpus ģeodēziskā tīkla LatPos maksimālās nesakritības ar ģeodēziskajiem punktiem nepārsniedz 40 mm. Šis rādītājs ir lielāks par trešās klases ģeodēziskā tīkla precizitāti. Ņemot vērā, ka trešās klases ģeodēziskais tīkls nepārklāj pietiekoši visu valsts teritoriju, tad

mērījumu precizitāte no LatPos sistēmas sniedz lauku teritorijai pietiekošu precizitāti – zem 0.5m, kā noteikts nekustamā īpašuma noteikšanas noteikumos.



10. Att. Mērījumi uz Valsts ģeodēziskā 3. klases punkta  
Fig. 10 Measurements on third class benchmark

LatPos sistēmas otra sastāvdaļa ir pēcapstrādes dati. Mērniekam, ja nu gadījumā nav pieejamas reālā laika korekcijas – sistēma nedarbojas, datu pārraide nav pieejama, nav labas GPRS datu pārraides zonas, pastāv iespēja uzkrāt datus pēcapstrādei. Atgriežoties ofisā veikt datu izlādi un lejupielādēt no LatPos sistēmas pēcapstrādes datus. Vien sekunžu dati pieejami divus mēnešus. Vecāki dati tiek uzkrāti ar trīsdesmit sekunžu intervālu.

Pēcapstrādes datu nodrošināšanai bāzes stacijas apgādātas ar atmiņu septiņu dienu datiem. Bāzes stacija apgādāta ar UPS sistēmu, kas nodrošina bāzes stacijas darbību divas diennaktis bez elektrības(11.att).



11. Att. GPS bāzes stacijas aprīkojums  
Fig. 11 Base station equipment

Sistēma nodrošina divu veidu datu nodrošināšanu. Līdz ar to iespējams datus iegūt jebkurā laikā un jebkurā vietā.

Ja esam izpētījuši sistēmas darbības stabilitāti un datu iegūšanas stabilitāti, tad jānovērtē pašas sistēmas stabilitāte. Ģeodēziskie punkti ir zīmes, kas ieraktas zemē – ļoti stabilas. Bāzes stacijas

antenas ir novietotas mastos virs ēku jumtiem. Mastu stabilitāte atkarīga no to uzbūves un dabas ietekmes – vēja un saules. Salīdzinājumam veiksīm divu tuvāko bāzes staciju svārstību salīdzinājumu – Preiļu bāzes stacija ar masta garumu līdz vienam metram (12.att) un Daugavpils bāzes stacijas antenas stiprinājumu – masta garums pieci metri.



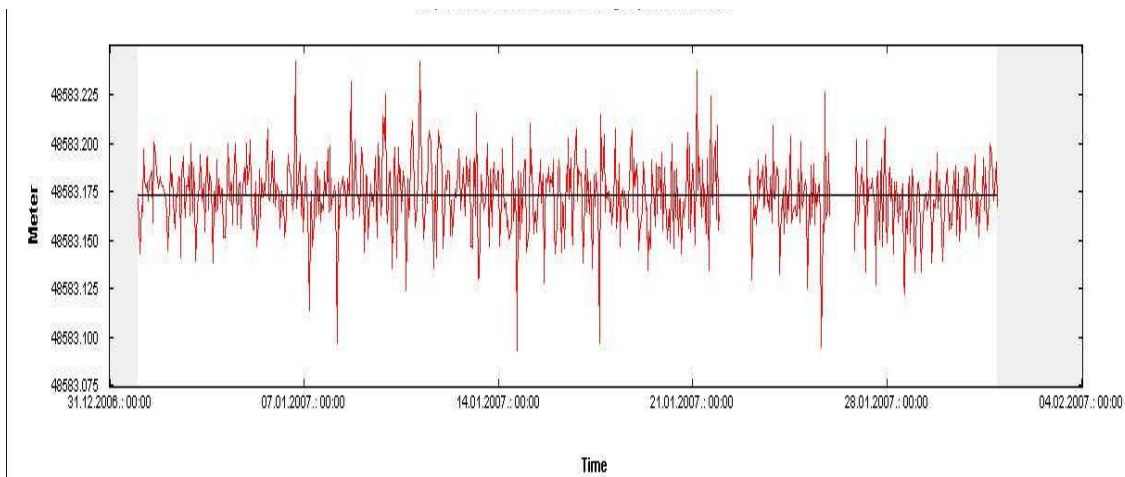
12. Att. Preiļu bāze stacijas antenas stiprinājums  
Fig. 12 Base station Preiļi

