

SUMMER SCHOOL „GEODESY AND GLOBAL WARMING”**VASARAS SKOLA „ĢEODĒZIJA UN GLOBĀLĀ SASILŠANA”****Ivars Aleksejenko**

Laboratory assistant of Geomatic department, Bc.sc. ing,

Āzenes iela 16, room 103.

ivarsa@inbox.lv

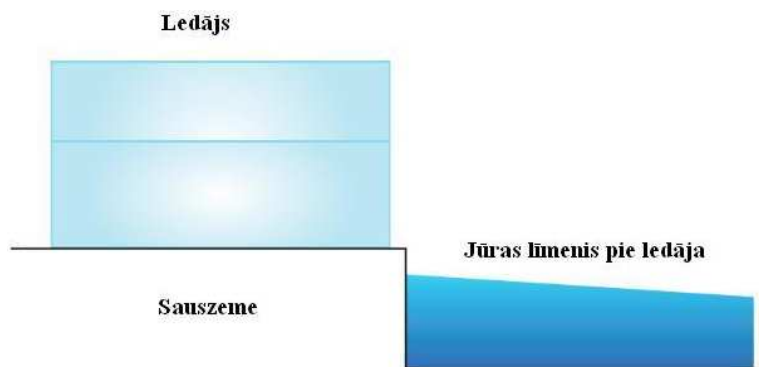
Atslēgas vārdi: GRACE, Zemes smaguma spēks, Globālā sasilšana

Ievads

Laika posmā no 2008. gada 24. līdz 28. augustam Īslandē, Nesjavellir notika NORDISKA KOMMISSIONEN FÖR GEODESI (NKG) rīkotā vasaras skola ģeodēzijas speciālistiem un studentiem. NKG rīko vasaras skolas, lai veicinātu savstarpējo apmaiņu ar jaunākajiem zinātniskajiem sasniegumiem un celtu vispārējo zināšanu līmeni Ziemeļvalstu ģeodēzistu vidū. Vasaras skolas laikā notika ģeodēzijā atdzītu speciālistu un profesoru lekcijas. Vasaras skolu atklāja Īslandes vides ministrs Anders Olssons un Īslandes Zemes dienesta ģenerāldirektors Magnus Gudmundssons. Lekcijas par ”Ģeodēziju un Globālo sasilšanu” nolasīja Harvard-Smithsonian Astrofizikas centra profesors Džims Deivis.

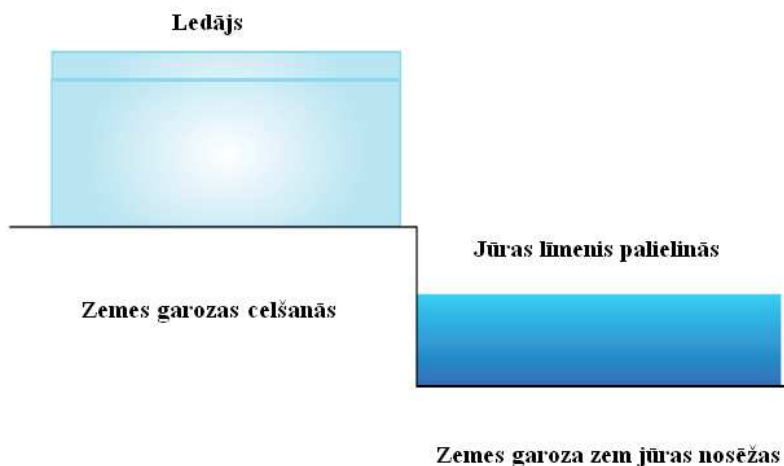
Džims Deivis novadīja lekciju kursu par to kā, izmantojot ticamus, bet brīvi pieejamus datus no globālā tīmekļa var veikt zinātniskus aprēķinus. Izmantojot NASA (National Aeronautics and Space Administration) mājas lapā <http://geoid.colorado.edu/grace/grace.php> pieejamos datus par GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) misijas radītiem ģeoīda modeļiem ir iespējams sekot līdz Zemes smaguma spēka izmaiņām laika gaitā. Veicot šo datu apstrādi, izlīdzinot GRACE misijas radītos zigzagus smaguma laukā, un savietojot šos datus ar nokrišņu modeli par laika periodu, ir redzama sakarība starp nokrišņiem jeb ūdens masas kustību un zemes smaguma spēka lauka izmaiņām. Globāli skatoties no Grenlandes iztvaikojošais ūdens pārsvarā nolīst Amazone džungļos, tajā pat laikā smaguma lauks samazinās Grenlandē un palielinās Amazonē, veidojas Zemes pulsācijas. Runājot par ledāju ietekmi un jūras līmeni, vienmēr jāpatur prātā, ka ledāju kušana un nokrišņi ir ūdens masas pārvietošanās atmosfērā.

