

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Eesti Mereakadeemia
Merendusteaduskond
Veeteede ohutuse korraldamine ja haldamine

Konstantin Jelisejev

**GIS LAHENDUS SOOME LAHE SÜGAVUSANDMETE
KASUTAMISEKS LAEVAMÜRA SIGNAALIDE
KUULDAVUSE ANALÜÜSIS**

Diplomitöö

Juhendaja: TTÜ dotsent Janek Laanearu

Tallinn 2016

Olen koostanud töö iseseisvalt.

Töö koostamisel kasutatud kõikidele teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele on viidatud.

Konstantin Jelisejev.....

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: a141211

Üliõpilase e-posti aadress: konstantin.jelisejev@gmail.com

Juhendaja TTÜ dotsent Janek Laanearu :

Töö vastab lõputööle esitatud nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele

.....

SISUKORD

| | |
|----------------------------------------------|----|
| ABSTRAKT | 5 |
| SISSEJUHATUS | 6 |
| 1. ÜLDMETOODILINE OSA | 8 |
| 1.1. Geoinfosüsteemid | 8 |
| 1.2. Vektorandmed..... | 8 |
| 1.3. Punkt-, joon- ja polügoonobjektid | 9 |
| 1.4. Vektorandmete kasutamine GISis | 11 |
| 1.5. Vektorandmete probleemid..... | 12 |
| 1.6. Rasterandmed..... | 12 |
| 2. ALGANDMED | 14 |
| 2.1. AIS | 14 |
| 2.2. BIAS mõõtmispunktid | 15 |
| 2.3. Soome lahe andmed | 15 |
| 2.4. Koordinaatide teisendamine | 17 |
| 3. PRAKTILINE OSA..... | 19 |
| 3.1. Quantum GIS | 19 |
| 3.2. Batümeetria faili lisamine | 21 |
| 3.3. csv ja .csvt failid | 22 |
| 3.4. Moodulid..... | 23 |
| 3.5. Rasteriseerimine..... | 25 |
| 3.6. BIAS20 ja BIAS21 | 29 |
| KOKKUVÕTE | 40 |

| | |
|-------------------------|----|
| SUMMARY | 43 |
| KASUTATUD ALLIKAD | 44 |
| LISAD | 45 |

ABSTRAKT

Käesoleva töö eesmärgiks on võtta kasutusel Veeteede Ameti mõõtmisandmed, et koostada rasterkaart Soome lahe batümeetria jaoks, ning määrata põhjaprofiilide toime veeluse heli levimisele Soome lahes.

Enamik, kuid mitte kõik mereimetajatest sõltuvad veelusest helist ja nende jaoks eksisteerib oht, mis on põhjustatud inimtekkelisest müra.

Vees heli edastatakse väga hästi, paremini kui õhus. See loob helile palju parema kommunikatsiooni kanali võrreldes valgusega. Nähtavus veel all on puudulik, paremal juhtudel kuni 30 m, aga sageli praktiliselt puudub. Sellepärast ongi paljude mereimetajate nägemine puudulik, ning kuulmine on hästi välja arenenud. Inimtekkeline müra, mis lähtub allvee plahvusest või liiga tihedast laevaliiklumisest, võib tekitada pöördamatud füsioloogilised või ka füüsilised kahjustused mereimetajatele ja kaladele.

Alveemüra jaguneb kaheks liigiks: pidevmõra ja impulssmüra. Käesolevas töös vaadeldakse ainult laevaliiklusega kaasnevat pidevmüra. Eeldatakse, et laevamüra levib sirgjoonselt ja määratakse kuidas batümeetria võib maskeerida veelust heli levikut.

Töö praktiline osa on seotud laevamüra ja mere põhjareljeefi sõltuvuse määramisega. Töö tegemiseks kasutatakse tarkvara QGIS.

Võtmesünad: QGIS, vektorandmed, rasterandmed, põhjaprofiil, veelune müra.

SISSEJUHATUS

Läänemere ümber paiknevad üheksa riiki (Eesti, Läti, Leedu, Poola, Saksamaa, Taani, Rootsi, Soome ja Venemaa). Läänemeri on üks suurima laevaliiklusega meri. Meres navigeerib korraga ligikaudu 2000 laeva. Lisaks looduslikule mürale (lained, hoovused, vihm, välk jm) kaasneb laevaliiklusega samuti veealune müra, mis võib olla kahjulik merekeskkonna elustikule (kalad, hülged, linnud jt). Veealuse müra mõõtmistööd on läbi viidud EL Life+ keskkonna-uuringute vahenditest rahastatud projekti Läänemere helepildi informatsioon (BIAS — *Baltic Sea Information on the Acoustic Soundspace*) raames. Projekt algas 2012. aastal, ning kestab 4 aastat.

Projektis on püstitatud järgmised põhieesmärgid:

- Tõsta veealuse müraga seotud teadlikust riigi asutuste ja ettevõtete seas;
- Koostada piirkondlikud rakendused meremüra mõjude määramiseks;
- Mõõta veealust müra, ning kaardistada tulemused;
- Koostada veealuse müra standardid ja mõõtmismeetodid Läänemere jaoks;
- Määrata laevaliiklusega kaasneva pidevmüra tasemed

Püstitatud eesmärkide saavutamiseks on koostatud tegevuste plaan

- Mõõtmistööde ettevalmistuse periood
- Veealuse müra mõõtmisperiood
- Mõõtmis- ja signaalitöötlusstandardite koostamine
- Meremüra modelleerimine
- Soovituste andmine meremüra tasemete määramiseks

Esimene projekti aasta (2012 – 2013) oli peamiselt seotud mõõtmisaparatuuri soetamisega ja hüdroakustiliste mõõtmiste lubade taotlemisega. Oluliseks tegevuseks oli arendada välja rahvusvaheliselt tunnustatud mõõtmismeetoodika. Teine projekti aasta (2013 – 2014) oli peamiselt seotud mõõtmistöödega ja kvaliteedi kontrolliga. Kolmas projekti aasta (2014 - 2015) oli samuti seotud mõõtmistöödega ning andmete ettevalmistusega

modelleerimiseks. Oluliseks tegevuseks oli GIS planeerimisvahendi koostamine. Viimane projekti aastal (2015 – 2016) on peamiselt planeeritud helipildikaartide koostamisega ning aruannete koostamisega.

Töö peamiseks ülesandeks on määrata mere aluspõhja profiilid BIAS mõõtmisjaamade (BIAS20 ja BIAS21) lähiümbruses Soome lahes, ning kasutada saadud informatsiooni laevamüra signaalide levimiskauguse määramiseks. See on vajalik laevamüra signaalide kuuldavuse analüüsiks. Töös kasutatakse selleks Eesti Veeteede Amet (VTA) Soome lahe batümeetria mõõtmisandmeid resolutsiooniga 100 m. Batümeetria andmete rasteriseerimiseks ja profileerimiseks kasutatakse Geographic Information System (GIS) tarkvaraga QunatumGIS (QGIS): Lyon 2.12. GIS tarkvaras kasutatakse batümeetria andmete koordinaatteisendust L-EST. Mere aluspõhja suundprofiilide alusel on võimalik teha järeldusi (graafiliselt illustreerida) kas Soome lahe batümeetria muudab laevamürasignaalide kuuldavust erinevates suundades.

1. ÜLDMETOODILINE OSA

1.1. Geoinfosüsteemid

Geoinfosüsteemi programmid (edaspidi GIS) – see on tarkvara, mis on mõeldud ruumiliste andmete analüüsiks. Peamised küsimused, millega saab vastata GIS abil on järgmised:

- Kus asub? (määrab koordinaatid)
- Mis asub selles kohas (objektide liik)
- Mis muutus selles kohas alates sellest kuupäevast (määrab ajalised muutused kindlas alas)
- Mäh juhtub , kui ... ? (modelleerimine - mis juhtub, kui lisada uus objekt)

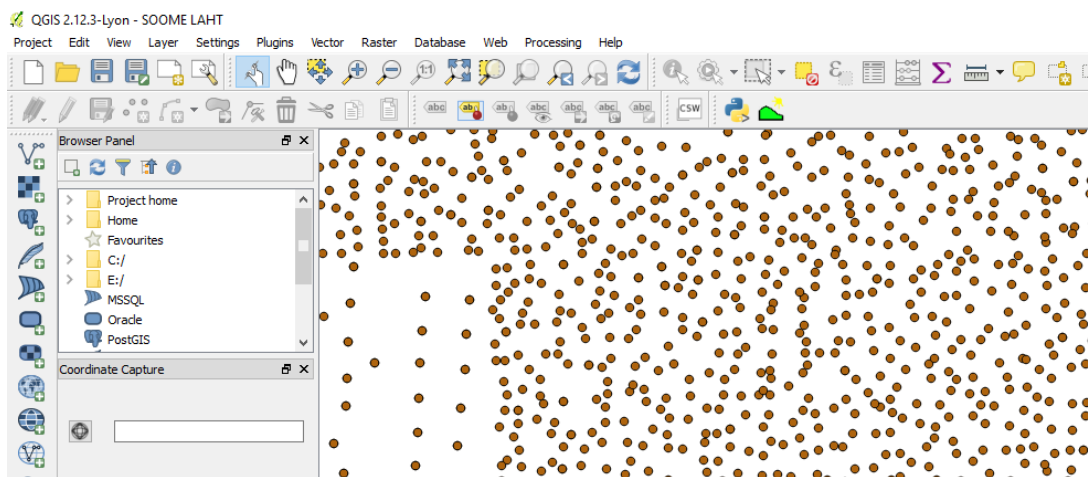
GIS programmides kirjeldatakse olemasolevad objektid, mis eksisteerivad, sellised nagu teed, majad, sügavused, reljeef ja teised. Neid objekte saab jagada kaheks kategooriaks. Esimene on diskreetsed, need on näiteks majad, territoriaalsed alad. Teine kategooria on pidevad objektid – sellised nagu reljeef, sademete tase, vee tase. Nende objektide kategooriate esitamiseks kasutatakse raster ja vektorandmed, mis sisaldavad infot objektidest. Seda infot nimetatakse atribuutideks, mis koosneb nii tekstist kui arvulisest infost.

1.2. Vektorandmed

Vektorandmete peamine eelis rasterandmete ees on see, et nende suurus/math on oluliselt väiksem. See tähendab, et vektorandmete töötlemine arvutiga võtab vähem aega. Vektorobjekti kuju on kirjeldatud tema geomeetriaga kas XY või XYZ koordinaadistikus. Vektorgeomeetria on jagatud kolmeks tüübiks. Need on punkt-, joon- ja polügoon-geomeetria (Menke, Smith 2015, 91)

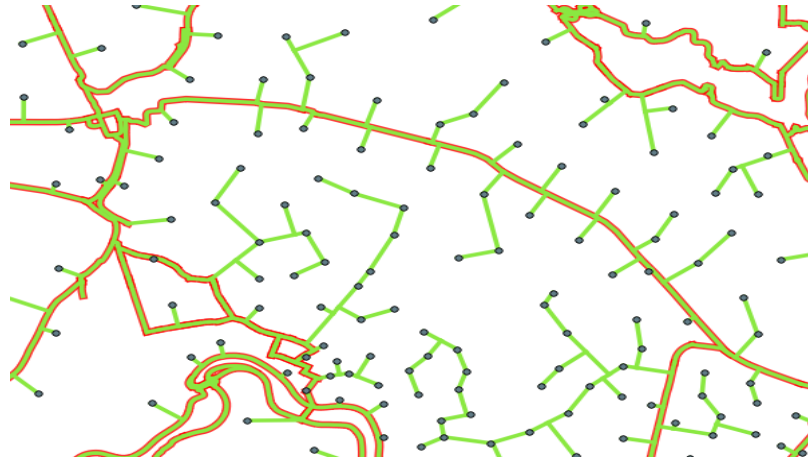
1.3.Punkt-, joon- ja polügoonobjektid

Punktobjekte kasutatakse geograafiliste objektide määramiseks, mille jaoks on tähtis asukoht, aga mitte kuju või suurus. Objekti määramine punktobjektiga sõltub kaardi mõõtkavast. Näiteks maailma kaardi peal linnad on mõistlikum määrata punktiga, aga kui võtta linna kaart, siis linn sees on objektide kogum. GIS süsteemides punktobjektid näevad välja nagu väike geomeetiline kujund (ruut, punkt või rist), või püktogramm. Punktobjektidel on olemas XY koordinaadid ja ka Z koordinaat, mis sõltuvad valitud koordinaatsüsteemist.



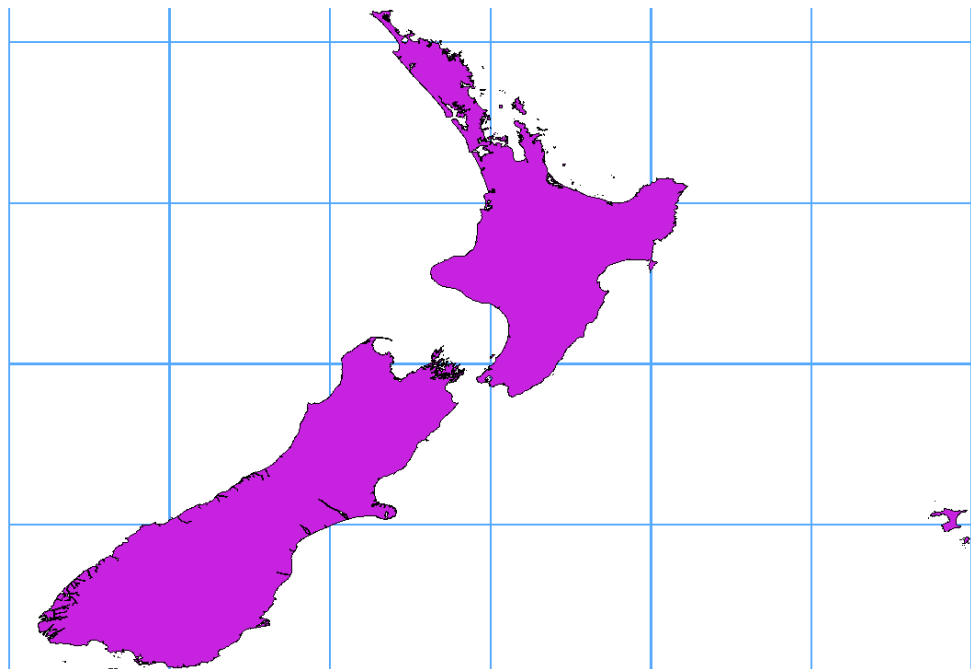
Joonis 1. Punktobjektid

GIS süsteemis joonobjektid kirjeldatakse järgmiselt – kui punktobjekt on üks sõlm, siis joonobjekt koosneb kahest sõlmest. Joonobjekt on näiteks tee, mis läbib igat sõlme. Kui kaks sõlme seotakse, siis luuakse joon, mida nimetatakse joonobjektiks. Joonobjekt võib koosneda kahest või enamast joonest (Konsa, Haav 2012, 5). Joonobjektidena kujutatakse sellised objektid nagu laevatee, sügavusjooned, maantee ja teised. Joonobjektide atribuudid kirjeldavad omadusi ja tunnuseid. Näiteks maantee atribuudid võivad olla järgmised: katte tüüp, suund, ridade arv. Geoinfosüsteemid võivad kujutada neid atribuute erinevalt. Näiteks asfaldi ja kruusa kattega teed näidatakse erineva värviga või paksusega.



