GEOLOGICAL SURVEY OF ESTONIA

Paldiski lahe pumphüdroakumulatsioonijaama veevõtutoru merepõhja pindmiste setete uuring

(vahearuanne)

RAKVERE 2019

Kaane foto: Pakri neem uuringuala piirkonnas. Foto: S. Suuroja.

KINNITATUD
Eesti Geoloogiateenistuse
Teadusnõukogu otsusega nr

Paldiski lahe pumphüdroakumulatsioonijaama veevõtutoru merepõhja pindmiste setete uuring (vahearuanne)

Töögrupi juht: Sten Suuroja

Töögrupi liikmed: Sten Suuroja, Anu Veski, Kalle Suuroja

Eesti Geoloogiateenistuse direktor: Alvar Soesoo

RAKVERE 2019

Sisukord

Annotatsioon 6
Sissejuhatus 7
1. Uuringu metoodika 7
1.1. Asukoha määrangud 7
1.2. Geofüüsikalised uuringud 7
Madalasageduslik põhjaprofilaator (Boomer) 8
Keskmisesageduslik põhjaprofilaator (Chirp) 8
Kõrgesageduslik põhjaprofilaator (Pinger) 9
Külgvaatesonar 9
1.3. Setteläbilõigete võtmine 10
1.4. Geofüüsikaliste profiilide interpreteerimine 10
2. Põhjasetete iseloomustus 11
Lisad 14
Kasutatud materjalid 15

Tabelite nimekiri

Tabel 2.1. Proovivõtujaamade asukohad 11

Jooniste nimekiri

Joonis 1.2.1. Geofüüsikalisteks uuringuteks kasutatud seadmete skeem 8

Joonis 1.4.1. Proovivõtujaamade asukohad *Boomer*-tüüpi põhjaprofilaatori profiilil 20190828_122648 11

Joonis 2.1. Geofüüsikaliste profiilide ja proovivõtujaamade asukohad 12

Joonis 2.2. Külgvaatesonari profiilide mosaiik-kujutis 13

Annotatsioon

Uuringud teostati määramaks põhjasetete koostist, paksust ja levikut Paldiski lahes kavandatava pumphüdro-akumulatsioonijaama veevõtutoru piirkonnas. Põhjasetete paksuse esialgsel määramisel kasutati geofüüsikalisteks uuringuteks kolmes erinevas sagedusvahemikus töötavat põhjaprofilaatorit. Setete pindmise kihi leviku ja koostise muutuste jälgimiseks kasutati külgvaate sonarit. Setete koostise määramiseks ja seismoakustiliste profiilide interpreteerimiseks võeti GEMAX tüüpi proovivõtutoruga 7 jaamast 14 põhjaproovi. Setteproovidest määrati setete lõimiseline koostis, füüsikalis-mehaanilised ja geotehnilised omadused.

Paldiski lahe pumphüdroakumulatsioonijaama veevõtutoru piirkonnas tehtud merepõhja pindmiste setete uuringu esialgsed tulemused näitavad, et uuringualal levivad merepõhjas valdavalt möllsavid (peliitne-aleuriitne muda), mis lasuvad õhukesel (ca 1 m) paksusega moreenikihil või siis aluspõhja kivimitel. Kasutatud proovimise meetod (GEMAX tüüpi settetoru) ei võimaldanud võtta proove sügavamal lasuvatest tihedamatest setetest. Käesolevate uuringute tulemused saab aluseks võtta Paldiski lahe pumphüdroakumulatsioonijaama veevõtutoru projekteerimise käigus tehtavale setete modelleerimisele ning teistele KMH protsessis tehtavatele analüüsidele.

Sissejuhatus

Eesti Geoloogiateenistus (EGT) tegi merepõhja uuringud Paldiski lahes kavandatava pumphüdroakumulatsioonijaama veevõtutoru piirkonnas määramaks setete koostist, levikut ja paksust. Uuring tehti vastavalt tellijaga Skepast&Puhkim OÜ ja arendajaga Energiasalv Pakri OÜ sõlmitud töövõtulepingule NR 2019-68-AT-1 29. augustil 2019.