Pirmajā attēlā ir redzama ledāja un jūras attiecība pirms ledāja kušanas. Ledāja masa ir sasnērusi ūdens līmeni tā tiešā tuvumā



1. attēls

Otrajā attēlā ledājs jau ir sācis kust (ūdens masa pārvietojas), Zemes garoza zem ledāja ceļas, taču zem jūras iegrimst, jo notiek arī ūdens daudzumu palielināšanās jūrā un pieaug spiediens uz jūras dibenu. No tā var secināt, ka ledāja kušana viennozīmīgi nenorāda uz jūras līmeņa palielināšanos, jo attiecība starp jūru un sauszemi nesamazinās.



2.attēls

Jenni Virtanen iepazīstināja ar Somijas Ģeodēzijas Institūta projektu „GRACE water storage estimates in Finland and the effect of Baltic Sea level variation”. Projekta ietveros tiek salīdzināti dažādi ūdens daudzuma modeļi, ko rada ar sauszemes mērījumiem un ar modeļiem, kas tiek iegūti no GRACE misijas smaguma spēka lauka mērījumiem.

Sākumā apskatīsim modeļus par sauszemi.

Somijas Vides Institūts ir radījis Somijas kā ūdensgūtvē baseina simulācijas un pārējo sistēmu WSFS, kas spēj reālā laikā radīt modeļus par ūdens kustību Somijā. Modeļa režģis ir 1x1 km. Klimata paredzēšanas centrs ik mēnesi rada Ūdens akumulēšanas modeļus CPC, no kura rada augsnes mitruma modeļi visai pasaulei. Modeļa režģis 0.5°x 0.5°. Modeļa lielākā nepilnība ir tā, ka tas darbojas kā ‘caurs spainis’ efektīgi tas spēj radīt modeli par 0.76 m lielu ūdens virsmu. Globālā zemes datu asimilācijas sistēma arī rada ūdens daudzuma modeļus, kas atjaunojas katras 3 stundas, ar režģi 1°x1°, ir iespēja darboties ar dažādiem slāņiem, satur augsnes mitrumu un sniega segu. No GRACE misijas datiem tiek radīti modeļi gan sauszemei, gan okeāniem. Apskatīsim modeļus, kas rodas par sauszemi. Katru mēnesi Teksasas universitāte rada CSR RL 04 (Center of Space Research Release) modeļus, kas izrēķina režģa masas izmaiņas ar izotropisku Gausa filtru. Ohaijo valsts universitāte ik mēnesi aprēķina reģionālus modeļa OSU risinājumus 220x 220km lieliem blokiem. NASA Hovarda

Kosmosa Lidojumu Centrs (GSFC) aprēķina katras 10 dienas Mascona risinājumu masa izmaiņām 4°x 4° lieliem blokiem. Sākumā tiek salīdzināti GRACE smaguma spēka mērījumi uz Zemes ar absolūto gravimetrisko punktu Metsahovi, kur notiek nepārtraukti smaguma spēka mērījumi. Datu savstarpējā korelācija ir ļoti laba. Salīdzinot visus ūdens modeļus, kas radīti uz Zemes, savstarpējā korelācijas arī ir laba, tas nozīmē, ka visi apraksta notikumus uz Zemes ticami. Ja veic CSR modeļu salīdzināšanu ar ūdens daudzuma modeļiem laika posmā no 2003. gada līdz 2007. gadam ir redzams, ka pēc 2004. gada otras puses CSR korelācija uzlabojas, tas ir izskaidrojams ar pietiekošu datu uzkrāšanu, lai varētu veikt ticamu modelēšanu un datu apstrādi. Salīdzinot Mascon modeļus ar ūdens daudzuma modeļiem, to savstarpējā korelācija ir laba jau sākot no 2003. gada otras puses, jo Mascon modeļus rada NASA un tur ir lielāka zinātnieku kapacitāte. Savstarpējā korelācija ir parādīti 1.tabulā