Bāzes stacijas Daugavpils antenas izvietojums veidots sakarā ar VZD telpu atrašanos noteiktajā ēkā un iespējamo datortīkla pieslēgumu. Lai antenai būtu maksimālā debess redzamība – bija nepieciešams veidot garu mastu virs ēkām un kokiem (13.att). Veicot datu uzkrāšanu un datu aprēķinus tiek savākti dati vienkopus. Izmantojot datus no diviem dažādiem laikiem – viena labvēlīga – ar minimālo saules aktivitātes periodu un izvēloties periodu ar maksimālo saules periodu tiek veikta slīpās distances mērījumu attāluma svārstību novērtējums. Mērījumiem tiek izvēlēts divu mēnešu periods (14.att). Divu mēnešu periods nepieciešams, lai izvērtētu ne tikai antenas svārstības īslaicīgā periodā, bet novērotu tās pa dienām.



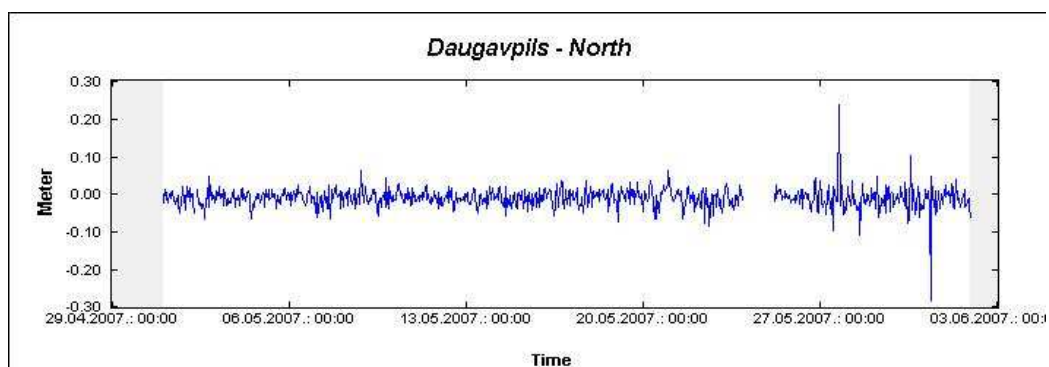
13. Att. Daugavpils bāzes stacijas antenas stiprinājums

Datu aprēķiniem izmantota programmatūra Trimble Total Control, sadaļa Motion control. No iegūtajiem grafikiem var novērot viļņveidīgu svārstību līkni. Šo līkni var skaidrot ar satelītu riņķošanu ap zemi un ritmisku to atgriešanos. Distances aprēķini notika ar desmit minūšu garu sesiju izmantošanu, divu mēnešu garumā. Aplūkojot grafiku (14.att) iespējams novērot distances svārstības.



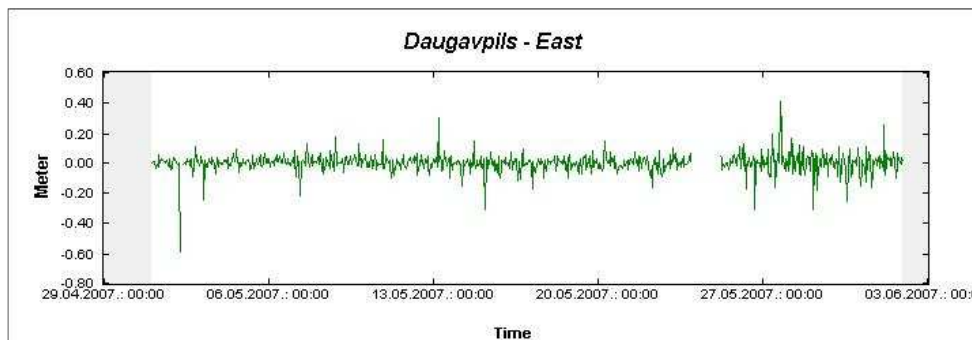
14. Att. Slīpā attāluma izmaiņa starp bāzes staciju Preiļi un Daugavpils  
 Fig. 14 Slope distance Preiļi - Daugavpils

Slīpā attāluma aprēķinos ietilps visas trīs koordinātas, līdz ar ko attāluma maiņa svārstās desmit centimetru robežās. Tā kā reālā laika lietotāji pielieto horizontālo koordinātu noteikšanai, nepieciešams aplūkot katru komponenti atsevišķi.