Seoses uurimislaeva „Salme“ kavandatavate dokitöödega tehti tööde esimeses etapis setteläbilõigete võtmine GEMAX settetoruga. Põhjasetete koostise määramiseks võeti proove seitsmest kohast (jaamast). Proovid laboratoorseteks määranguteks võeti katsekehi 10–30 cm intervalliga. Laboratoorselt määrati proovides setete lõimiseline koostis, füüsikalis-mehaanilised ja geotehnilised omadused.

Tööde teises etapis tehti geofüüsikalised uuringud setete leviku määramiseks. Uurimiseks kasutati geofüüsikalist profileerimist erinevatel meetoditel. Setete vertikaalseks uuringuks kasutati kolme põhjaprofilaatorit: madalasageduslikku *Boomer*-tüüpi põhjaprofilaatorit töösagedusega 0,4 kuni 4 kHz; keskmisesageduslikku *Chirp*-tüüpi põhjaprofilaatorit töösagedusega 3 kuni 9 kHz ning kõrgesageduslikku profilaatorit *Pinger* töösagedusega 24 kHz. Merepõhja geomorfoloogia, setete pindalalise leviku ja settetüübi määramiseks kasutati külgvaate sonarit. Tööde käigus tehti 10 piki- ja 5 ristiprofiili, kokku ca 13 jooksvat kilomeetrit.

Välitööde planeerimiseks ja geofüüsikaliste andmete kogumiseks kasutati Meridata tarkvara MDCS ning geofüüsikalise andmestiku interpreteerimiseks Meridata MDPS tarkvara.

Aruande graafiliste plaanide koostamiseks kasutati GIS tarkvara ArcGIS.