Savstarpējā korelācija

	WSFS	CPC	GLDAS
CPC	0.83		
GLDAS	0.85	0.82	
CSR000	0.32	0.29	0.36
CSR300	0.60	0.68	0.49
CSR400	0.64	0.77	0.46
CSR600	0.60	0.77	0.40
MASCON	0.77	0.85	0.64

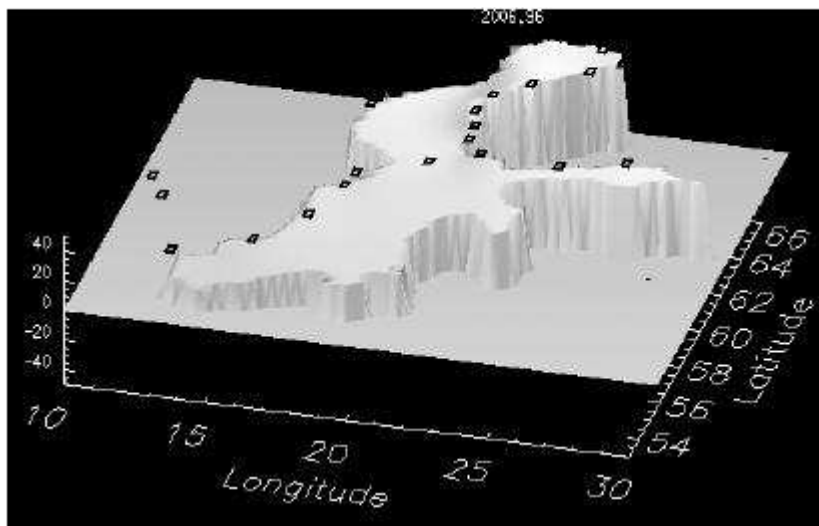
By M. Bilker-Koivula

1.tabula

Apskatīsim GRACE misijas jūru un okeānu datus.

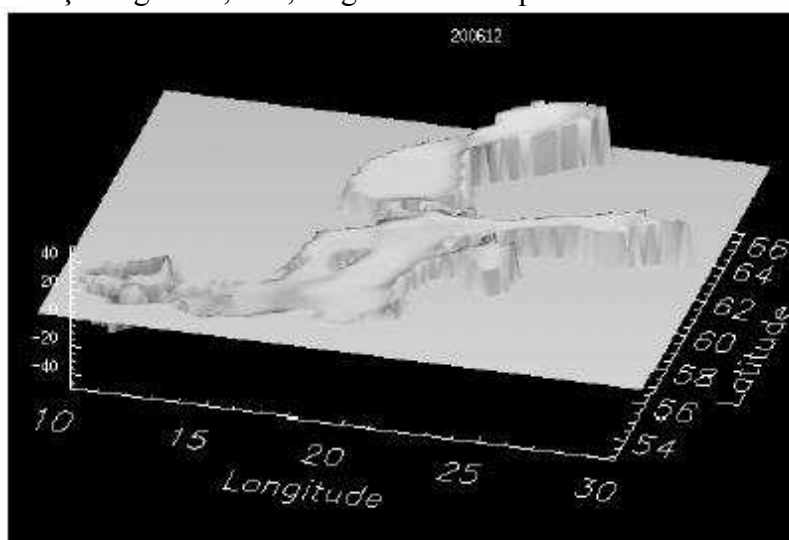
Somijas Ģeodēzijas institūts apskatīja Baltijas jūru ar tās ūdens līmeņa variācijām. Ūdens līmeņa variācijas rada vispasaules ūdens nevienmērīga izkliede un ūdens līmeņa „piepildīšanās” process no Ziemeļjūras, tos rada gan gaisa spiediens, gan vējš. Katru mēnesi „piepildīšanas” līmenis svārstās vidēji 15 cm robežās. GRACE novēro masu izmaiņas, tas nozīmē, ka GRACE ļoti labi novēro šo piepildīšanās procesu.