Joonis 2. Joonobjektid

Polügoonobjektid on kinnised alad. Sarnaselt joonobjektidega, koosnevad polügoonid mitmest sõlmest, mis on seotud joontega. Polügooni jaoks peab esimene ja viimane sõlm olema üks ja sama. Tavaliselt on kaartidel erinevatel polügoonidel ühine geometria – piirid, mis on samad naaberpolügoonide jaoks.



Joonis 3. Polügoonobjektid

Allikas: (QGIS dokumentatsioon 2016)

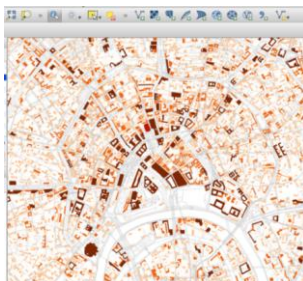
1.4.Vektorandmete kasutamine GISis

Geoinfosüsteemid jagavad vektorandmed kihtideks. Igas kihis on objektidel sarnane geometria tüüp, kas joon, punkt või polügoon, mille on ühised atribuudid. Selline süstematiseerimine lihtsustab vektorandmete kasutamist. Näiteks kõik laevateed on pandud ühte kihti. Need on salvestatud arvuti failihaldurisse, ning GISis on need visualiseeritud ühe kihina, mida saab lihtsalt (hiireklõpsuga) peita ja näidata vajadusel (Sutton et al 2009,10).

Neid andmeid saab vabalt redigeerida, kustutada, lisada, digitaliseerida. Digitaliseerimine - on üks tähtsamast funktsioonist GIS rakenduses. Näiteks, kui me tegeleme vee reostusega jões. Siis saame kasutada GIS rakendust reovee digitaliseerimiseks, digitaliseerida jõgi joonobjektina, saab mõõta ära vee happesus pH ja panna punktobjektina kaardi peale nendes kohtades kust see oli võetud.

Andmete lisamise protsessis geoinfosüsteemis need on kujundatud baas sümbolitega juhusliku värviga. Aga digiteerimise protsessis neid vabalt saab muuta ja luua personaliseeritud kaardid (näiteks, panna vee pindadele sinine värv, sügavus joontele punane jne). Kui kasutatakse punktobjektid, siis vaikimisi GIS süsteemid kujutavad need ringiga, mida saab vahetada sellise märgi järgi, mis on sobib antud objekti jaoks.

Vektorandmed geoinfosüsteemides saab kasutada nagu tavaline topograafiline kaart, aga kuidas oli mainitud selle osa alguses GISi eelis on see, et selle rakenduse abil saab vastata selliste küsimustele nagu näiteks: Kes töötajatest elab antud piirkonnas? Kus paigaldada kalakasvanduse ala, et laevad ega teised faktorid ei segaks? Kas põhjareljeef segab helilevikut. (Gracer, A. 2014, 15)



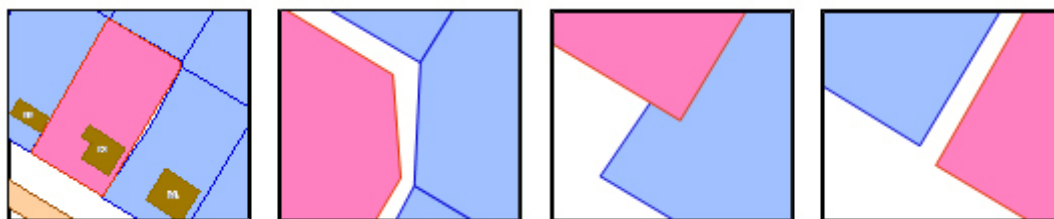
Joonis4. Vektor kaart QGISis

Allikas: (OpenStreetMap 2016)

1.5.Vektorandmete probleemid

Kõige levinumad probleemid, mis võivad tekkida vektorandmete töötlemisel on seotud lähteandmete kvaliteediga. Üks probleemidest, mis tuleb digitaliseerimisega on murtud jooned. See tähendab, et kui ühe joone sõlmed on paigutatud üksteisest kaugemale, siis mõõtkava vähendamisel joonte reljeefi on näha paremini tegelikust ja kaardi jooned ei klapi. Varem oli töös mainitud, et nende maht on väiksem ja nendega on lihtsam töötada, aga see ei tähenda et nendega ei tule pidevalt töötada. Probleemid, mis on tekkinud andmete digitaliseerimise protsessis, on näiteks kattumine või katumata ala või pilu. Pilud tekivad kui kahe polügooni ühised piired ei ole sarnased. Väiksema mõõtkavaga kaartidel võib neid vältida, aga mõõtkava suurendamisel on see näha nagu valged tühjad alad. (Fang 2014, 6)

Kattumine tekib kui joonobjekt, näiteks tee ei lõpe täpselt teise joone ristumise kohas. Kattumise ja pilude näide on toodud Joonisel 5, kus vasakult paremale on toodud üldjoonis probleemidega, pilud, kattumine ja pilud jälle .



Joonis5. Vektor andmete probleemid

Allikas: (QGIS dokumentatsioon 2016)

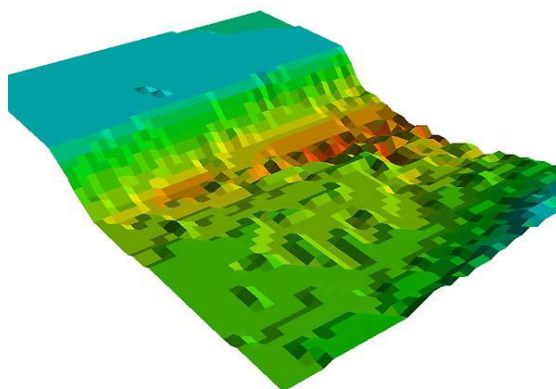
1.6.Rasterandmed

Mõnel juhul ei ole vektorandmete kasutamine võimalik või on ebaratsionaalne. Siis kasutatakse teist liiki andmeid – rasterandmed. Raster koosneb pikselite veerudest ja ridadest. Iga piksel vastab kindlale geograafilise alale ja tema väärtus näitab välja omadusi ja tunnuseid, mis on olemas selles alas. Rasterandmed kasutatakse GISis kui on vaja näidata pidevalt ruumilist muutust, mida on raske jagada vektorobjektideks. Võtame näiteks merepõhja reljeefi. See ei ole ühesugune, ning kui jagada iga reljeefi kõrguse ala polügooniks, siis see võtab palju aega ja kaob palju informatsiooni kui me hakame tegema mitmest

polügoonist ühte polügoni. See on sellepärast, et polügooni atribuudid on seotud terve objektiga, ning just sellel põhjusel ei ole vektorandmed kõige parem valik heterogeensete objektide näitamiseks.

Iga rastri saab siduda geograafiliste koordinaatidega. Igale rastrile saab anda geograafilise sidumise, ning see info säilitatakse koos rasterandmetega. Kui GIS rakenduses avatakse rasterpilt, siis info selles sidumisest kasutatakse selle jaoks, et raster oleks oma geograafilises asukohas. Tavaliselt sidumine on ülemise vasakpoolse pikselite koordinaatid, pikselite suurus ja pöörde nurk. (Huisman 2016, 86)

Rasterandmed võib saada erinevalt. Kõige levinumad on aerofoto ja satelliitfoto – kaugsondeerimine. Maapealne sondeerimine tehakse kas lennuki või droonidega, mille peal on paigaldatud kaamera, mis teeb fotod. Suurte pindade jaoks või muul põhjustel kus ei saa kasutada lennukit, näiteks vee all kasutatakse satelliitide või sonarite abi. Põhimõtte on selline, et kui satelliit või sonar on ala peal, siis spetsiaalete sensorite abil saab võtta selle ala foto. Rasterandmed võib koostada ka arvutuste abil. Seda kasutatakse näiteks meteoroloogias, kui koostatakse rasterkaardid, mis näitavad temperatuuri või sademete hulka alas. Selle jaoks kasutatakse interpoleerimist ja ekstrapoleerimist. Teisenduste abil võib rasterandmed saada ka vektorandmetest. Näiteks, kui on antud merepõhja sügavused koos koordinaatidega, siis on teada koordinaatide vahed, ning selle abil saab pikseli. Rasterandmed on esitatud Joonisel 6.



Joonis 6. Rasterkaart

Allikas:(National Oceanic and Atmospheric Administration 2016)

2. ALGANDMED

Läänemeri on üks kõige tihedama laevaliiklusega meri maailmas kuna laevade arv ja kaubaveokogused kasvavad kiiresti. Vastavalt HELCOM-i andmetele on Läänemeres igal ajahetkel umbes 2000 laeva, ning iga kuu laevade arv muutub vahemikus 3500 - 5000.

Laevaliiklus on meres peamine müra allikas, mis on põhjustatud inimese poolt. Laevad on peamine parameeter inimtekkelise helipildi koostamisel Läänemere jaoks. Oluline on määrata millised laevad Läänemeres liiguvad. Laev tüüp ja suurus, samuti laeva asukoht, kurss ja kiirus on kättesaadavad reisi- ja kaubalaevade automaatidentifitseerimissüsteemist (AIS) ja kalalaevade seiresüsteemist (VMS).

2.1.AIS

AIS oli loodud, et suurendada meresõiduohutust ja keskkonnakaitset. AISi tööprintsip põhineb sõnumite edastamisele ultralühilainete abil. Aastal 2000 kehtestati Rahvusvahelise Mereorganisatsioonis (IMO – *International Maritime Organization*) poolt uus nõue, et kõik reisi ja kaubalaevad kogumahtuvusega 300 tonni ja rohkem, olenemata nende suuruselt on kohustatud kasutama AIS süsteemi (IMO: <http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Navigation/Pages/AIS.aspx> 10.05.2016).

Laeva pardal peab olema ka GPS (Global Positioning System) vastuvõtja, mis kogub positsiooni ja liikumise andmeid. Andmeid laevade kohta saab vaadata pidevas on-line režiimis Marine traffic veebi aadressilt: <http://www.marinetraffic.com/>.

2.2. BIAS mõõtmispunktid

Läänemere veealuse müra projekti ühest peamisest eesmärgist on koostada veealuse müra kaart kogu mere jaoks kasutades erinevate riikide mõõtmisandmeid ja muutes need üheks formaadiks. Selle jaoks paigutati Läänemere erinevatesse kohtades autonoomsed hüdrofon-loggerid. Nende summaarne arv oli 38. Nende paigutuse jaotus oli tehtud lähtudes Läänemere alambasseinide paigutuses ja keerukusest. Iga anduri teenindamine toimus vähemalt neli korda 2014 aasta jooksul. Põhjuseks oli akude ja mälukaartide vahetamine. Andmete salvestamine toimus vähemalt 17 minutid iga tunni jooksul, mille tulemusena kogunes aasta jaoks rohkem kui 76 TB algandmeid. Kõik hüdrofonid olid jagatud viie riigi vahel. Roosti vetes oli paigaldatud 10 hüdrofoni, Soome vetes 9, Poolas ja Saksamaa vetetes 5 ja Eesti ja Taani meredes oli paigaldatud 4 hüdrofoni. (BIAS project, <https://biasproject.wordpress.com/abouttheproject/overview/> 10.04.2016)

Allpool on toodud hüdrofonide asukohad ja paigutussügavused Eesti vetes.

Tabel 1. Eesti BIAS punktide asukohad

| BIAS punkti number | Riik | Laius | Pikkus |
|--------------------|---------|----------|----------|
| 20 | Estonia | 59°46.49 | 24°50.49 |
| 21 | Estonia | 59°27.19 | 23°43.38 |
| 22 | Estonia | 59°8.99 | 21°59.44 |
| 23 | Estonia | 57°58.26 | 21°0, 00 |

Alikas: (BIAS project)

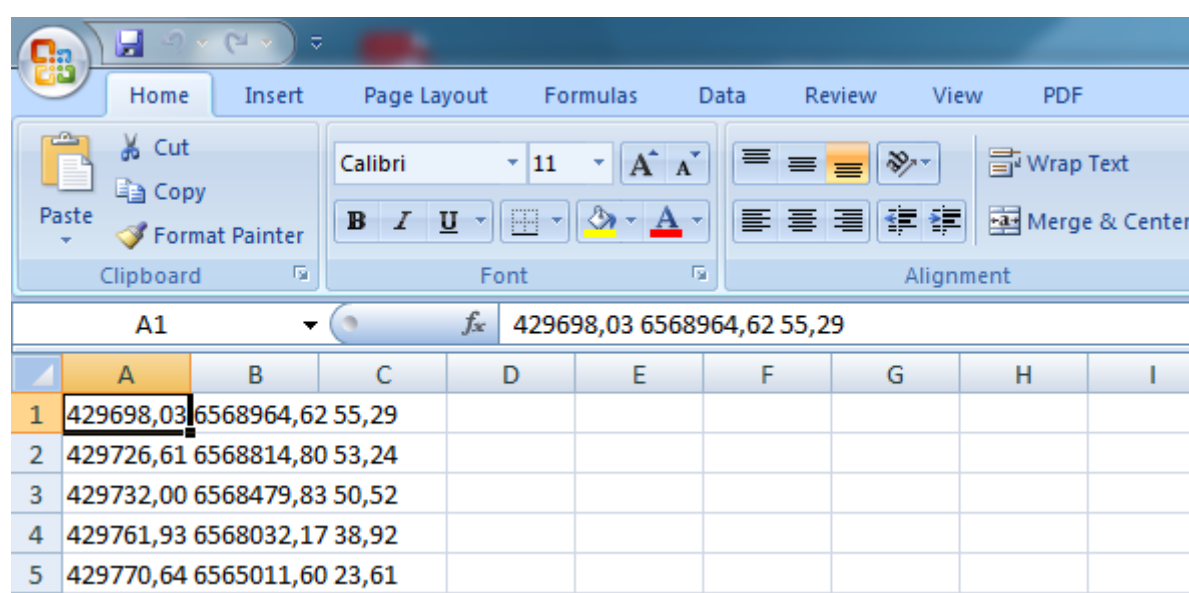
BIAS projekti kõike punktide asukohaga saab tutvuda Lisas 1.