1. Uuringu metoodika

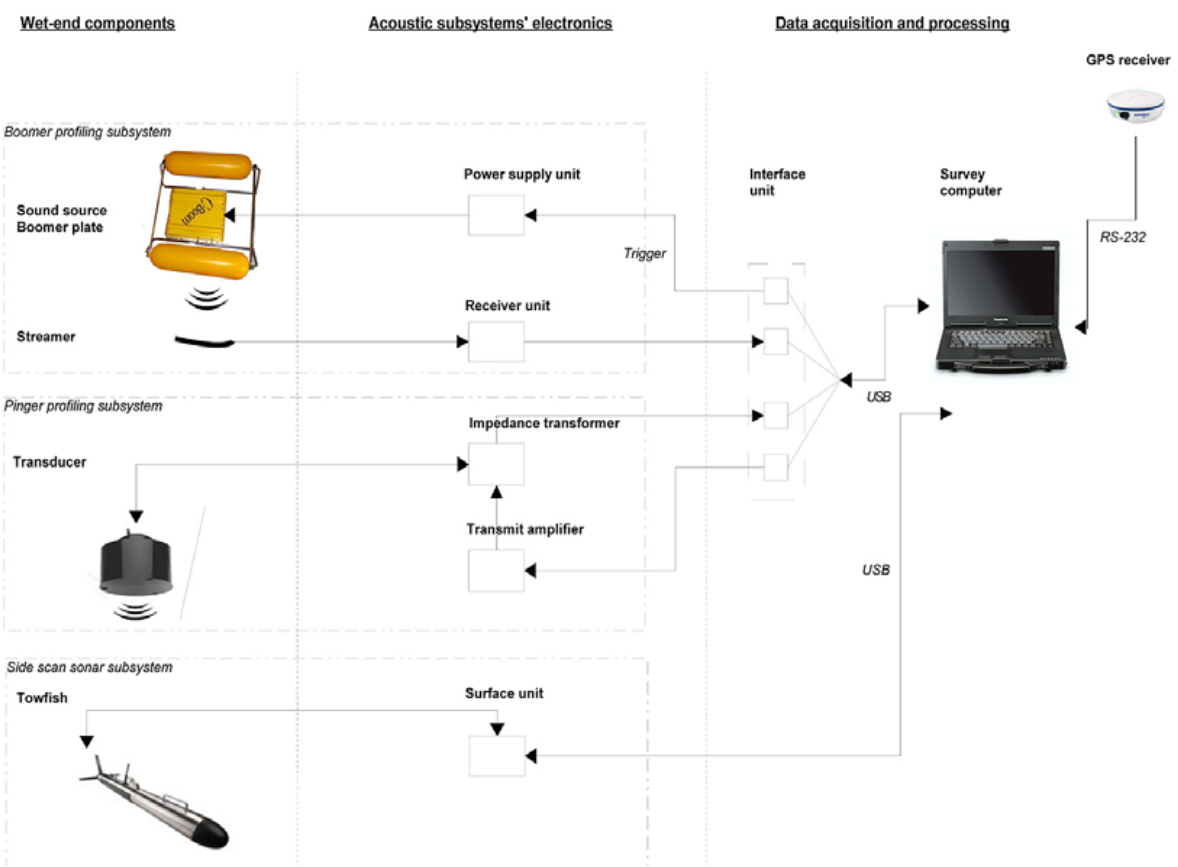
1.1. Asukoha määrangud

Asukoha määranguteks kasutati nii geofüüsikalistel profileerimistel kui puurimis-sondeerimistöödel geodeetilist võrgupõhise mõõtmisega RTK-GPS GNSS seadet Trimble R8. GNSS ehk globaalse navigatsioonisatelliitide süsteemi püsijaamade võrgustik on vajalik geodeetilise referentssüsteemi komponentide jälgimiseks. Tööde käigus kasutati Maa-ameti püsijaamade GNSS püsijaamade võrku ESTPOS (Suurupi püsijaam). Kasutatud meetod annab asukoha määramise täpsuseks ca 1–3 cm (8 mm + 0,5 ppm RMS) horisontaal- ja 1–5 cm (15 mm + 0,5 ppm RMS) vertikaalsuunal.

1.2. Geofüüsikalised uuringud

Geofüüsikalised uuringud tehti kasutades 3 tüüpi setteprofilaatoreid: madalasageduslikku *Boomer*-tüüpi põhjaprofilaatorit töösagedusega 0,4 kuni 4 kHz; keskmisesageduslikku *Chirp*-tüüpi põhjaprofilaatorit töösagedusega 3 kuni 9 kHz ning kõrgesageduslikku profilaatorit *Pinger* töösagedusega 24 kHz. Madalasagedusliku profilaatori lainekiirgurit (*Boomer*) ja vastuvõtjat (*Hydrophone*) pukseeriti ahtrist 10 m kaugusel ning kõrgesageduslikku profilaatorit *Pinger* 2 m kaugusel, et vähendada vindivee häirivat mõju.

Põhjaprofilaatori *Chirp* kiirgur-vastuvõtja oli kinnitatud uurimispaadi poordi. Külgvaate sonarit pukseeriti laeva poordist väljaspool sügavusel 1 m a.m.p. Profileerimised tehti kiirusega 3 sõlme.



Joonis. 1.2.1. Geofüüsikalisteks uuringuteks kasutatud seadmete skeem

MADALASAGEDUSLIK PÕHJAPROFILAATOR (*BOOMER*)

Geoloogilise läbilõike sügavama osa uurimiseks kasutati madalasageduslikku seismoakustilist põhjaprofilaatorit (*Boomer*) C-BOOM, töösagedusega 0,5 kuni 2 kHz, pingega 400 V. Profiili resolutsioon vertikaalsuunal on ca 20 cm. Seadme vastuvõtjana kasutati multielementset hüdrofoni C-Phone. Antud sagedusvahemikus töötav põhjaprofilaator „läbib“ setteid ja pehmemaid settekivimeid. Käesoleva uuriguala piires saadi vertikaalne profiil kohati kuni aluspõhja pinnani. Kuna *Chirp*-tüüpi põhjaprofilaator andis uuringutel märksa parema vertikaalse resolutsiooni, siis kasutati *Boomer*-tüüpi põhjaprofilaatorit vaid täiendava informatsiooni saamiseks võimaliku aluspõhja kivimite sügavuse määramiseks.