Modeļus par Baltijas jūras līmeni iegūst no patstāvīgajām mariogrāfu novērošanas stacijām PSMSL, kas interpolējot iegūst visas Baltijas jūras modeli. Attēlā 3. modelis ir ar epohu 2000.5



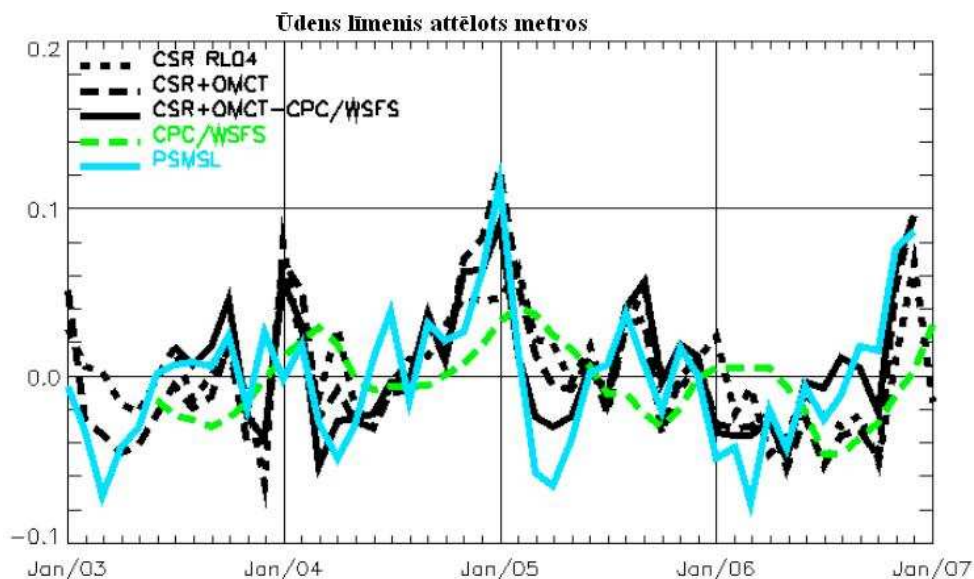
3.att.

Somijas jūras izpētes institūts arī rada modeļus par Baltijas jūru, kas ir radīti, lai paredzētu ūdens izmaiņu. Modeļa režģis ir 0,2 x 0,1deg. Attēlā 4. ir parādīts šis modelis.



4.attēls

No abiem modeļiem var redzēt, ka Baltijas jūra ir sasvērussies ZD virzienā, ko var skaidrot gan ar jūras sāļuma izmaiņām, gan Fenoskandijas pēc Ledus laikmeta celšanos. No GRACE misijas datiem tiek radīti divi modeļi. CSR RL04 rada RL 04 A0D1B, kas iekļauj Baltijas jūras teritoriju tā Gausa izlīdzināšanas rādiuss ir 400 km un n mēroga faktors 0,25. Tiek radīts arī Okeānu cirkulācijas un plūdmaiņas modelis OMCT. Mascon risinājumā tiek ņemta vērā apgrieztā barometriskā korekcija IB. Ņemot vērā to, ka GRACE misija mēra masu izmaiņas, CSR tiek veikta korekcija ar GLAS un WSFS modeļu palīdzību, izslēdzot kontinentālo ūdeņu ietekmi uz GRACE datiem. Salīdzinot datus ar korekciju par GLDAS un WSFS, bez korekcijas un datiem, kuros tiek veikta korekcijas CPC, protams, vienmēr tiek veikta korekcija par OMCT, jāsecina, ka mazliet labāka korelācijas ar PSMSL datiem ir ja veic korekciju ar CPC datiem. 5. attēlā tas ir attēlots līknēs.



5.attēls

Modeļu savstarpējā saderība ir attēlota 2. Tabulā

2.tabula

$$R^2 = 1 - \text{var}(\text{PSMSL} - \text{GRACE}) / \text{var}(\text{PSMSL})$$

GRACE estimate	explained variance	Cross-correlation
CSR	-	-
CSR+OMCT	0.32	0.69
CSR+OMCT-GLDAS	0.54	0.79
CSR+OMCT-CPC	0.63	0.81
OSU	0.41	0.67
GSFC	-	0.50

* GSFC ir izlabots ar IB korekciju, CSR ar OMCT
GSFC un OSU var būt ietekmēti ar signāla noplūdi kontineta ūdens dēļ

Par atbalstītājiem un to aprēķinu stāstīja Norvēģijas kartogrāfiskās aģentūras pārstāvis Oddgeirs Kristiansens. Lekcijas bija veltītas Eiropā un Pasaulē lietoto koordinātu sistēmu un realizāciju vēsturei un sasaistei.