2.3. Soome lahe andmed

Esimene samm Soome lahe müraleviku analüseerimiseks oli soetada sügavus andmed.

Batümeetria mõõtmise on riigi kohustus. Praeguse seisuga on Eesti Vabariigis üks riigiamet, mille funktsioon on turvalise laevaliikluse tagamine territoriaalmeres ja sisseveekogudel – see on Veeteede Amet. Tehti päring Veeteede Ameti Hüdrograafia osakonnale, ning oli palutud saata batümeetria andmed konkreetse asukoha jaoks. Päringu vastusena on saadud Soome lahe batümeetria andmed, mis on mõõdetud ja töödeldud Veeteede Ameti poolt. Andmete tihedus oli ca 100 meetrit.

Batümeetria andmed on esitatud *MS Exceli* dokumendis, mille veergudes on X ja Y – koordinaadid ning Z koordinaadiga on antud sügavus. Väljavõte dokumendist:



The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the 'Home' tab selected. The ribbon includes 'Clipboard', 'Font', and 'Alignment' groups. The active cell is A1, containing the formula $429698,03\ 6568964,62\ 55,29$. Below the ribbon, a table of data is visible:

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|---|-----------|------------|-------|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 429698,03 | 6568964,62 | 55,29 | | | | | | |
| 2 | 429726,61 | 6568814,80 | 53,24 | | | | | | |
| 3 | 429732,00 | 6568479,83 | 50,52 | | | | | | |
| 4 | 429761,93 | 6568032,17 | 38,92 | | | | | | |
| 5 | 429770,64 | 6565011,60 | 23,61 | | | | | | |

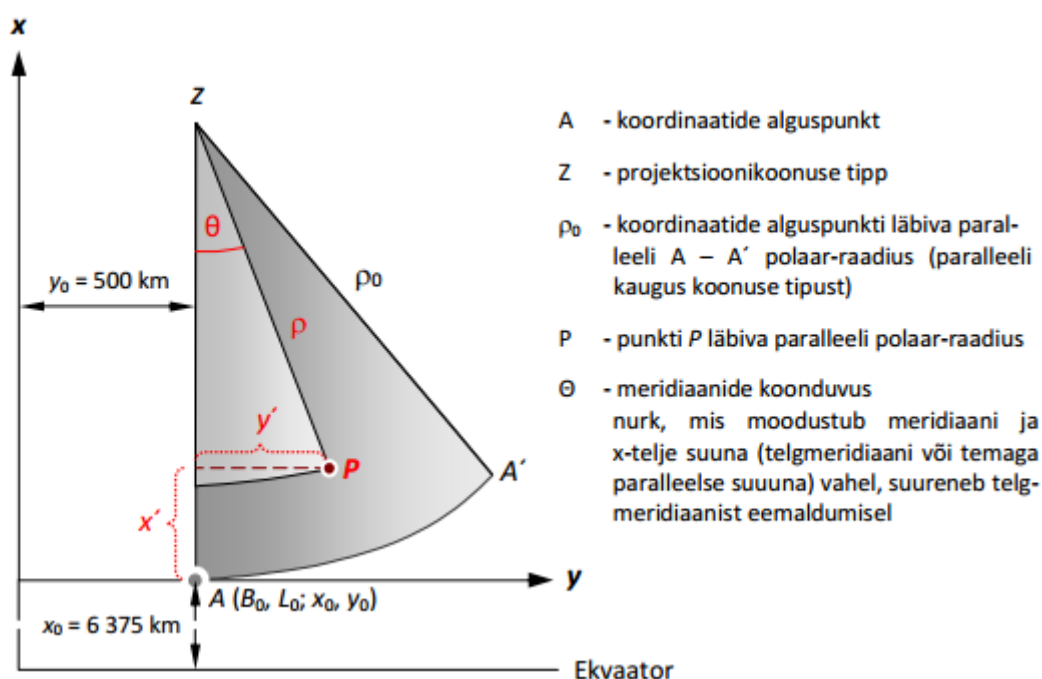
Joonis 7. Veeteede Ameti andmed

Kui andmed olid olemas, siis oli vaja valida tarkvaraga nende kasutamiseks. On olemas suur valik GIS tarkvarasid; väiksemad, mis on loodud spetsiifiliselt andmete ja alade töötlemiseks, suuremad, milles on palju variante andmete töötlemiseks. Valik oli Quntum GIS tarkvara kasuks, mis on vabavara, omab häid arvamusi, suur töötlemisvõime ja detailne mitmekeelse juhendiga.

2.4. Koordinaatide teisendamine

BIAS punktide asukohad ja Soome lahe andmed on näidatud koordinaatidega. Nendega töötamisel tuleb teha koordinaatteisendusi ühtse süsteemi peale.

Kaardi koostamiseks Lamberti konformses koonilises projektsioonis projekteeritakse kaardi elemendid maapinnalt referentsellipsoidi pinnale ja siit koonuse pinnale. Lamberti konformse koonilise projektsiooni koordinaatide süsteem on kujutatud Joonisel 15.



Joonis 8. Kahe lõikeparallelliga kooniline konformne kaardiprojektsioon LAMBERT-EST

Allikas: (Andres,Rüdja., Janika, Sander. 2015, 12)

Lamberti kahe lõikeparalleeliga koonilise konformse kaardiprojektsiooni puhul on punkti P ristkoordinaadid avaldatavad järgmiselt:

$$X = x_0 + \rho_0 - \rho \cos \theta$$

$$Y = y_0 + \rho \sin \theta$$

kus

x_0, y_0 – koordinaatide alguspunkti tasapinnalised ristkoordinaadid

θ – meridiaanide koonduvus

ρ – punkti P läbiva paralleeli polaar-raadius (punkti kaugus koonuse tipust)

ρ_0 – koordinaatide alguspunkti läbiva paralleeli polaar-raadius

Meridiaanide konduvus arvutatakse valemist:

$$\theta = n(L - L_0)$$

kus

$$n = \frac{\ln m_1 - \ln m_2}{\ln t_1 - \ln t_2}$$

$$m_1 = \frac{\cos B_1}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B_1}}$$

$$t_1 = \sqrt{\left(\frac{1 - \sin B}{1 + \sin B}\right) \left(\frac{1 + e \sin B}{1 - e \sin B}\right)^e}$$

kus

L – punkti P geodeetiline pikkuskraad

L_0 – telgmeridiaan, 24 kraadi idapikkust

e – 0,0818191910428

B - antud koordinaat kraatides

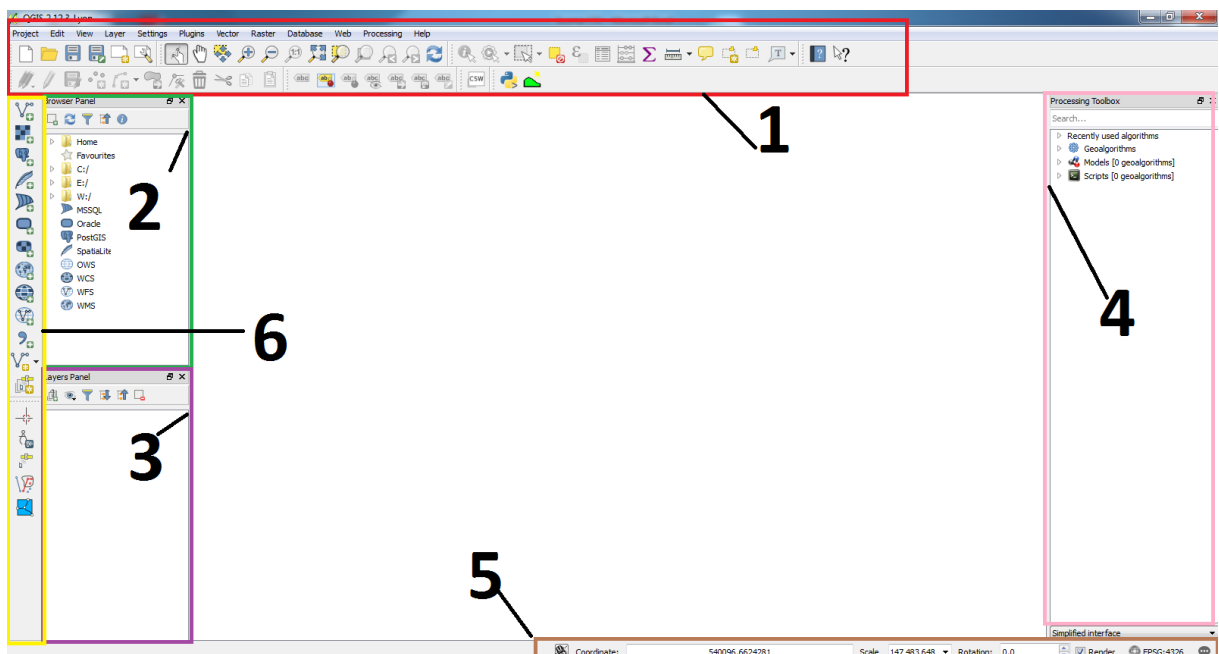
Nende valemite järgi saab teha teha koordinaatide teisendamist. Antud töös on kasutatud kalkulaatori lahendus, mis on toodud Maameti aadressil www.geoportaal.maaamet.ee. Vajalike valikuid Maameti kodulehel selgitab lisa 3. (Rüdja, Sander 2013, 12)

3. PRAKTIINE OSA

3.1. Quantum GIS

Quantum GIS või QGIS on vabavaraline geoinfosüsteemi programm, mille eesmärgiks on ruumiandmete loomine, haldamine, päringute tegemine ning konkreetsetele vajadustele ja tingimustele vastavate kaartide koostamine. Selle tarkvara saab tasuta alla laadida lehelt <http://www.qgis.org/en/site/>. Viimane versioon, mida saab kasutada Linux, Unix, Mac OSX ja Windows süsteemidega, tuli välja selle aasta märtsis. Lõputöö ülesande lahendamiseks on kasutatud versiooni QGIS 2.12.3 – Lyon.

Standardne avalehekülg peale laadimist näeb välja sellisena , kus



Joonis 9. QGIS avalehekülg

1. *Project, View* ja *Edit* menüü nupud mille abil saab failid avada, salvestada, kaardipildi nihutamiseks, skaleerimiseks, atribuut andmete vaatamiseks ja kaardiobjekte loomiseks ja muutmiseks.
2. *Browser menu* - selle paneeli abil saab kiirelt leida ja avada failid mis asuvad arvuti või serveri sees.
3. *Layers panel* – on mõeldud kihtide redigeerimiseks
4. *Processing toolbox* – sealt saab kirjutada käsitsi käsud ja funktsioonid, mida soovitatakse kasutada
5. *Coordinates* - siin saab näha milline koordinaatsüsteem antud projekti on kasutamiseks, muuta koordinaatsüsteemi.
6. *Layer menu* - kaardiaknasse vektor- ja rasterkihtide lisamiseks ning andmebaasidega ühenduste loomiseks.

Ühe kaardikihi andmed on QGISis salvestatud mitmesse eri tüüpi faili. Kõik need failid on vajalikud ja ühe kustutamisel teised enam ei avane. Failide asukoha muutmisel tuleb jälgida, et kõik ühe kihi failid paikneksid ühes kataloogis.

QGISi failiformaadiks on ESRI Shapefile ning see koosneb mitmest alafailist, millest peamised on:

- .shp – kaardiobjektid
- .dbf – atribuutandmed
- .shx – indeks fail
- .prj – projektsioonifail

Kaardikihi avamiseks arvutis tuleb klikata .shp faili peale (Konsa, Haav 2012, 9).

3.2. Batümeetria faili lisamine

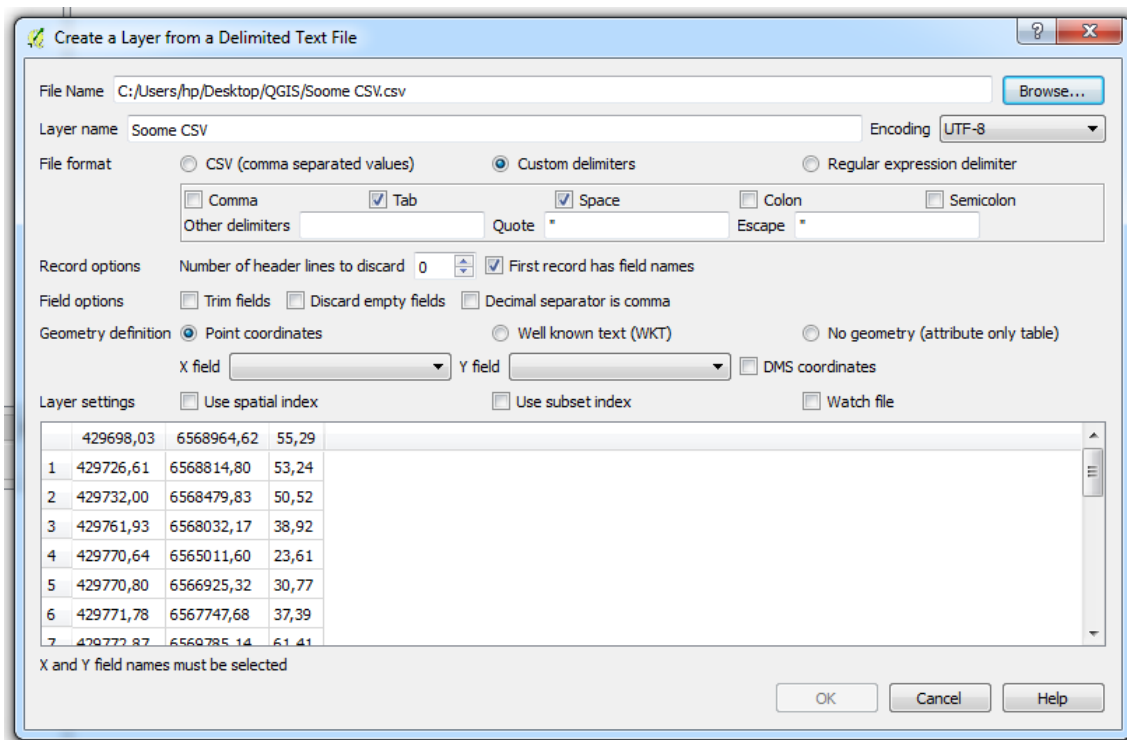
Järgmine samm on Veeteede Ametist saadud faili lisamine ja selle töötlemine.

Tavalist exceli .xls formaadi QGIS ei võta vastu aga see probleem lahendatakse lihtsalt. Salvetatakse exceli dokument .csv formaadiks. Excelis selle jaoks on vaja vajutada *File – Save as – CSV(comma delimited) – Save*.

Nüüd saab batümeetria andmed lisada QGISi. Selleks on vaja *Layers menu* vajutada nuppu *Add delimited text layer*.