KESKMISESAGEDUSLIK PÕHJAPROFILAATOR (*CHIRP*)

Uuringuala vertikaalse geoloogilise läbilõike uurimiseks kasutati seismoakustilist põhjaprofilaatorit *Chirp*, töösagedusega 3 kuni 9 kHz. Profiili resolutsioon vertikaalsuunal on ca 10 cm. Antud sagedusvahemikus

töötav põhjaprofilaator „läbib“ pehmeid setteid kuni moreeni või aluspõhja pinnani. Seadme „kiirgur-vastuvõtja“ asus uurimispaadi poordis 1 m allpool veepinda. Põhjaprofilaator andis uuringualal piisavalt hea läbitavuse ja resolutsiooni, mistõttu kasutati *Chirp*-meetodit põhilisena setete vertikaalse läbilõike uurimiseks. *Chirp* andmed salvestati Meridata failiformaadis.

Foto. 1.2.1. Põhjaprofilaator Chirp uurimislaeva poordis

KÕRGESAGEDUSLIK PÕHJAPROFILAATOR (*PINGER*)

Setete ülemise pehme osa määramiseks kasutati kõrgesagedusliku põhjaprofilaatorit (*Pinger*), töösagedusega 24 kHz. Profiili resolutsioon vertikaalsuunal on täpsem kui 10 cm. Antud sagedusvahemikus töötav põhjaprofilaator „läbib“ pehmeid setteid. Seadme „kiirgur-vastuvõtja“ asus uurimispaadi ahtrist 2 m tagapool. Põhjaprofilaator andis uuringualal piisavalt hea läbitavuse ja resolutsiooni. *Pinger* andmed salvestati Meridata failiformaadis.

KÜLGVAATESONAR

Merepõhja pindmiseks uurimiseks kasutati kahesageduslikku külgvaatesonarit SonarBeam S-150A (Side Scan Sonar System), töösagedustega 400kHz ja 900kHz. Sonari lainelehviku laius on erinevate sageduste puhul vastavalt 10 ja 30° vertikaalsuunas. Horisontaalseks mõõdistamislaiuseks määrati parem- ja vasakpoolsel ribal 50 m, arvestades profiilide vahekaugust 50 m. Käesolevatel uuringutel kasutati külgvaatesonaril töösagedust 900 kHz. Valitud sagedusvahemik ja diapasoon võimaldab eristada merepõhjas objekte alates 0,2 meetrisest läbimõõdust. Sonari profiilide andmestik salvestati Meridata failiformaadis.

1.3. SETTELÄBILÕIGETE VÕTMINE

Setteproovide võtmiseks kasutati GEMAX tüüpi settetoru. Proovivõtja koosneb kahest 90 mm läbimõõduga torust ning sellega on võimalik saada setteläbilõiget kuni 1 m paksusest settekihist.

Tööd tehti uurimislaevaga „Salme“.