Tika norādīts, ka ETRF89 koordinātu pārveide uz ITRF2000 nav matemātiski iespējama, jo par atbalstu ir izmantoti dažādi pamatdati un laika mērīšanas metodes. ETRS tiek definēta izmantojot tikai GPS datus, bet ITRS izmantojot SLR, LLR un VLBI datus, kā arī ITFS izmanto par pamatu Ģeocentrisko koordinātu laiku nevis Zemes koordinātu laiku, kas ir ETRS sistēmā.

Jebkuras koordinātu sistēmas realizācijas vajadzībām ir nepieciešams noteikt Zemes ass griešanās ātrumu, tās kustību un pārvietošanos telpā, ko vislabāk var izdarīt ar VLBI metodi,

jo tikai tā dod iespēju piesaistīt koordinātu sistēmu sākumu ārpus mūsu planētas. Tika ierosināts ITRF realizācijām pievienot visus kosmiskās ģeodēzijas datus un iegūt vienu TRF, kas būtu vieglāk uzlabojams un modernāks. Nesaistes starp šīm sistēmām rada arī to piesaistes areāls ITRS tā ir Zeme, bet ETRS tā ir Eirāzijas tektoniskā plātne.

Par koordinātu izmaiņas ātruma noteikšanu BIFROST tīklā stāstīja doktors Martins Lidbergs no Zviedrijas.

Kovariācijas analīzes izmantošanas ģeodēzijā un ģeofizikā izklāstīja Helsinku universitātes profesors Martins Vermeers.

Ar kriosfēras mērījumiem no lidmašīnām un satelītiem iepazīstināja Dānijas tehniskās universitātes doktore Sine Munk Hvidegaarde. Dānijas kolēģi izmantojot no lidmašīnām iegūtos datus par kriosfēru Grenlandē veic ledāju kušanas monitoringu. Dati tiek apkopoti un veidoti modeļi, kurus laika skalas griezumā var salīdzināt un izdarīt secinājumus. Novietojot GNSS uztvērējus uz ledāja tiek noteikts tā kustības virziens un ātrums. Savienojot šos datus ar smaguma spēka lauka mērījumiem var izdarīt pilnīgākus un patiesākus secinājumus par ledus segas lielumu un biezumu. Tas ļauj prognozēt un aprēķināt reāli izkusušo ledāju masu.

Čalmeras tehniskās universitātes profesors Jans Johanssons iepazīstināja iespēju par GNSS datu izmantošanu meteoroloģisku prognožu veikšanai. Par pamatu tiek ņemts signāla aizkavēšanās mērījumi zenītā, ko rada ūdens tvaiki. Izmantojot reālā laikā vienlaicīgi pienākošus datus no GNSS stacijām visā Zviedrijā un Skandināvijas valstīs, var modelēt laika apstākļus. Modeļa sniegtās informācijas precizitāte neatpaliek no pārējiem meteoroloģiskiem modeļiem. Lokāli tas ir pat labāks, taču problēmu sagādā datu nepārtraukta saņemšana no GNSS stacijām. Datu apstrādei jānotiek nepārtraukti un dati jāsaņem bez kavējumiem, pretējā gadījumā nav iespējams modelēt reālā laikā un sasniegt nepieciešamo precizitāti. Jana Johanssona vadībā tiek veikti arī GNSS staciju balstu konstrukcijas ietekmes analīze uz GNSS stacijas koordinātām. Tika atklāts, ka rezultātu ticamības palielināšanai nepieciešams zem uztvērēj antenas novietot absorbējošus materiālus, kas neļauj atstarotajam signālam nonākt līdz antenai.