Peale seda avaneb järgmine aken, millest saab välja valida meie batümeetria faili vajutades nuppu *browse*.



Joonis 10. Batümeetria faili lisamine

Peale faili valimist alumises aknas saame näha vastava faili algandmed. Veeteede Ameti faili jagaja oli tühik, ning seetõttu panin linnukese *Space* kõrval. Seal kus on

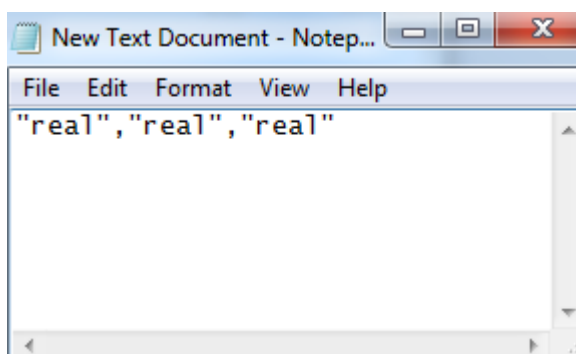
kirjutatud *Geometry definition* jätan valikuks *Point coordinates* ja annan X ja Y koordinaatidele need numbrid, mis vastavad X ja Y koordinaatidele antud failis. Vajutan *OK*.

3.3. csv ja .csvt failid

Mõnel juhul võib .csv faili kihiga liitmine küll õnnestuda, kuid tekkinud tabelis on veergude sisuna näha vaid nullid. Selle põhjuseks on QGISis käsitleda andmeid .csv failis tekstina ning neid ei kuvata korrektselt. Vea parandamiseks tuleb teha .csvt fail, mis määrab QGIS-i jaoks andmete liigid. Selleks on vaja avada *Notepad* ning kirjutada sinna jutumärkides ja komadega eraldatuna .csv failis olevate andmete tüübid.

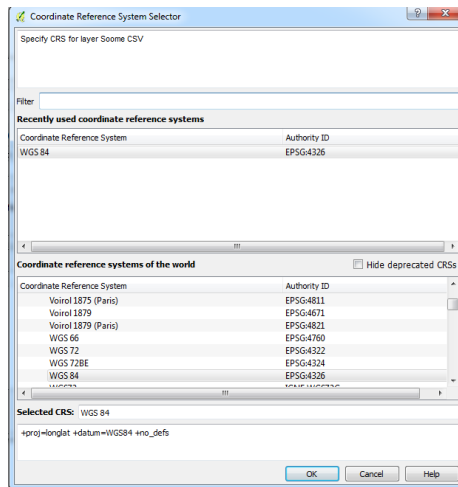
- täisarv = Integer
- fikseeritud komakohaga arv = Real
- tekst = String

Fail tuleb salvestada .csvt formaati ning see peab asuma samas kataloogis ja kandma täpselt sama nime, mis .csv fail.



Joonis 11. csvt fail

QGISis on vajalik määrata koordinaatsüsteem, mida soovime kasutada kaardikihi alusena.

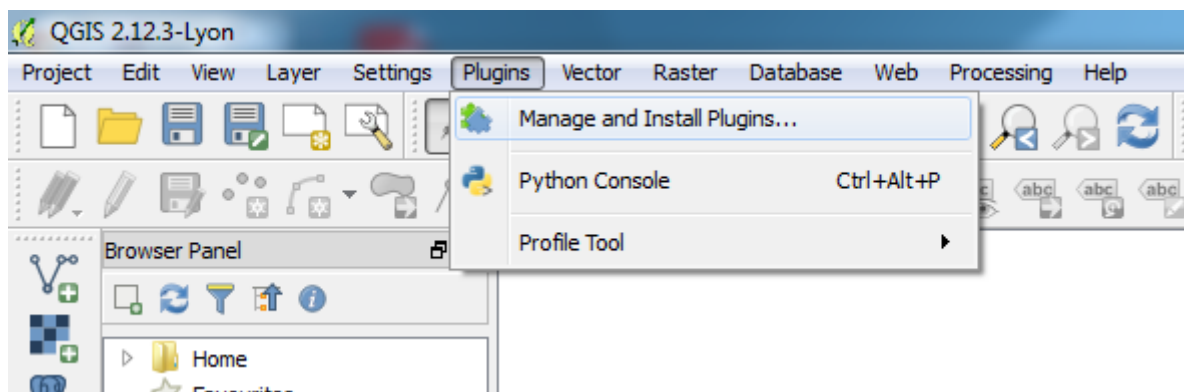


Joonis 12. Koordinaatsüsteem

On valitud L-EST. Nüüd saab lisada alles batümeetria faili. Aga .csv failist ei saa saada põhjaprofiili. Selle probleemi lahendamiseks tuleb kasutada mooduleid.

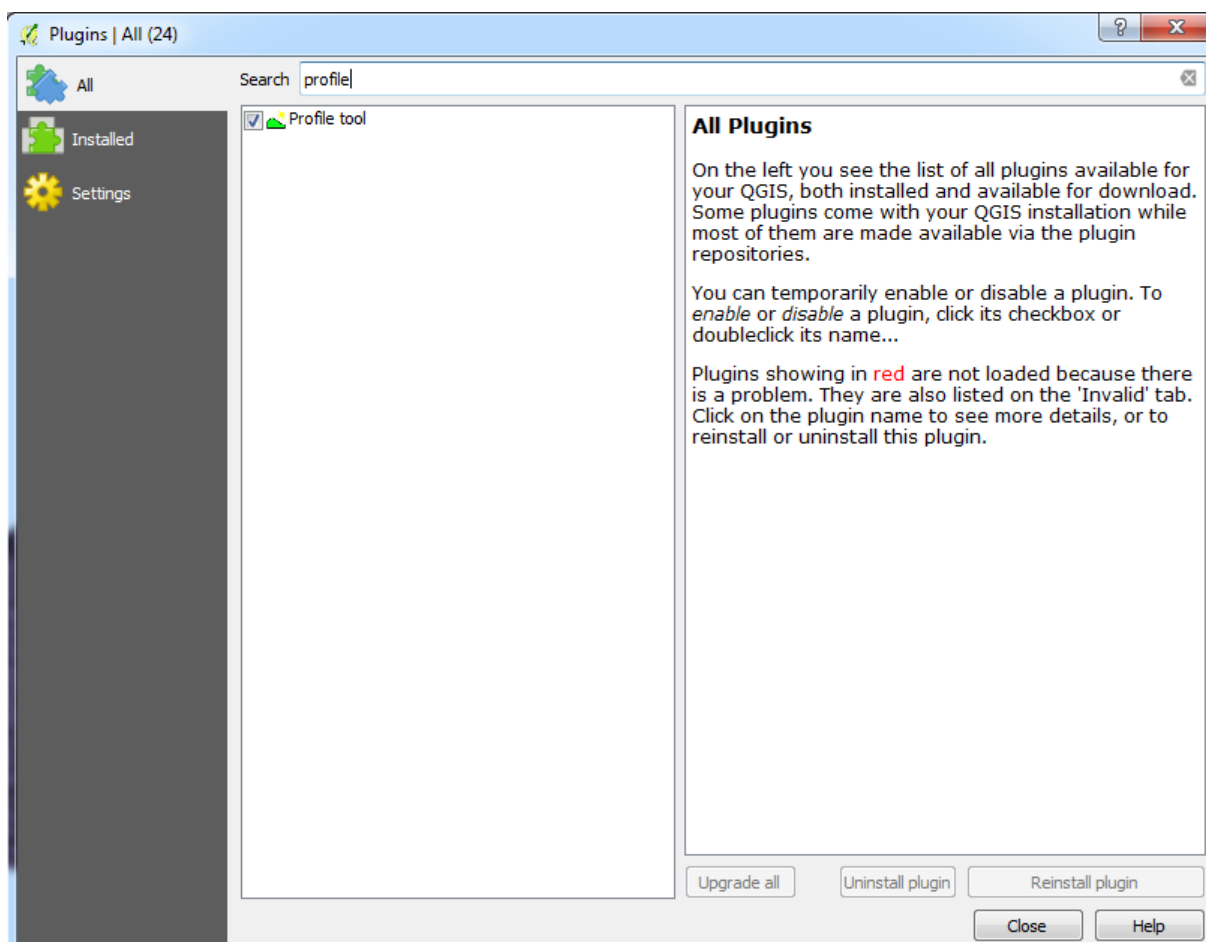
3.4. Moodulid

QGISi sees on olemas programmi moodulid - pluginaid. Pluginaid on väikesed lisaprogrammid, mida on vastavalt vajadusele võimalik sisse ja välja lülitada ning juurde installeerida. Pluginade haldamine toimub *Plugins*-menüü kaudu.



Joonis 13. Moodulid

Põhjaprofiili näitamiseks QGISis on olemas selline moodul nagu *Profile tool*. Selle installeerimiseks peab valime menüüst *Plugins* → *Manage and Install Plugins* ja kirjutada otsingu lahtrisse *Profile tool*, panna linnukese ilmunud mooduli kõrval ja vajutada *install*

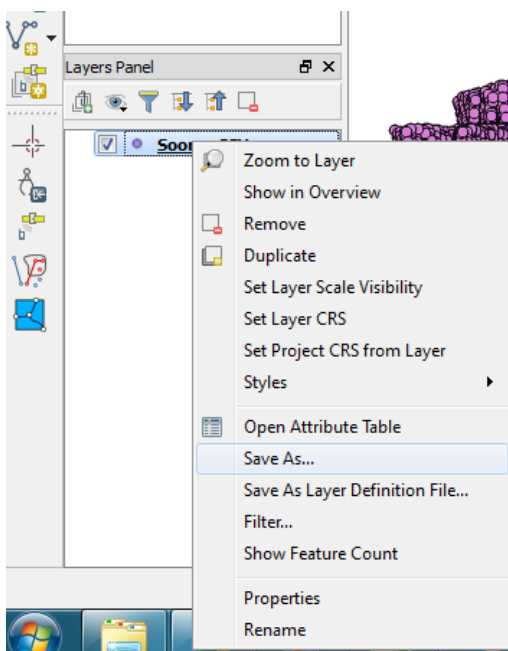


Joonis 14. Moodulite otsing

Nüüd, kui meil on profiili tegemiseks moodul ja algandmed käes saame batümeetria andmete kihi rasteriseerida. Rasteriseerimise protsess on vajalik selleks, et põhjaprofiili tegemine on QGISis võimalik rasterkihi abil. Vektorkihi jaoks QGIS ei leia andmed atribuutides ja kaardi peal, et saaks koostada põhjaprofiili.

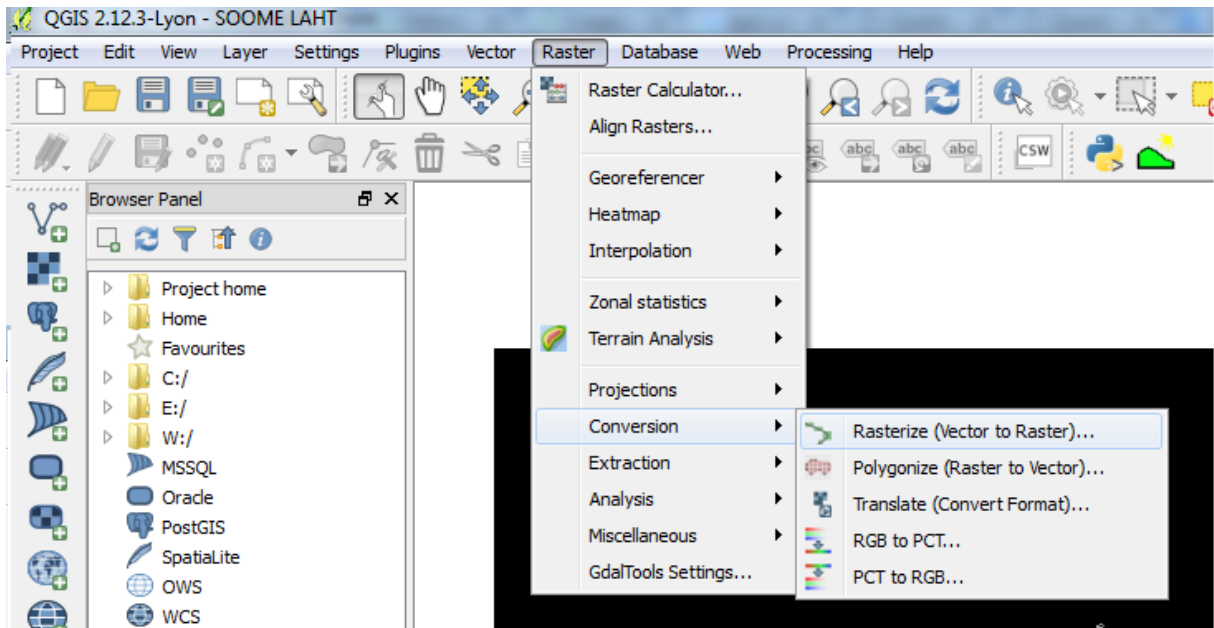
3.5.Rasteriseerimine

Nagu oli öeldud varem moodul *Profile tool* ei tööta .csv failidega. Seda saab kasutada ainult siis kui meil on olemas raster. Et saada .csv failist rasterfail tuleb avada .csv fail ja teeme sellest *ESRI shape file*. Selleks *layer panelis* parema hiire nupuga klõpsame meie csv kihi peale ja valime *Save as*



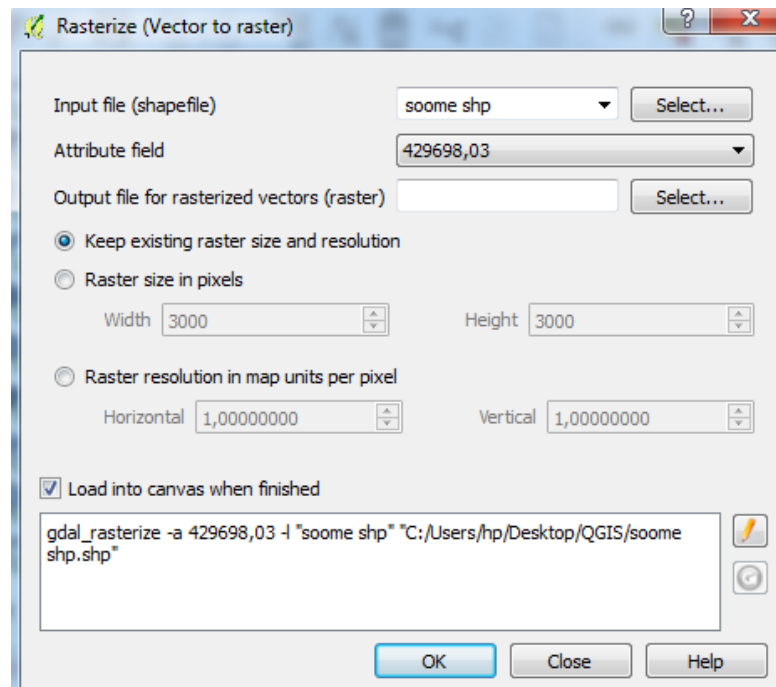
Joonis 15. ESRI shape file

Peale seda me valime kuhu ja millise nime all me tahame salvestada koostatud faili. QGIS kihtide menüüs on tekkinud *ESRI shape* faili kiht ja kaardi aknas on näha punktid, mis graafiliselt vastavad nende koordinaatidele Veetede Ameti poolt antud failis. Järgmine samm on selle faili rasteriseerimine. See käib läbi menüü *Raster – Conversion – Rasterize* (Vestra, E. 2014, 33)