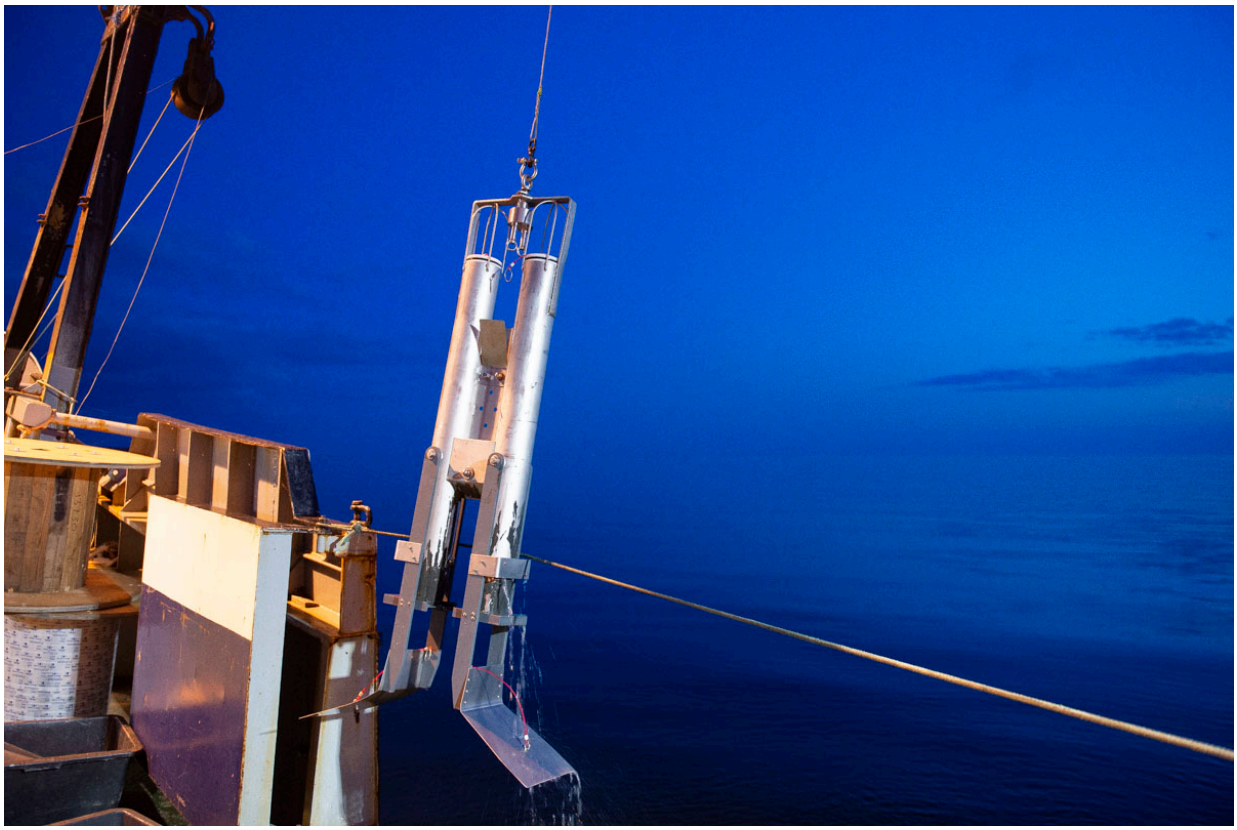
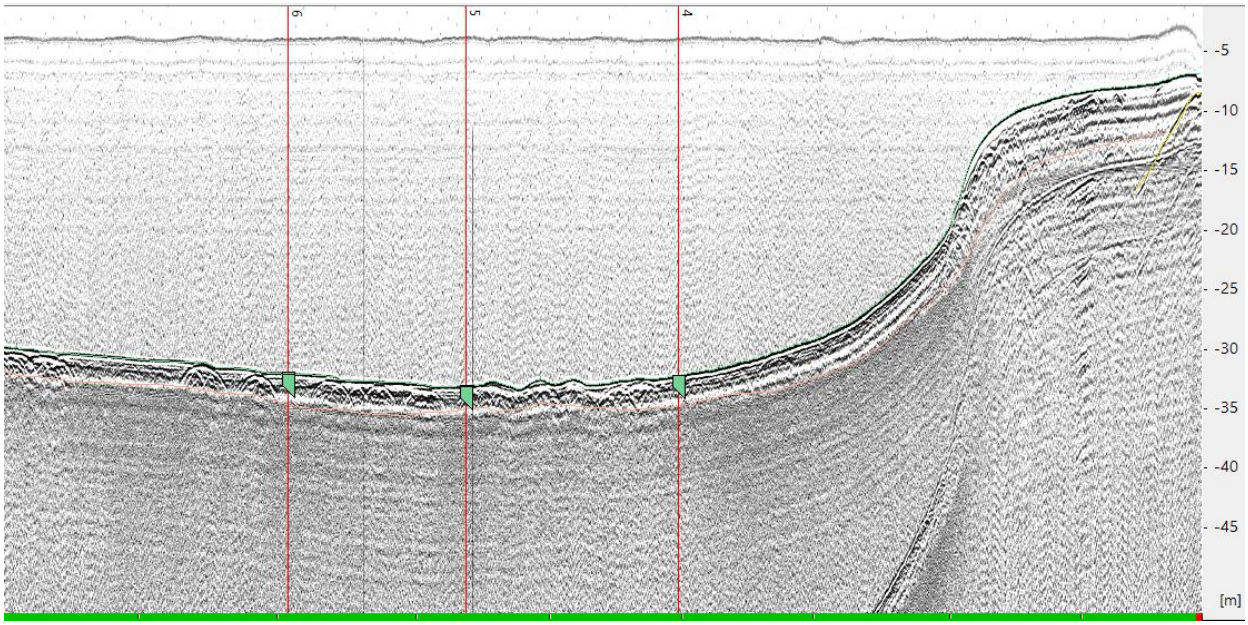