Secinājumi

Ģeodēzijas kā zinātnes viens no pamatuzdevumiem ir Zemes formas un izmēru noteikšana. Zemeslodei ir neregulāra forma, kuru ir ļoti sarežģīti matemātiski aprakstīt, virsmu, kas vislabāk apraksta Zemi sauc par ģeoīdu un tā ir smaguma spēka lauka līmeņvirsmā. Ģeoīdu var iegūt dažādos veidos. Viena no Pasaules praksē vispārpieņemtajam metodēm ir ar smaguma lauka mērījumu palīdzību.

Lekcijas pārsvarā bija par Zemes smaguma spēka mērījumiem, tā izmaiņu novērošanu ar dažādām metodēm un to lietderīgu izmantošanu ģeodēzijā un globālās sasilšanas novērojumos. GRACE misijas dati dod iespēju ar maziem resursiem veikt pētījumus par Zemes smaguma spēka lauku un izmantot šos datus, lai sekotu līdzi globāliem procesiem.

Vasaras skola sniedza ieskatu globālajās norisēs ģeodēzijā un tās sadarbībā ar citām zinātnēm. Mūsdienu ģeodēzija vairs nav iedomājama bez globāliem un lokāliem ģeoīdu un kvaziģeoīdu modeļiem, tie ļauj gan veikt patiesu augstumu pārrēķinu, gan veikt globālās ūdens masas monitoringu, gan apstiprināt zinātniskās teorijas par Zemes garozas kustību pēc Ledus laikmeta.

Ziemeļvalstu ģeodēzisko darbu būtiska sastāvdaļa ir bez Zemes garozas celšanās novērojumi, kas ļauj ieviest korekcijas gan vertikālajā tīklā, gan horizontālajā.

Latvijas teritorija atrodas relatīvi seismiski mierīgā teritorijā, taču arī Latvijā ir jūtamas Zemes garozas celšanās pēc Ledus laikmeta laikā, tas ir jāņem vērā augstākās ģeodēzijas aprēķinos.

Veicot visas informācijas par Zemi apkopošanu nav viennozīmīgas atbildes vai globālās sasilšanas procesu dēļ ūdens līmeni Pasaules okeānā ceļas vai ne, jo šo procesu ietekmē daudzi citi procesi un ir ļoti sarežģīti noteikt to punktu pret kuru sākt mērīt šo līmeni. Atskaites punkts arī piedalās Zemes garozas kustībā.

Horizontālā atbalsta tīkla definīcija globālā mērogā ir pārcietusi laika pārbaudi un varbūt daudz precīzāk un ir labāk definēta ar kosmiskās ģeodēzijas palīdzību.

Literatūra

<http://www.lmi.is/english/surveying/nkg-summer-school-2008/>

<http://www.csr.utexas.edu/grace/>

<http://www.nasa.gov/>

Aleksejenko I., Vasaras skola „Ģeodēzija un globālā sasilšana”

Vasaras skolā „Ģeodēzija un Globāla sasilšana” tika apskatīti jautājumi, kas ir saistīti ar Zemes smaguma spēka lauka iegūšanu un modelēšanu. Izmantojot šos datus ir iespējams modelēt un ticami sekot līdz ūdens masas kustībai uz Zemes. GRACE misijas dati ļauj globālā un lokālā mērogā veidot ģeoida modeļus un ieviešot korekcijas piemērot katram atsevišķam gadījumam. Pasaules koordinātu sistēmas definēšana nav vairs iespējama bez kosmiskās ģeodēzijas datiem, taču tiem ir jābūt ticamiem un savietojamiem.

Aleksejenko I., Summer school „Geodesy and Global warming”

In summer school “Geodesy and Global warming” were discussed questions about Earth gravity power field. Have to get data and modelled it. This data can be used for monitoring of water mass change over the World. GRACE mission information could be used for geoid models of local and global means. World coordinate system definition no more imaginable without space geodesy data but data must be valid and comparable.

Алексеенко И. Летняя школа „Геодезия и Глобальное потепление”

В летней школе „Геодезия и Глобальное потепление” были рассмотрены вопросы о моделировании и получении силы тяжести Земли. С помощью этих данных можно следить за передвижением масс воды. При помощи данных миссий GRACE можно создать локальную и глобальную модели геоида и при коррекции использовать их в других целях. Системы мировых координат уже не возможно определить без данных космической геодезии.