Joonis 16. Rasterisserimine

Edaspidi ilmub aken mõõtmete määramiseks



Joonis 17. Rasteriseerimise seaded

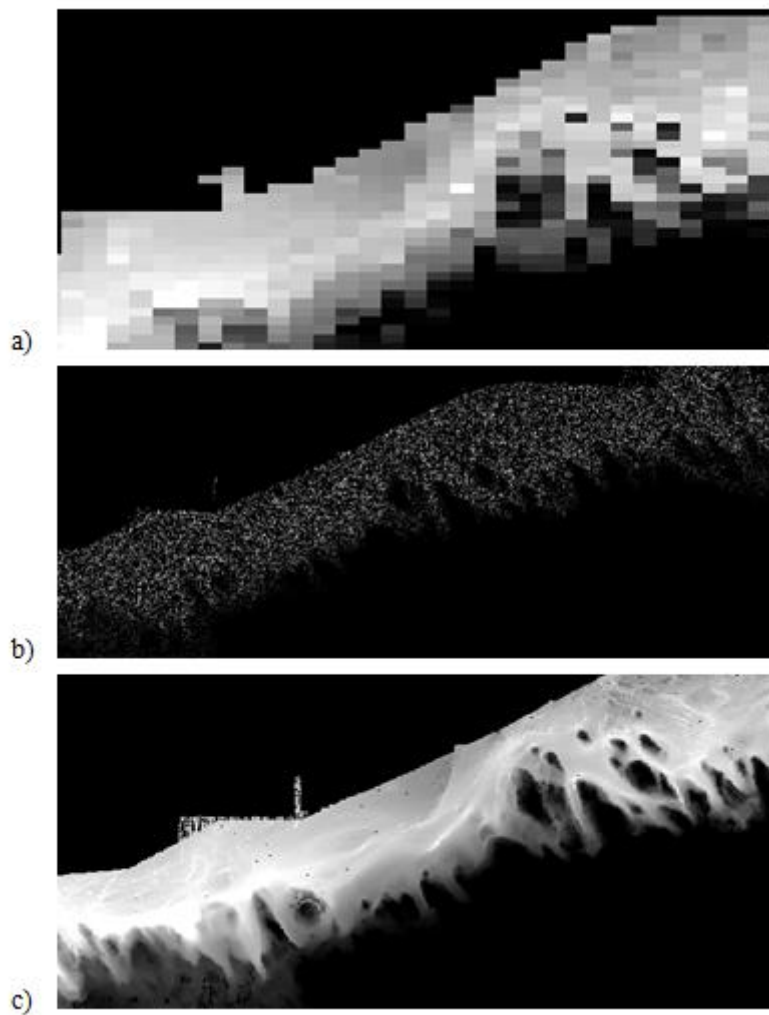
- *Input file (shapefile)* on vektori fail, millest me soovime teha raster pildi.
- *Attribute field* on atribuut, mille järgi me soovime rasteriseerida. Peame valima need andmed, mis vastavad sügavusele
- *Output file for rasterized vectors (raster)* on koht arvutis või serveris, kuhu salvestatakse uus raster
- *Keep existing raster size and resolution, Raster size in pixels, Raster resolution in map units per pixel* - need on variandid, kus saab valida mis resolutsiooniga rasterpilti me saame kätte sõltuvalt oma andmetest, et rasterpilt oleks võimalikult kvaliteetne ja suure andmemahuga

Rasteriseerimise protsessis resolutsiooni varieeruvus on väga oluline. Näiteks, kui ühe pikseli laius ja kõrgus on liiga suured, siis koostatud batümeetria kaart kaotab palju olulist informatsiooni. Väikese resolutsiooni korral on võimalike väikeste pikselite asemel, mis omavad igaüks erinevat väärtust, loodud ainult üks piksel, mille väärtus ei vasta andmete hulga. See on andmete vähendamise probleem.

Probleem tekib ka siis kui me anname pikselitele liiga väikese laiuse ja kõrguse. Siis iga piksel, mis luuakse võib jääda ilma informatsioonita ja tema asemel tuleb must ruut. See on liiga suure resolutsiooniga rasteriseerimise protsess.

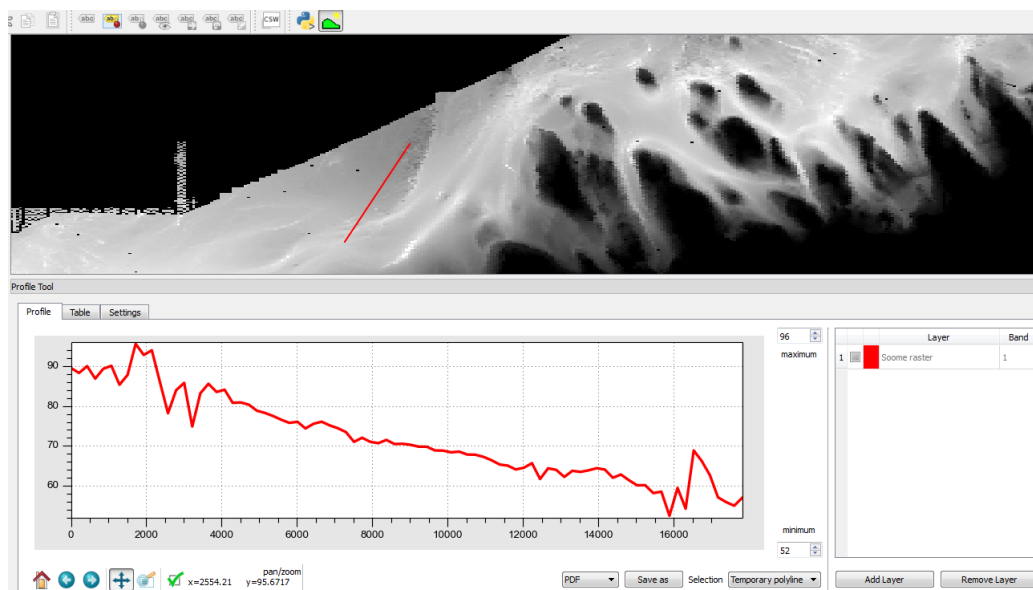
Järgmistel joonistel on näidatud

- a) liiga suur pikselite suurus
- b) liiga väike pikselite suurus
- c) ühele andmepunktile vastab üks piksel



Joonis 18. Rasterkaardi kolm varianti

Nüüd on koostatud fail, mille järgi saame defineerida põhjareljeefi, kasutades moodul *Profile tool*. Selle jaoks vajutame mooduli nuppu ja meie ees avab uus aken



Joonis 18. Põhjaprofiil

Kaardi aknas võib joonistada ükskõik millise joone. Saame valida joone pöördekohad nõ nurgad ja rastermõõtkava. Kui oleme valinud joone lõpliku kontuuri, siis aknas *Profile tool* tekib graafik, kus näidatakse sügavus sõltuvalt koordinaatidest. Seda graafikut saab visuaalselt redigeerida, kas vähendada graafiku mõõtkava või suurendada, liikuda algusesse või lõpupoole.

Graafikut on võimalik kohe salvestada PDF, PNG, või SVG formaadis, saab ka eemaldada ekstreemsed sügavustulemused. On olemas võimalus koostada ka tabel koos koordinaatidega ja kõrgustega joonestatud profiilist.

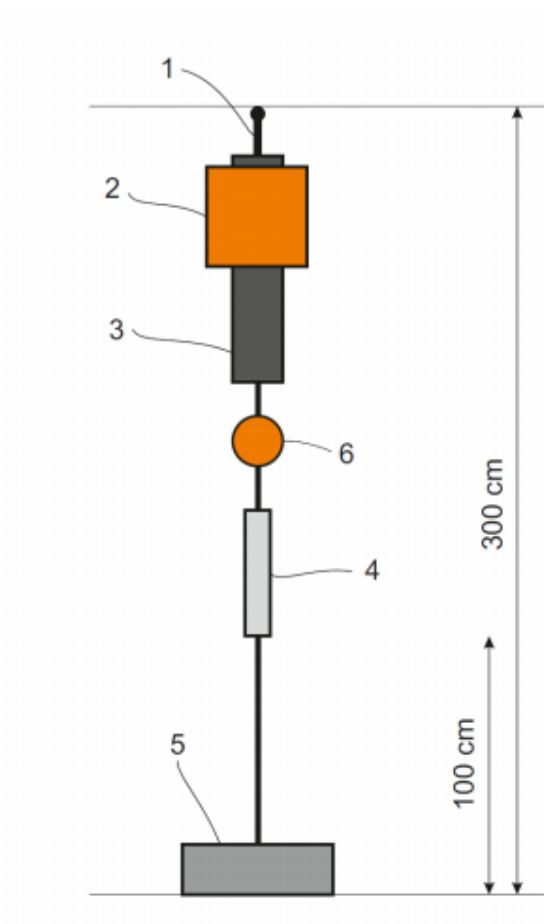
3.6. BIAS20 ja BIAS21

BIAS20 on üks Eesti merealade neljast mõõtmispunktist, mis on Soome lahes. Selle koordinaadid on esitatud Tabelis 2.

Tabel 2. BIAS20 punkti koordinaatid

| | |
|----------|----------|
| 59°46.49 | 24°50.49 |
|----------|----------|

Hüdrofon on veelune mikrofon. Läänemere paigutatud hüdrofoniga varustatud mõõtmisjaama skeem on näidatud Joonisel 19.



Joonis 19. Hüdrofoniga varustatud mõõtmisjaama skeem.

Mõõtmisjaama osad:

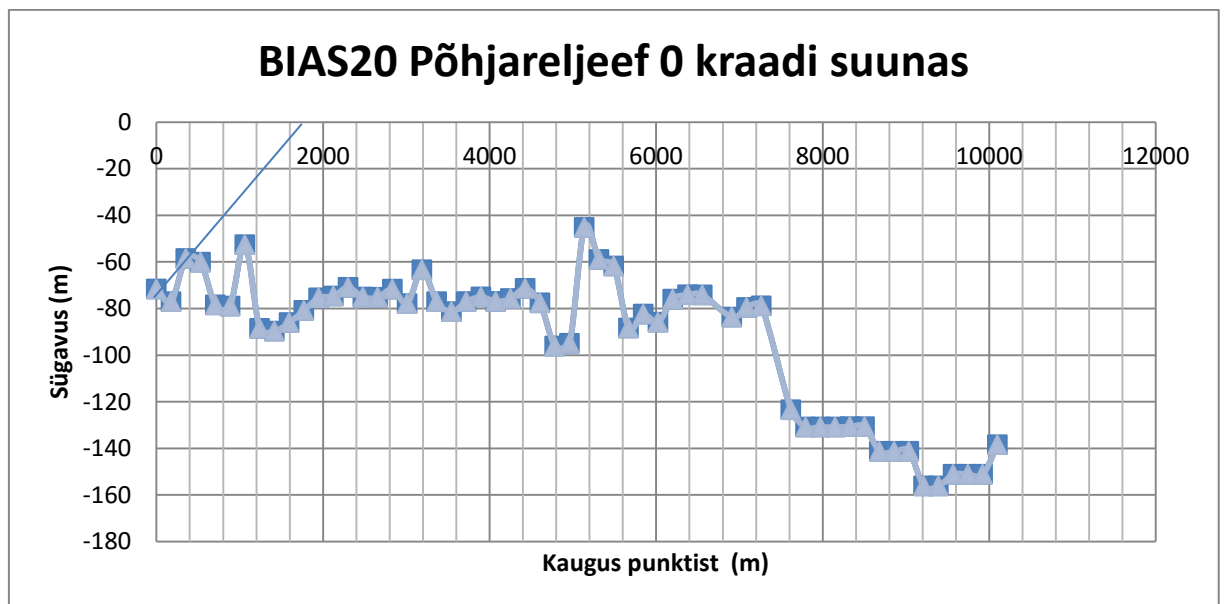
1. Hüdrofon
2. Lisa üleslükkejõu osad
3. Andmete salvestaja 1
4. Akustiline vabastaja

5. Ballasti raskus 30 kg minimum
6. Ujuk

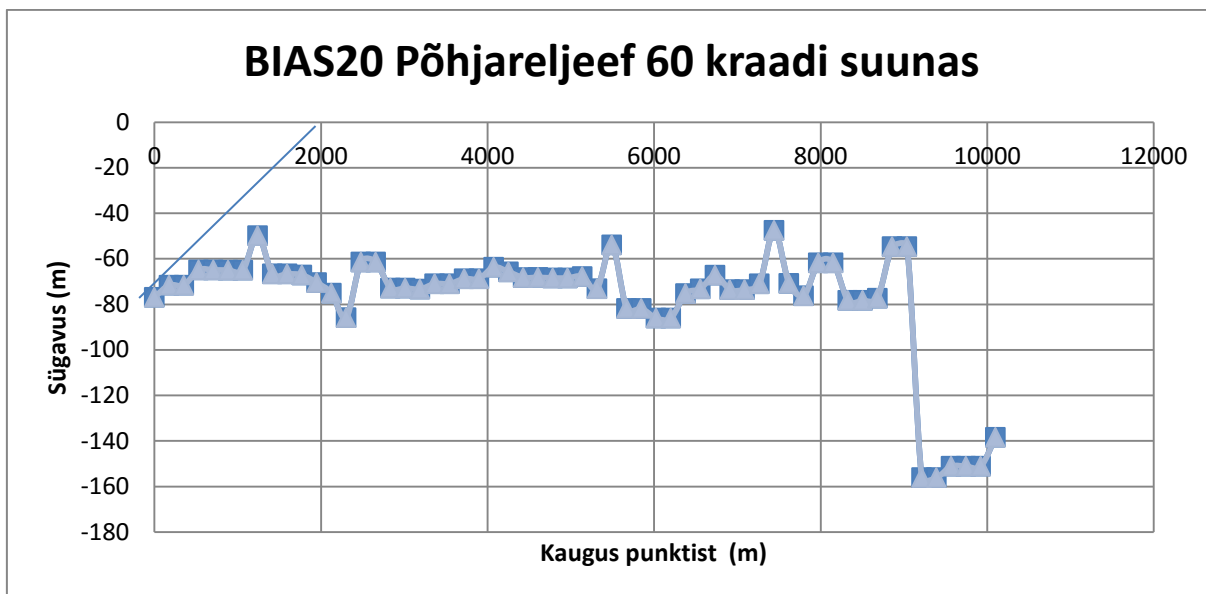
Hüdrofoni seadistused:

- Minimaalselt üks salvestuskanal
- Helitugevus 0 – 200 dB
- Hüdrofoni ribalaius 10 Hz – 12 kHz
- Salvestussagedus 32 kHz
- Salvestus period on 17 minutid iga tunni jooksul

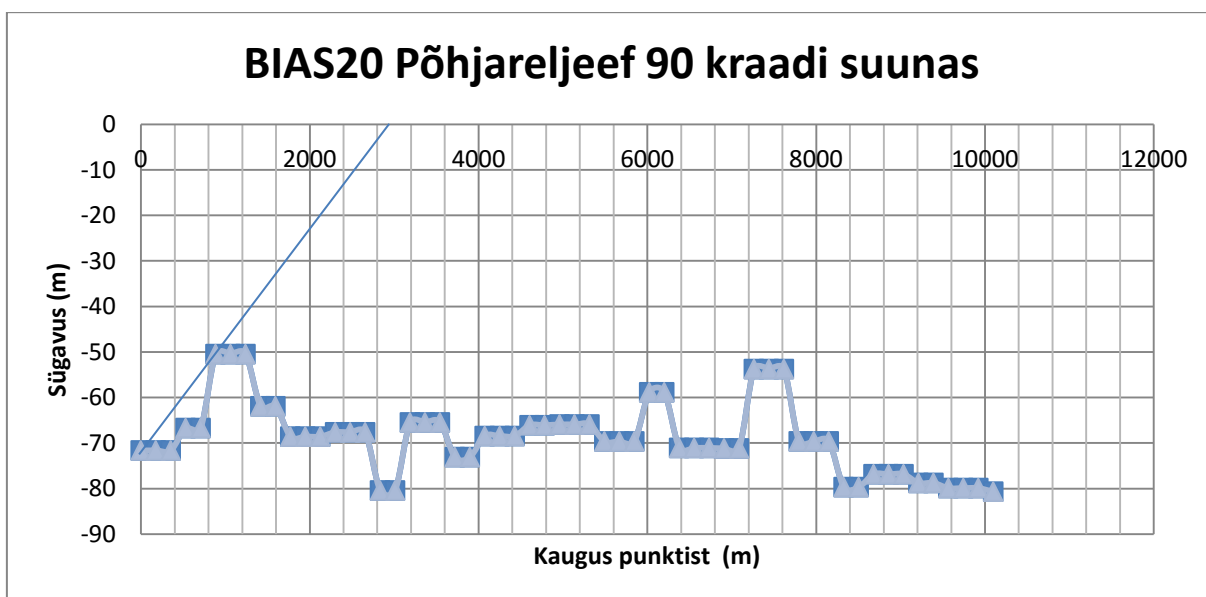
Et selgitada, kuidas Soome lahe batümeetria võib mõjuda laevamürasignaalide kuuldavust erinevates suundades oletame, et laeva müra levib vee all sirgjoonselt. QGISi abil võib koostada põhjaprofiili. Seda võib teha ükskõik millise punkti jaoks, ja ükskõik millises suunas. Antud töös näidatakse põhjareljeefi mõju punktis BIAS20 oletades et heli levib vee all sirgjoonselt. Allpool on toodud 12 graafikut, kus on näidatud põhjareljeef algusega punktis BIAS20 ja nurgaga 30 kraadi.



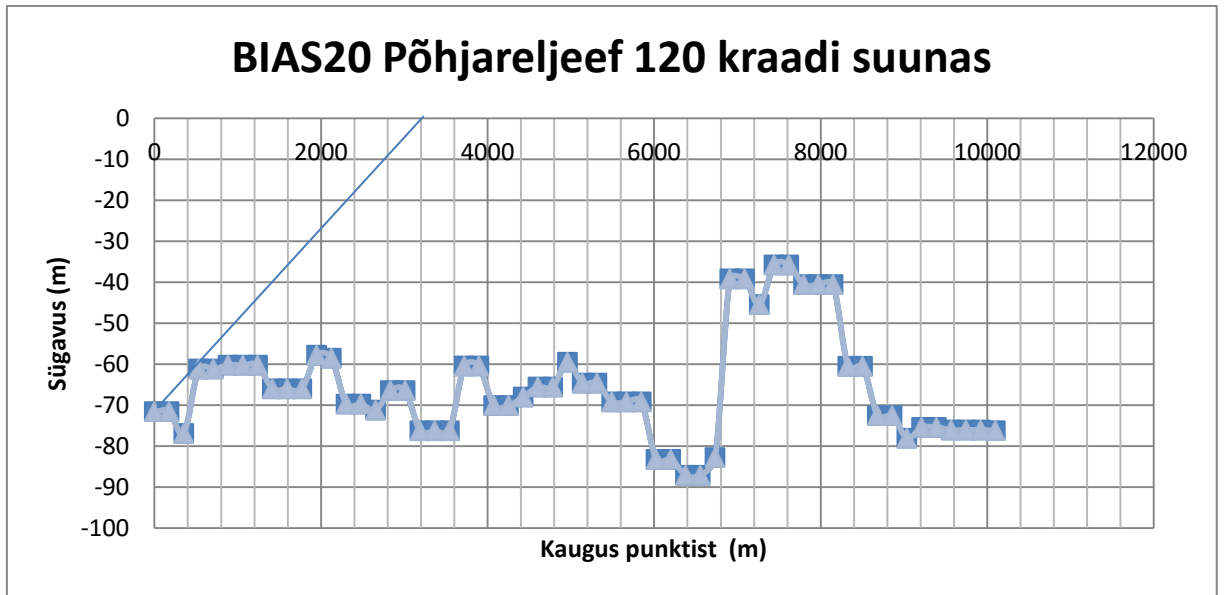
Joonis 20. BIAS20 Põhjareljeef 30 kraadi suunas



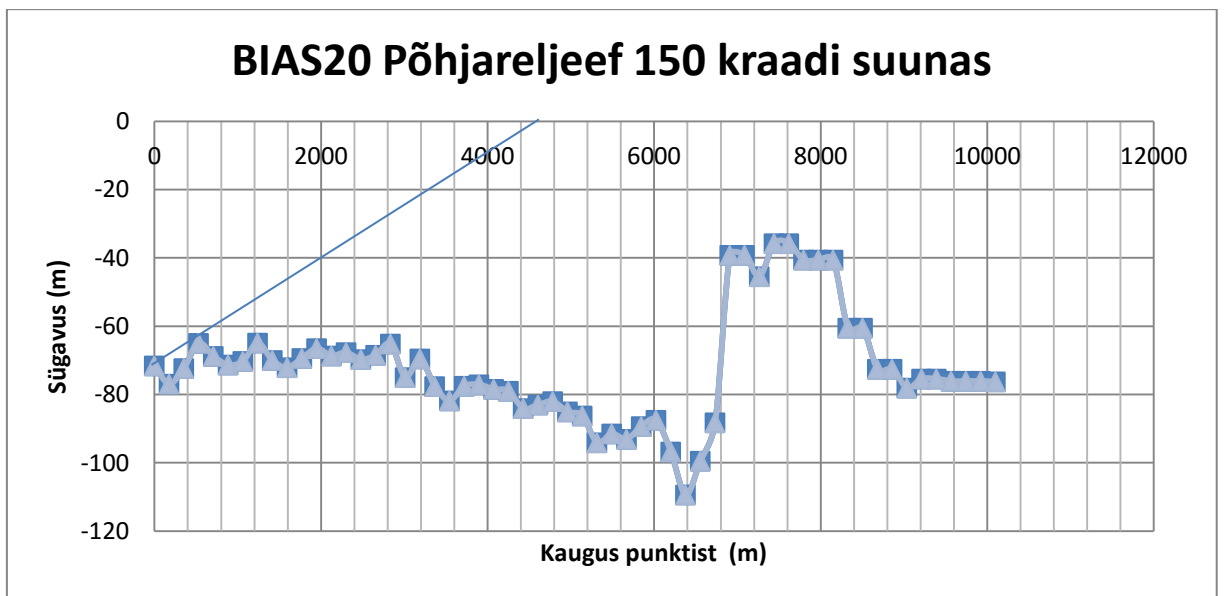
Joonis 21. BIAS20 Põhjareljeef 60 kraadi suunas



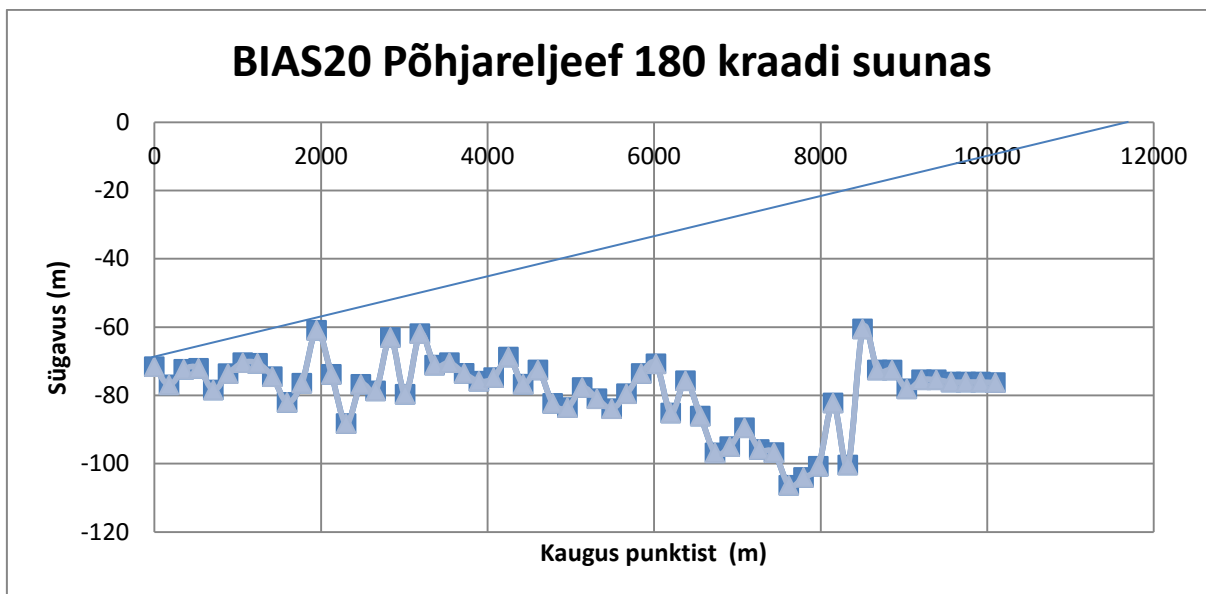
Joonis 22. BIAS20 Põhjareljeef 90 kraadi suunas



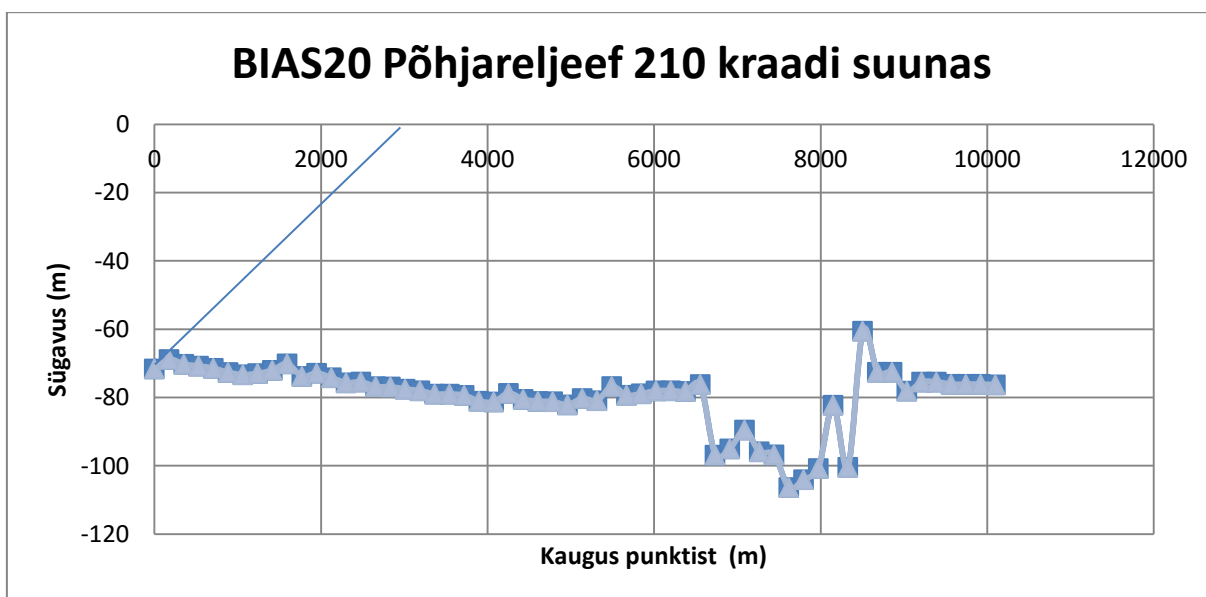
Joonis 23. BIAS20 Põhjareljeef 120 kraadi suunas



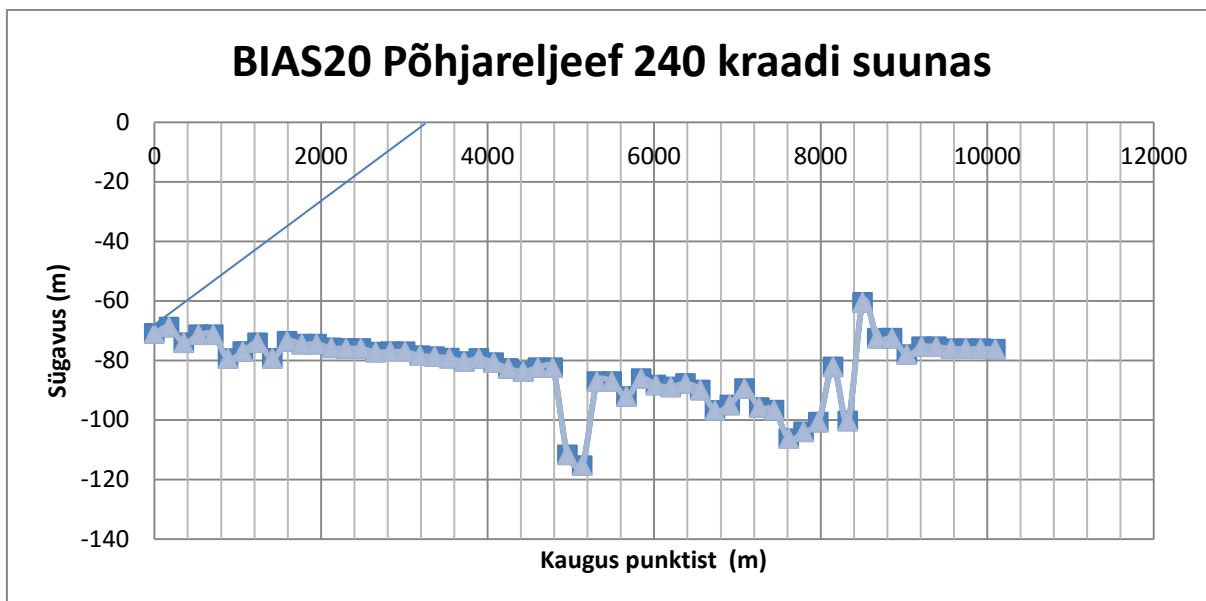
Joonis 24. BIAS20 Põhjareljeef 150 kraadi suunas