Foto 1.3.1. Settepuur GEMAX uurimislaeva „Salme“ pardal

1.4. GEOFÜÜSIKALISTE PROFIILIDE INTERPRETEERIMINE

Geofüüsikaliste profiilide planeerimiseks ja navigeerimiseks ning geofüüsikaliste andmete kogumiseks kasutati Meridata tarkvara MDCS (Meridata Collecting software) ver 5.2. Geofüüsikaliste andmete interpreteerimiseks kasutati Meridata tarkvara MDPS (Meridata Processing software) ver 5.2. Kogu andmestik salvestati Meridata tarkvara failiformaati. Andmete interpreteerimisel koostati erinevatest litoloogilistest erimitest akustilised üksused.

Kuna setete laineleviku kiiruseid laboratoorselt ei määratud ja arvestades suhteliselt väikesi setete paksusi, omistati kõikidele kihtidele lainelevikukiirus 1500 m/s (va aluspõhi, millele kiiruse omistamine ei ole oluline, kuna määrati vaid selle ülemise peegelduspinna sügavust).



Joonis 1.4.1. Proovivõtujaamade asukohad *Boomer*-tüüpi põhjaprofilaatori profiilil 20190828_122648

2. Põhjasetete iseloomustus

Setete lõimiseline koostis, füüsikalis-mehaanilised ja geotehnilised omadused määrati Eesti Keskkonnauuringute Keskuse Geotehnika laboris. Analüüsiti 7 proovivõtujaamast võetud 14 proovi. Proovimissügavuseks oli 0,1–0,4 m. Määramise metoodika on toodud aruande lisas.

Setete lõimiseline koostis määrati 14 proovist. Valdavaks olid möllsavid liivaga ja rohke liivaga. Ühel juhul (proovivõtujaam nr 1) sisaldas proov ka kruusa – ilmselt oli tegu tehnogeense lisandiga.