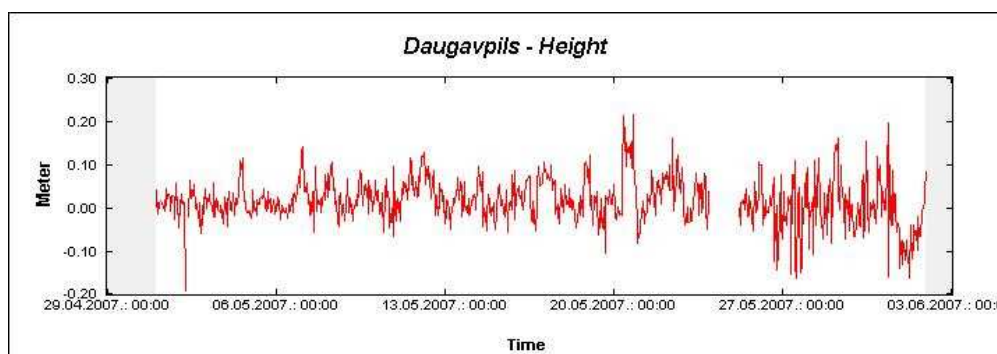
15. Att Daugavpils ziemeļu komponentes novirzes  
 Fig. 15 North coordinate deviation

Daugavpils ziemeļu komponentes novirze novērojama pāris centimetru robežās (15.att). Tā kā koordinātu aprēķini veikti izmantojot desmit minūšu garas sesijas, tad par momentānām antenas novirzēm nav iespējams spriest.



16. Att Daugavpils austrumu koordinātas novirzes  
 Fig. 16 Daugavpils Easting deviation

Aplūkojot Daugavpils novirzes austrumu virzienā (16.att) ir vienlīdz lielas ar ziemeļu virziena novirzēm. Atsevišķi lielās novirzes izsaka iespēju par nelabvēlīgu pavadoņu stāvokli, jo antenas fiziskas novirzes nav iespējamās tādā diapazonā.



17. Att. Daugavpils augstuma komponentes svārstības  
Fig. 17 Daugavpils Height deviation

Augstuma komponentes izmaiņas divu mēnešu laikā svārstās līdz pat desmit centimetru robežai.

Tā kā sistēmai ziemā nav uzstādīta monitoringa stacija, kas varētu visu laiku nepārtraukti kontrolēt sistēmas pārraidīto datu korekciju, tad mērniekiem darbu uzsākot un nobeidzot ieteicams veikt kontrolmērījumus uz tuvākajiem valsts ģeodēziskajiem punktiem.

## Nobeigums

Rezumējot par divu ģeodēzisko atbalsta sistēmu salīdzinājumu, var secināt, ka LatPos sistēma ir Valsts ģeodēziskā tīkla sastāvdaļa, papildinošais tīkls, kas ir kā instruments mērniekam, kas ļauj ātrāk un ar mazāku kļūdu iespēju veikt mērījumus ar trešās klases ģeodēzisko punktu precizitātes rādītājiem.

Klasiskajam ģeodēziskajam tīklam uzturēšanas režīms ir finanšu un resursu ietilpīgs. Nepieciešams fiziski uzturēt ģeodēziskos punktus un to konstrukcijas kārtībā, kontrolēt pret vandālismu. Mērniekam, lai izmantotu sistēmu, nepieciešams doties uz tuvākajiem ģeodēziskajiem punktiem un veikt mērījumus. Daļā Latvijas, ģeodēzisko punktu skaits nav pietiekams, lai nodrošinātu nepieciešamo mērījumu precizitāti. Noteiktos laika periodos veikt koordinātu pārrēķinus, uzturot koordinātu sistēmu aktuālu. Koordinātu katalogu iespējams izplatīt elektroniski. Ģeodēziskie punkti nav atkarīgi no elektrības vai kādas citas sistēmas, piemēram, datu pārraides.

LatPos sistēma ir sarežģīta elektroniskā atbalsta sistēma. Sistēmu iespējams apkalpot mazs personāla skaits un to ir iespējams elektroniskā veidā atjaunot. Laika izmaiņas koordinātās iespējams pārrēķināt, izmantojot sistēmas uzkrātos datus. Mērniekam, lai lietotu šo atbalsta sistēmu nav nepieciešams meklēt kādu noteiktu vietu dabā, bet veikt tieši objekta uzmērīšanu. Tā kā pētījumā veiktais sistēmas darbības laiks ir lielāks par 99%, tad ģeodēziskā elektroniskā sistēma ir uzskatāma par drošu. Pēcapstrādes datu iegūšana vēl paaugstina mērīšanas drošības pakāpi, jo ja gadījumā tomēr datu pārraide uz lauka ir apgrūtināta, tad iespējams uzkrāt mērījuma datus pēcapstrādei un veikt aprēķinus ofisā.