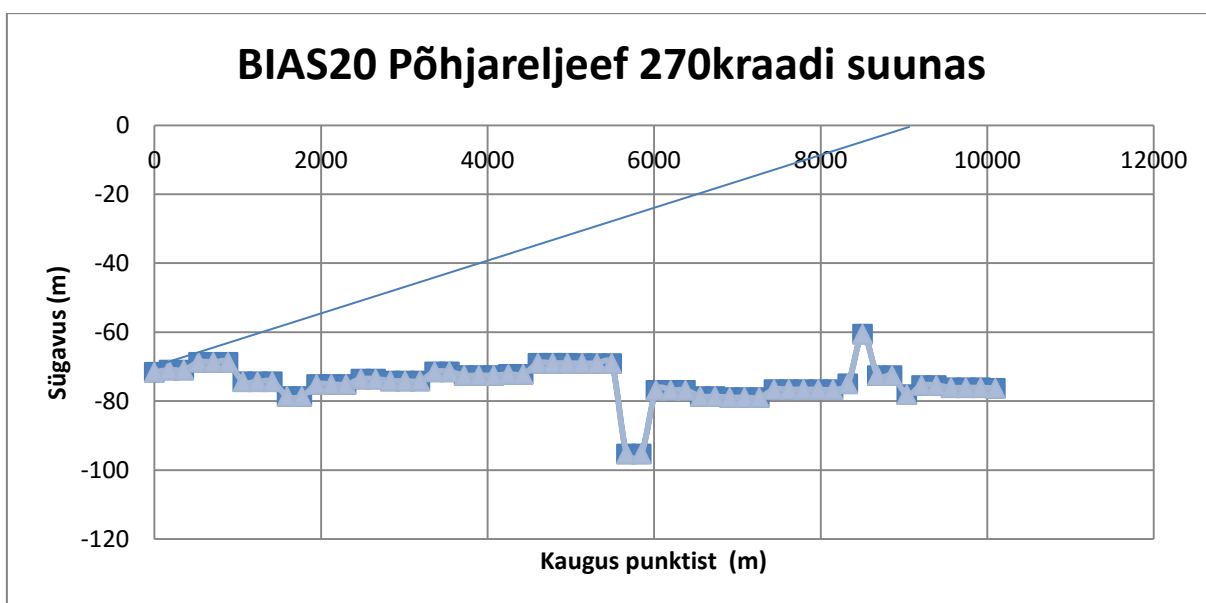
Joonis 25. BIAS20 Põhjareljeef 180 kraadi suunas



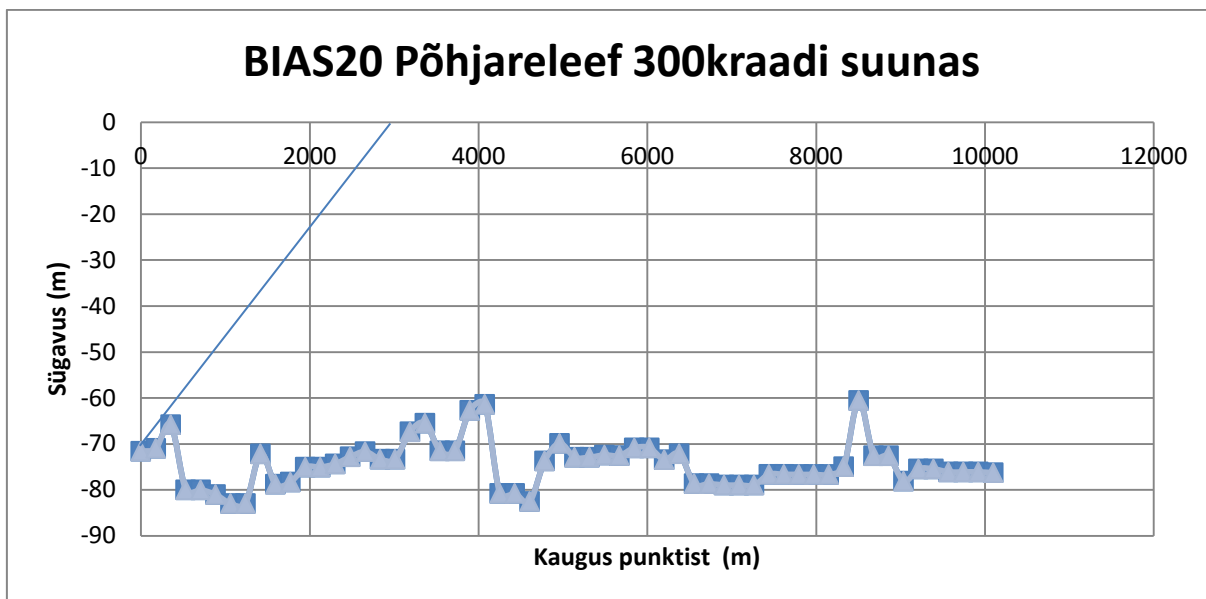
Joonis 26. BIAS20 Põhjareljeef 210 kraadi suunas



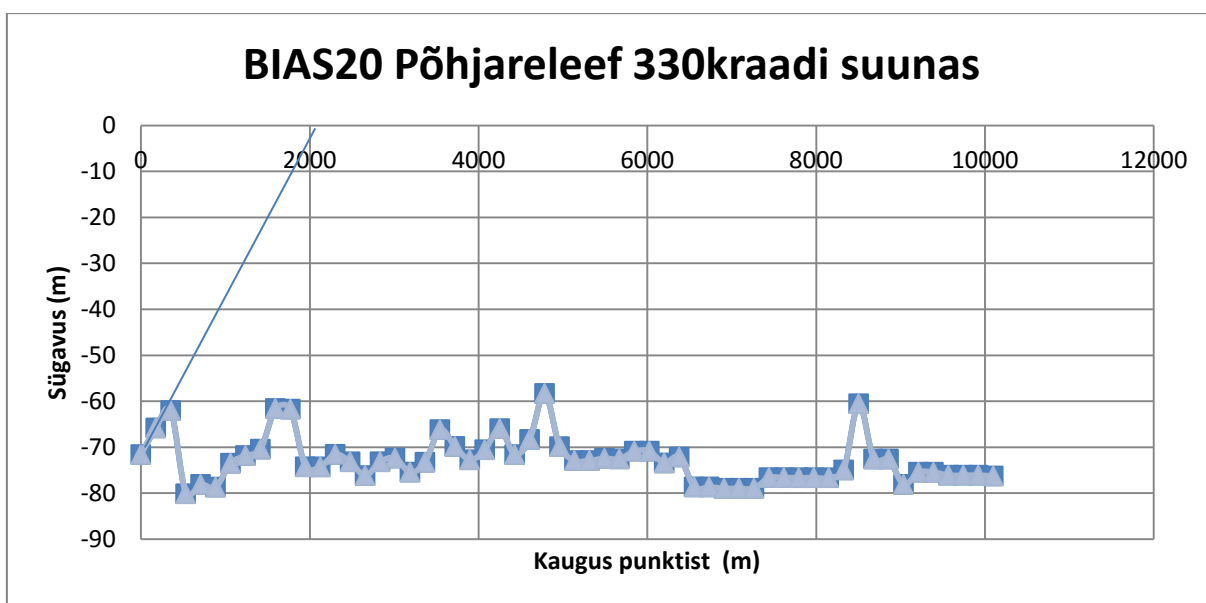
Joonis 27. BIAS20 Põhjareljeef 240 kraadi suunas



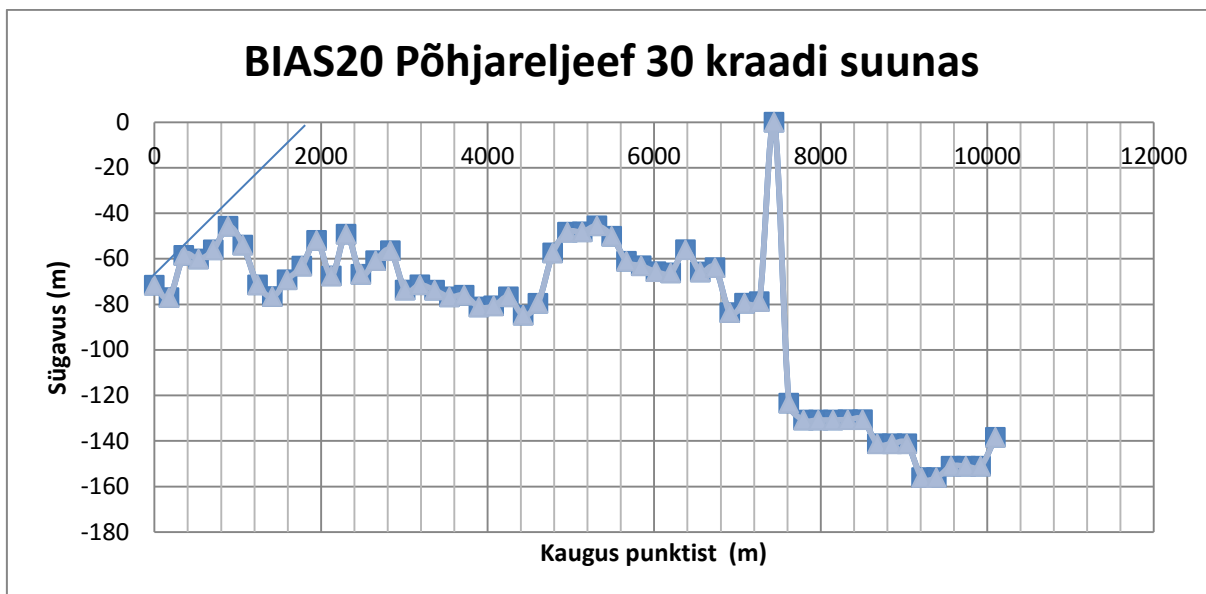
Joonis 28. BIAS20 Põhjareljeef 270 kraadi suunas



Joonis 29. BIAS20 Põhjareleef 300 kraadi suunas

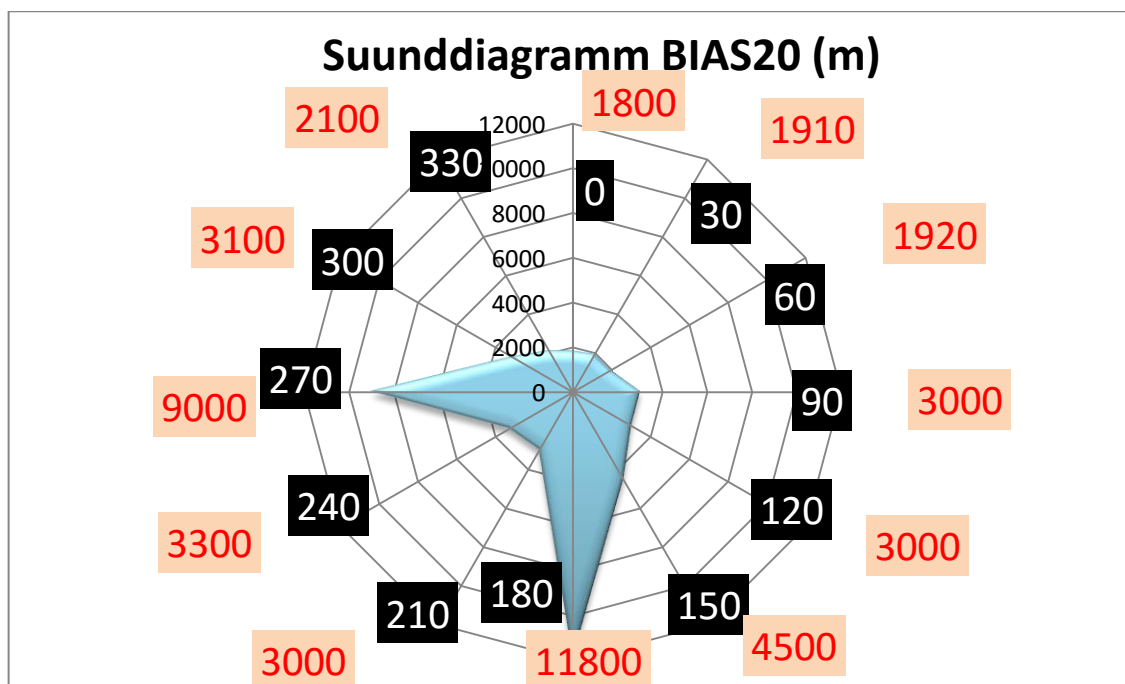


Joonis 30. BIAS20 Põhjareleef 330 kraadi suunas



Joonis 31. BIAS20 Põhjareljeef 30 kraadi suunas

Peale seda kui BIAS20 punkti jaoks on määratud sirgjoonelise helikuuldavuse kaugused vee pinnalt, kasutades selleks erinevate suundade põhjaprofiile, on võimalik koostada suunddiagramm. Sellega saab näidatud kui kaugelt heli võib jõuda punktini ilma takistusega. Helikuuldavuse kaugused suundade järgi on toodud Joonisel 32.