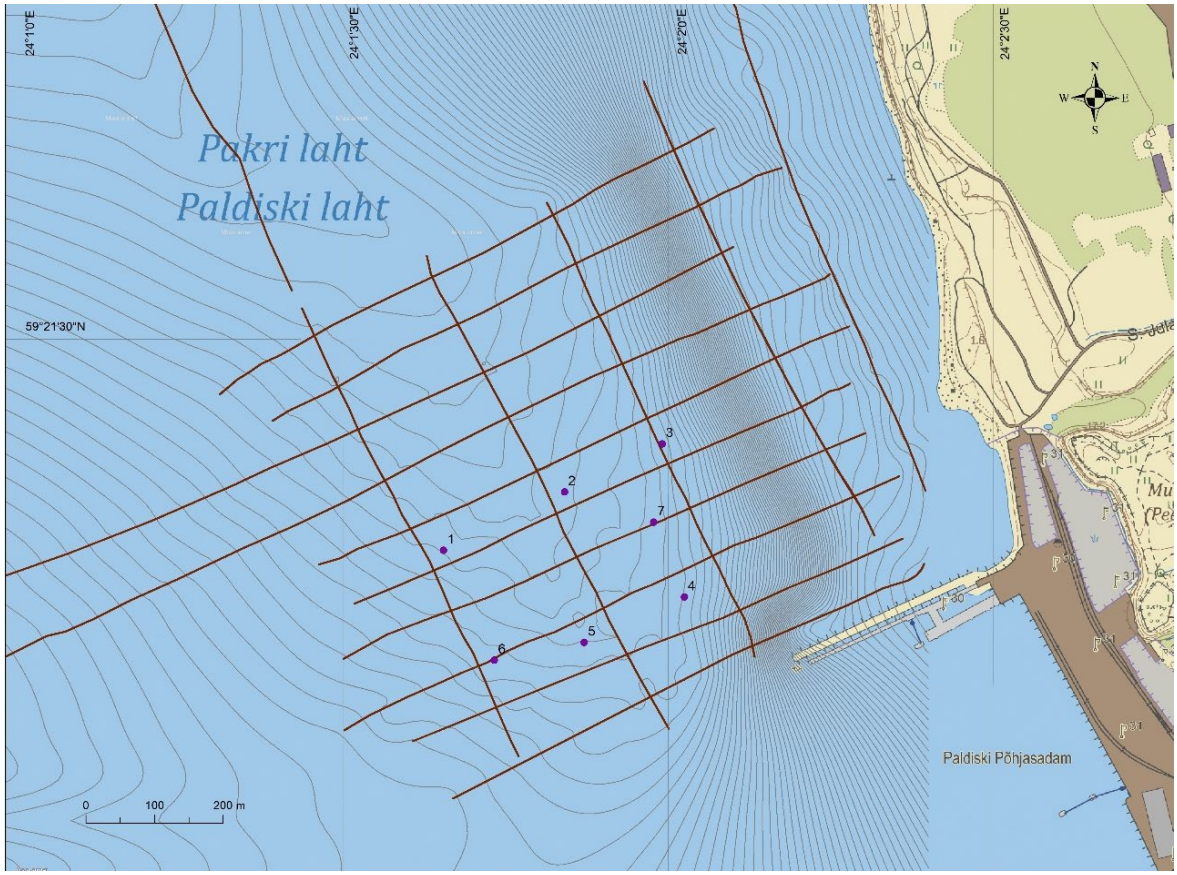
Tabel 2.1. Proovivõtujaamade asukohad

Jaama nr	Intervall (m)	Sügavus (m)	X	Y
1	0,00-0,10		6579721	501586
2	0,00-0,12	27	6579806	501762
	0,12-0,25			
	0,25-0,35			
3	0,00-0,15	37	6579877	501905
	0,15-0,30			
	0,30-0,40			
4	0,00-0,30	16	6579652	501937
5	0,00-0,15	25	6579585	501791
	0,15-0,20			
6	0,00-0,18	37	6579559	501660
	0,18-0,36			
7	0,00-0,15	30	6579762	501892
	0,15-0,30			