## Literatūra

Interneta resursi:

1. 20.03.2007. MK noteikumi Nr.182 "Noteikumi par nekustamā īpašuma objekta noteikšanu". [Elektroniskais resurss] /<http://www.likumi.lv/doc.php?id=154849> / Resurss aprakstīts 2009.g. 1.martā;
2. Control Networks Using RTK/ Jeff R. Cook/1999/ Trimble User Conference;
3. Network RTK in Northern and Central Europe/ Andreas Engfeldt;

4. Datu pārklājuma karte[Elektroniskais resurss]/ <http://www.lmt.lv/lat/abonentiem/parklajums/>  
Resurss aprakstīts 2009.g. 1.martā;

## Kopsavilkums

### **Zvirgzds J., Bāzes staciju sistēmas LatPos darbības stabilitāte**

Latvijas ģeodēziskais tīkls 2005.gada rudenī tika papildināts ar modernu tehnoloģiju tīklu – LatPos, kas ir GPS bāzes staciju sistēma un ļauj noteikt koordinātas jebkurā Latvijas vietā ar līdz četriem centimetru precizitātei. Rakstā salīdzinātas klasiskās ģeodēziskās atbalsta tīklu sistēmas darbība un iespējas ar jauno tehnoloģiju sistēmu LatPos. Klasiskās sistēmas uzturēšanai nepieciešami lieli resursi un tas ir laikietilpīgs process. LatPos sistēmu iespējams apkalpot pāris cilvēku komanda un uzturēt to darbībā. Novērtējot stabilitātes faktoros, klasiskais ģeodēziskais tīkls arī nav stabils, jo notiek zemes garozas kustības, līdz ar to nepieciešams regulāri veikt koordinātu pārrēķinu. LatPos sistēmas stabilitāte atkarīga no daudziem faktoriem, kas ietekmē mērījumu veikšanu: datu pārraide uz serveri un datu pārraide lietotājam. Ja arī datu pārraide kavējas, iespējams veikt mērījumus ar instrumentu un uzkrāt datus pēcātrādei. Tas nodrošina, ka LatPos sistēma tomēr ir stabilāka un dati pieejami elektroniski. Bāzes stacijas kā ģeodēziskie atbalsta punkti tiek kontrolēti nepārtraukti, katru sekundi un problēmu gadījumā sistēma spēj vienu bāzes staciju aizstāt ar citām, pārrēķinot pārraidīto korekciju lietotājam. Uzkrājot datus, LatPos sistēmas koordinātas iespējams pārrēķināt momentāni, neveicot papildus darbības un nodrošināt mērījumus šā brīža koordinātu sistēmā un laikā.

### **Zvirgzds J., LatPos base station System stability**

New generation GPS base station network System LatPos was added to geodetic network of Latvia. This Global Positioning System Base Station System provide Real Time Measurements all over country with up to four centimeter preciseness. In this article discussion about making measurements in old fashion geodetic network and LatPos System has been discussed. To keep up and running classical geodetic network, lot of resources and time is needed. Contrary, LatPos system can be afforded by several specialists. To evaluate factors, and make decision, which system is better, the classical geodetic network is not stable in case of Earth movements. Coordinate recalculations is needed time after time. This means measurement sessions and office works. Opposite is LatPos system, where data are collecting all the time and coordinate recalculation is possible every time. Not only coordinate stability, but data transfer from base stations to server and user. If any interruptions in data transfer, data is collected on base stations and later transferred to server. User can collect data on rover and make data postprocessing at office, when data will be available. This concludes that LatPos system is high stability and availability.

### **Звиргдс Я. Стабильность функционирования системы базовых станций ЛатПос**

Осенью 2005 года государственная геодезическая сеть Латвии была дополнена технологически современной сетью ЛатПос, т.е. системой базовых станций ГПС. Эта система позволяет определить координаты в любой точке Латвии с точностью до 4 см. В статье дано сравнение функционирования системы классической опорной сети с возможностями новой системы ЛатПос. Для поддержки классической системы нужны большие ресурсы и это продолжительный процесс. Систему ЛатПос обслуживает несколько человек. Оценивая факторы стабильности надо отметить, что классическая геодезическая сеть тоже не стабильна в связи с движением земной коры. И поэтому необходимо регулярное перевычисление координат. На стабильность системы ЛатПос влияют многие факторы, в.т.ч. на проведение измерений передача данных на сервер и пользователю. И хотя передача данных запаздывает, можно провести инструментальное измерение и набрать данные для последующей обработки. Это в свою очередь обеспечивает большую стабильность системы ЛатПос, а данные доступны в электронном виде. Базовые станции как опорные геодезические пункты контролируются постоянно, каждую секунду, а в проблемных ситуациях одну базовую станцию можно заменить другой перевычисляя передаваемую пользователю коррекцию. Набирая данные координаты системы ЛатПос можно моментально перевычислить, при этом без дополнительных действий. И тем самым обеспечить измерения в современной системе координат и во времени.