Joonis 32. Heli kuuldavuse kauguse suunddiagramm punktile BIAS20 (m)

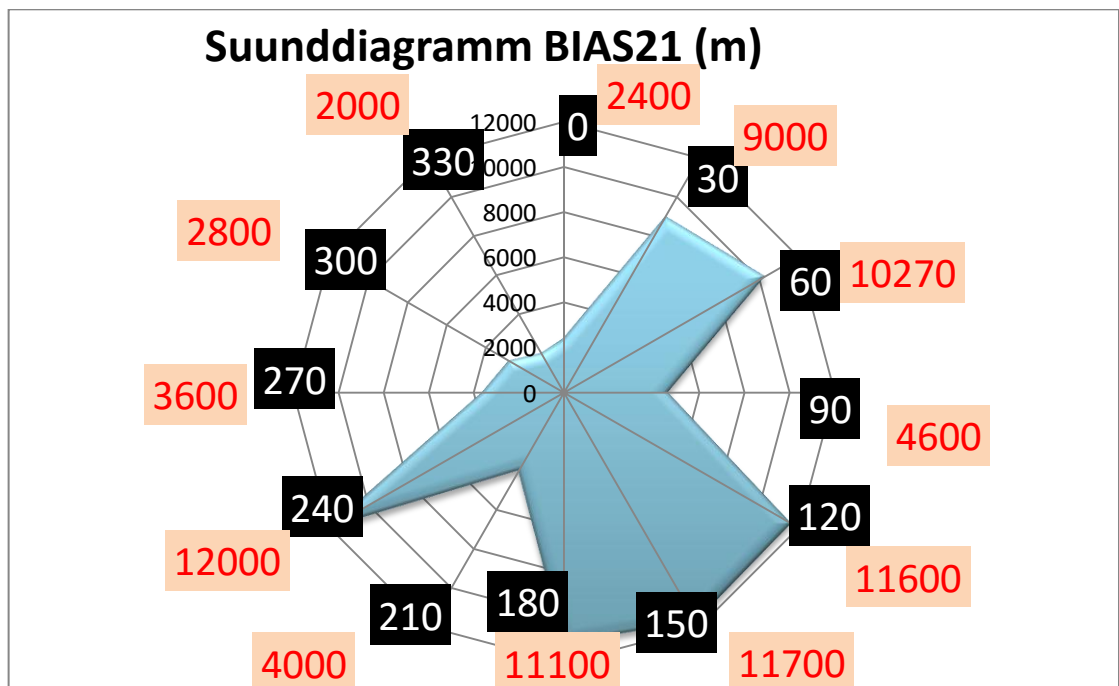
Joonisel on toodud heli kuuldavuse kaugus, kus

- valged numbrid mustas ümbruses on kraadid, mis näitavad põhjaprofiili suunda.
- värvilised numbrid on maksimaalne kaugus meetrites, millest heli võib jõuda punktini ilma põhjaprofiili takistusega.

Koostatud suunddiagrammist selgub, et kõige parem kuuldavus on suunas 180 ja 270 kraadi. Minimaalne heli kuuldavuse kaugus on vahemikus 0 – 90 kraadi ja võrdub 1810 m.

BIAS20 punkti jaoks koostatud lahendus on universaalne ja seda võib rakendada ka teiste BIAS punktide jaoks kui on olemas batümeetria rasterkaart. Samuti võib saadud lahendust arendada edasi, kui suurendada batümeetria andmete resolutsiooni. Kui kasutada mingis ajavahemikus laevade andmeid, siis võib avastada et mõned laevad asuvad helikuuldavuse tsoonis, ning teised laevad asuvad väljapool. Seetõttu võib laevade kuuldavus olla oluliselt erinev erinevates suundades. Näiteks BIAS20 punkti jaoks kõik laevad, mis sõidavad raadiuses kuni 3000 m kraadivahemikus 150 – 270 saab hästi kuulda.

Teine mõõtmispunkt Soome lahes oli BIAS21, koordinaatidega 59°27.19 N ja 23°43.48 E. Selle punkti jaoks on läbi viidud samasugune analüüs, milles kasutati erinevate suundade põhjaprofiile. Heli kuuldavuse kaugus punkti BIAS21 ümbruses on esitatud Joonisel 33.



Joonis 33. Heli kuuldavuse suunddiagramm punktile BIAS21 (m)

Uuritavas punkti BIAS21 jaoks on heli kuuldavuse kaugus erinev punktis BIAS20. Soome lahe batümeetria muudab laevamürasignaali kuuldavust erinevates suundades. Kõige suurem kuuldavus on 120 – 180 kraadivahemikus, ulatudes 11.7 km. Väiksema kuuldavuse vahemik on 300 – 360 kraadivahemikus, olles 2000 m. Veealuse müra kuuldavus on suhteliselt hea samuti suunavahemikus 30 – 60 kraadi olles üle 9 km, ning suunas 240 kraadi, olles üle 12 km.

KOKKUVÕTE

Käesolevas töös on kasutatud merepõhja batümeetria andmeid ja koostatud lahendid, et oleks võimalik saada põhjaprofiil ükskõik millises suunas. Selle abil on võimalik määrata, kui kaugelt võib kuulda laevadest lähtuvat heli vee all, eeldusel, et levib sirgjoonselt. Sel juhul on ainuke takistus heli levimise jaoks batümeetria. Lahendus on koostatud Soome lahe punktide BIAS20 ja BIAS2 jaoks. Koostatud lahendus on universaalne, ning rakendatav ükskõik millise mere punkti jaoks.

Enne rakenduse koostamist, on lõputöös läbi viidut uuringuline ja meetodiline osa. Kahes etapis on välja selgitatud, mis on geograafilised infosüsteemid, kuidas need töötavad, ning millised instrumente kasutatakse töötamise protsessis. Töö uuringulise osa käigus on valitud GIS andmete formaadid. Vektorandmete ja rasterandmete failid on kaks peamist failitüüp, mida kasutatakse GIS tarkvaras batümeetria andmete visualiseerimiseks ja teisendamiseks. Iga failitüüp omab nii miinuseid kui ka plusse, ning on olemas eelised erinevate rakendusülesannete jaoks. Ettevalmistuse etapis on saadetud Läänemere batümeetria andmed. Failid on saadetud Eesti Veetede Ameti hüdrograafia osakonnast.

Peale ettevalmistuse osa järgnes töö praktiline osa. Töö praktilises osas on loogiliselt lahti seletatud, kuidas saadakse batümeetria andmete ja geoinfosüsteemi tarkvara abil koostada universaalne lahendus Läänemere põhjaprofiili ekraniseerimiseks. Näidatud on kui kaugelt võib jõuda laevadest lähtuv heli vee all oletades, et ainuke takistus heli levimiseks on merepõhja batümeetria. Lahendus on koostatud BIAS20 ja BIAS21 punkti jaoks ja on universaalne ka teiste punktide jaoks meres. Uuritavas punkti BIAS20 jaoks on järgmine;

- Soome lahe batümeetria muudab laevamürasignaali kuuldavust erinevates suundades
- Kõige suurem kuuldavus on 180 ja 270 kraadi suunadaes, ulatudes üle 11.8 km.
- Väiksema kuuldavuse vahemik on 0 – 90 kraadivahemikus, olles vahemikus 1810 m.

Uuritavas punkti BIAS21 jaoks on järeldus järgmine;

- Soome lahe batümeetria muudab laevamürasignaali kuuldavust erinevates suundades
- Kõige suurem kuuldavus on 120 – 180 kraadivahemikus, ulatudes 11.7 km.
- Väiksema kuuldavuse vahemik on 300 – 360 kraadivahemikus, olles 2000 m.
- Veealuse müra kuuldavus on suhteliselt hea samuti suunavahemikus 30 – 60 kraadi olles üle 9 km, ning suunas 240 kraadi, olles üle 12 km.

JÄRELDUS

Selles töö saadud tulemust võib kasutada laevamüra signaalide kuuldavuse analüüsiks Soome lahes. Töös tehtud järeldused on olulised, kuna kõige tugevam heli meres levib suhteliselt väikeste vahemike jaoks praktiliselt sirgjooneliselt. Läänemeri on madal meri, keskmine sügavus on 60 m. Helilevik meres suurtel kaugustel ei sõltu ainult merepõhja batümeetriast. Oluline on arvestada ka veesamba termohaliinsete variatsioonidega. Peale laevamüra tekitab meres ümbritsevat müra (ambient noise) ka merepinna lained, tuul, vihm, välg jpm.

Saadud tulemused on olulised EL Life+ keskkonnauuringute vahenditest rahastatud projekti BIAS raames kogutud veealuse müra andmete interpreteerimiseks. Läänemere helepildi informatsiooni jaoks on oluline teada mere põhjaprofiili ja veealuse müra sõltuvust.

SUMMARY

A GIS SOLUTION FOR USAGE OF THE GULF OF FINLAND DEPTH DATA IN THE SHIP SIGNALS AUDIABILITY ANALYSIS

Konstantin Jelisejev

The Baltic Sea is a semi-enclosed sea with nine states bordering the sea. It is estimated that about 2000 sizeable ships are at sea at any time. These ships will generate underwater noise that potentially might be harmful for the Environment. The BIAS (Baltic Sea Information on the Acoustic Soundscape) project was established in September 2012 to support a regional assessment of the underwater sound in the Baltic Sea. The aim of this work is to set the relation between the marine profile near BIAS stations vicinity in Baltic Sea and underwater shipnoise audibility. Main tool for bathymetry data handling is Geographic Information System software QGIS: Lyon 2.12.

In this work was done preparation part in which were observed Geographic Information Systems especially QGIS. In more detail were observed what kind of files and data QGIS supports, what are their weak and strong sides for different types of work.

The primary bathymetry data were received from Republic of Estonia Maritime Administration, the department of hydrography.

After preparation part it was time for practical part. In practical part of this work is showed the making of terrain profile using the received bathymetry data and QGIS software. The base observed points were BIAS20 and BIAS21 around which were created a seabed profile. In the end were received the result that near BIAS20 point the most wider and longer audio range is 180 and 270 degrees and which is more than 11800 metres. The minimums distance of audibility is between 0 and 90 degrees which about 1800 metres. In the end were received the result that near BIAS21 point the most wider and longer audio range is between 120 and 180 degrees and which is more than 11700 metres. The minimums distance of audibility is between 300 and 360 degrees which about 3000 metres.

The created solution of relations between seabed profile and ship noise audibility is all-purpose. It can be implemented for other BIAS points or for other project what is

connected with seabed profile and noise audibility. Also it has large range for improving and developing.

KASUTATUD ALLIKAD

Fang, Y., Shandas, V., Arriaga, E. (2014) Spatial thinking in planning practice. Portland State University.

Gracer, A. (2014) Learning QGIS. Second edition. Packt Publishing Ltd.

Huisman, O., De By, R. (2009) Principles of geographic information systems ITC, Enschede. Netherlands.

Konsa, M., Lätti, P., Haav, L. (2015) QGIS 2.10 käsiraamat. Tartu Ülikooli ajaloo ja arheoloogia instituudi arheoloogia osakond. Tartu, Estonia.

McCartney, T., Freeman, N. (2014) Getting Started With Gis Using QGIS. Createspace Independent Pub.

Menke, K., Smith, R., Pirelli, L., Van Hoesen, J. (2015) Mastering QGIS. Packt Publishing Ltd.

Rüdja, A., Sander, J. (2013) Sateliitmüüdistamise näidiülesanded. Sa Innove, Tallinn, Estonia.

Sutton, T., Dassau, O., Sutton, M. (2009) A Gentle Introduction to GIS. Chief Directorate: Spatial Planning & Information, Department of Land Affairs, Eastern Cape.

Vestra, E. (2014) Building Mapping Applications with QGIS. Packt Publishing Ltd.

Baltic Sea Bathymetry Database: <http://data.bshc.pro/#2/58.9/22.0>

BIAS: <https://biasproject.wordpress.com/>

IMO: <http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Navigation/Pages/AIS.aspx>

Meremõõdistus: <http://www.vta.ee/meremoodistamine/>

OpenStreetMap 2016: <https://www.openstreetmap.org/#map=5/51.500/-0.100>

QGIS dokumentatsioon :<http://www.qgis.org/en/docs/index.html>

LISAD

Lisa 1. BIAS punktid

| BIAS station | Country | Lat | Long | Category | Depth (m) |
|--------------|---------|----------|----------|----------|-----------|
| 1 | Sweden | 55°52,57 | 12°41,77 | B | 13 |
| 2 | Sweden | 55°19,29 | 13°5,63 | B | 23 |
| 3 | Sweden | 55°32,59 | 14°29,73 | B | 42 |
| 4 | Sweden | 56°13,15 | 17°17,16 | A | 22 |
| 5 | Sweden | 55°53,77 | 16°52,41 | B | 40 |
| 6 | Sweden | 58°17,12 | 17°20,79 | A | 49 |
| 7 | Sweden | 59°11,36 | 19°5,73 | A | 42 |
| 8 | Sweden | 60°25,01 | 18°55,21 | A | 38 |
| 9 | Sweden | 62°12,43 | 18°4,81 | A | 70 |
| 10 | Sweden | 61°45,44 | 19°20,97 | A | 78 |
| 11 | Finland | 64°41,04 | 23°14,46 | A | 80 |
| 12 | Finland | 64°36,30 | 23°56,70 | B | 22 |
| 13 | Finland | 60°34,68 | 20°46,68 | A | 25 |
| 14 | Finland | 59°51,18 | 21°47,34 | B | 50 |
| 15 | Finland | 59°15,00 | 21°1,02 | A | 90 |
| 16 | Finland | 59°15,00 | 21°1,02 | A | 90 |
| 17 | Finland | 59°48,06 | 23°36,90 | A | 30 |

| | | | | | |
|----|---------|----------|----------|-----|----|
| 18 | Finland | 59°58,02 | 25°15,00 | A | 50 |
| 19 | Finland | 60°15,00 | 27°14,88 | B | 55 |
| 20 | Estonia | 59°46.49 | 24°50.49 | B | 60 |
| 21 | Estonia | 59°27.19 | 23°43.38 | A | 90 |
| 22 | Estonia | 59°8.99 | 21°59.44 | B | 80 |
| 23 | Estonia | 57°58.26 | 21°0, 00 | A | 80 |
| 24 | – | – | – | – | – |
| 25 | Poland | 54°40,00 | 18°54,00 | B | 25 |
| 26 | Poland | 54°38,47 | 18°37,84 | B | 30 |
| 27 | Poland | 54°45,89 | 17°15,54 | A | 16 |
| 28 | Poland | 54°40,75 | 16°16,90 | A-B | 40 |
| 29 | Poland | 54°03,60 | 14°21,30 | A-B | 12 |
| 30 | Germany | 54°30.00 | 10°16.00 | B | 13 |
| 31 | Germany | 54°36.00 | 11°09.00 | B | 28 |
| 32 | Germany | 54°19.09 | 11°22.39 | A | 25 |
| 33 | Germany | 54°41.80 | 12°42.40 | A-B | 21 |
| 34 | Germany | 54°52.90 | 13°51.50 | B | 45 |
| 35 | Denmark | 55°04,53 | 95°5,28 | A | 25 |
| 36 | Denmark | 55°22,03 | 11°01,16 | B | 20 |
| 37 | Denmark | 54°47,23 | 14°28,06 | A | 15 |
| 38 | Denmark | 55°12,00 | 12°15,62 | A | 11 |

Lisa 2.Maa-ameti kalkulaator