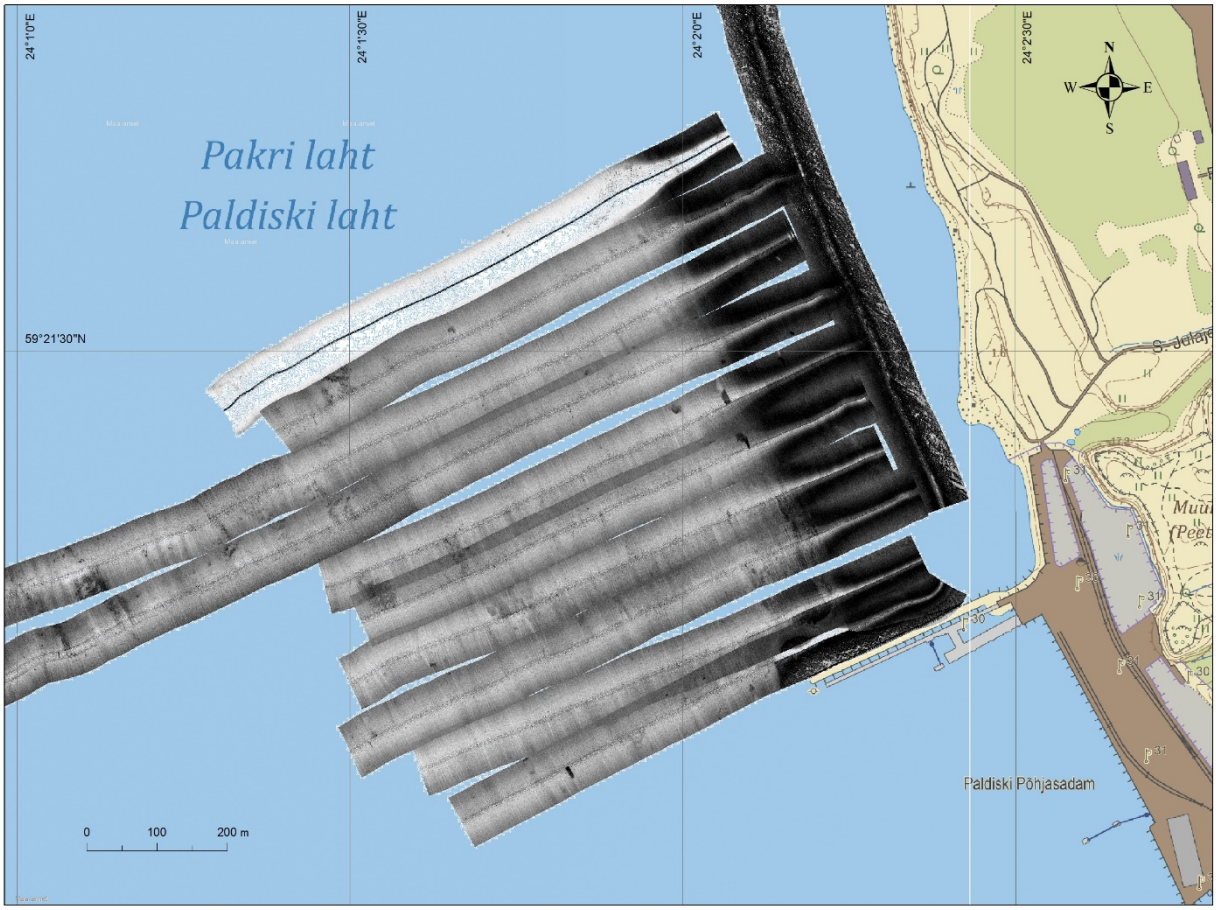
Valdavalt on tegemist väga (plastsusarv 20–30%) ja üliplastsete (plastsusarv 30–42%) möllsavidega; jaamas nr 1 määrati keskplastne (plastsusarv 12%) möllsavi.

Setete looduslik niiskus ulatub 72,5–143,8%. Looduslik mahukaal on 1,28–1,58 g/cm^3, kuivainese mahukaal 2,56–2,64 g/cm^3. Setete poorsus 64,8–78,5%-ni. Kuumutuskadu 4,3–8,5%, orgaanilise aine sisaldus proovides on keskmisest kuni rohkeni. Karbonaatide sisaldus 1,6–7,9% (vähesest keskmiseni).

Sügavuse suurenedes olulisi muutusi pindmise kihi geotehnilistes omadustes ega orgaanilise ainese ja karbonaatide sisalduses ei ilmnenud.



Joonis 2.1. Geofüüsikaliste profiilide ja proovivõtujaamade asukohad



Joonis 2.2. Külgvaatesonari profiilide mosaiik-kujutis. Tumedam ala – rannanõlva setted; heledam – savikas aleuriitne sete

Lisad

Lõimise määrangud

Geotehnilised määrangud

Kasutatud materjalid

Suuroja, S.; Suuroja, K; Veski, A. 2017. Paldiski lahe pumphüdroakumulatsioonijaama veehaarderajatise kunstsaare aluse