

Töö nr. 09-03-0829

KALANA SADAM HIIUMAAL

GEOTEHNIKA ARUANNE

22. aprill 2009

Juhataja

Peeter Talviste

Autor

Helve Luht

Tallinn, 2009

SISUKORD

TEKST

1. Üldosa
2. Geoloogiline ehitus
3. Geotehnilised tingimused
4. Keskkonnaseisund

TABELID

Tabel 1	Uuringupunktide kataloog
Tabel 2	Statistika
Tabel 3	Normsuurused

JOONISED

Joonis 1	Uuringupunktide asendiplaan M 1:1000
Joonis 2	Geoloogiline lõige M 1:1000/1:100
Joonis 3.1...3.3	Puuraugud M 1:50
Joonis 4.1...4.6	Löökpenetratsioonikatsed M 1:50

LISAD

Lisa 1	Lõimis. Pinnase omadused
Lisa 2	Lõimisekõver
Lisa 3	Lõimisekõver
Lisa 4	Analüüsi tulemused (naftaproduktide ja metallide sisaldused)

1. ÜLDOSA

Asukoht

Uuritud ala asub Hiiumaal, Kalana sadama akvatooriumis.

Ehitise iseloomustus

Rekonstrueeritakse olemasolev kai.

Tellijä

OÜ EstKONSULT.

Tööde eesmärk

Tööde eesmärgiks oli ala geoloogilise ehituse selgitamine ning pinnaseomaduste määramine.

Tööde maht

Välitööd tehti 2009. a märtsis. Puuriti 3 puurauku ja tehti 6 löökpenetratsioonikatset agregaadiga IGT-500 selleks kohandatud parvaluselt tellija poolt soovitud kohtadesse.

Puuraugud (PA) rajati vibropuurimismeetodil.

Löökpenetratsioonikatsetel (LP) kasutati 63,5 kg löögivasarat langetuskõrgusel 0,5 m, vardaid kaaluga 6 kg, koonuse otsikut pindalaga 16 cm². Mõõdeti 20 cm läbimiseks kulunud löökide arvu. Kasutatud seade erineb EPN-ENV 7.3 kirjeldatud seadmest vasara väiksema langetuskõrguse poolest (0,75 m Eesti standardis) ja vastab Rootsi standardi EVN 1997-3; 1995 seadmele HfA. Kirjanduse andmetel on HfA seadmega saadud löökide arv N₂₀ võrdne SPT seadmega registreeritud löökide arvuga N₃₀. See võimaldab kasutada SPT jaoks välja töötatud korrelatsioone pinnaseomaduste hindamisel.

Löökpenetratsioonikatsete järgi arvutati ka statistiline dünaamiline eritakistus GOST 19912-74 järgi (P_d), keskmised väärtused kihtidele on toodud *Tabelis 3*.

Registreeritud löökide arvu 20 cm läbimiseks korrigeeriti arvestades kasvavat varraste kaalu ja seeläbi kahanevat löögienergiat. Valem redigeerimiseks on kujul $N_{ef} = N \cdot a$, kus

- N – registreeritud löökide arv 0,2 m läbimiseks
- N_{ef} – redigeeritud löökide arv 0,2 m läbimiseks
- $a = K_d / K_o$
- K_d – energia kadu registreeritud sügavusel
- K_o – energia kadu sügavusel 0-1,5 m

- Energia kadu (K_d ja K_o) arvutati valemist – $K = (M_h + (e^2 * M_e)) / (M_h + M_e)$,
- M_h – vasara kaal
 - M_e – seadme kaal – varraste kaal ja varrastega ühendatud seadme osad
 - e – vasara efektiivsus ~0,56

Varraste hõõret redigeerimisel arvestatud ei ole. Rootsi standard nõuab varraste keeramist katse ajal, mis hõõrde mõju vähendab.

Proovid laboriuuringuteks võeti põhjasetetest puurimise käigus.

Pinnaseomaduste määramiseks võeti 4 proovi pinnase veesisalduse määramiseks, 2 proovi plastsuspiiride määramiseks ja 3 proovi lõimise määramiseks. Geotehnilised proovid teimiti Eesti Keskkonnauuringute Keskuse Geotehnikalaboris. Teimide meetodika ja tulemused on toodud *Lisades 1...3*.

Keskkonna seisundi hindamiseks võeti 3 proovi põhjasetetest 0,0-0,5 m sügavuselt naftaproduktide ja HELCOM metallide määramiseks. Analüüsid teostati Eesti Geoloogiakeskuse laboris. Analüüside meetodika ja tulemused on toodud *Lisas 4*.

Maksimaalne uurimissügavus oli 13,5 m mere 0-tasemelt, 10,2 m mere põhjast.

Uuringupunktide asukohad määrati GPS Magellan SportTrackMAP abil.

Uuringupunktide absoluutkõrgused määrati mereveetaseme järgi ja arvutati ümber 0-tasemele. Merevee tase uuringutööde ajal oli -0,10 m (andmed Kalana sadama veemõõdulatilt).

Välitöid juhendas P. Talviste, aruande koostas H. Luht.

2. GEOLOOGILINE EHITUS

Geoloogiline ehitus

Enamuse uuritud alast moodustab põhjakihi savi, mille all lamab liustikutekkeline moreen. Ala lõunaosas lasub savil kruusa kiht. Tõenäoliselt on see kruusakiht settinud savile materjali edasikandel hoovustega.

Mere sügavus uuritud alal on 1,2...3,7 m.

Geotehnilised kihid

Kihid eraldati välja puurimisandmete ja löökpenetreerimiskatsete tulemuste järgi.

Kiht 1 KRUUS

Kiht on kaasaegne põhjasete, mis koosneb kesktihedast mustjaspruuni värvi kruusast, sisaldab veeriseid ja üksikuid munakaid. Kiht levib uuringuala lõunaosas, uuringupunktide LP6 ja PA7 ümbruses. Lõimisanalüüsi järgi on pimnase nimetus rohke liivaga kesk kruus..

Löökpenetratsiooniga määratud keskmine korrigeeritud löökide arv 20 cm kruusa läbimiseks $N_{20} = 9$. Keskmine statistiline dünaamiline eritakistus $P_d = 8$ MPa.

Kihi paksus LP6 asukohas on 2,2 m, PA7 asukohas läbiti kihti 3,10 m.

Kiht 2 SAVI

Kiht koosneb voolavast hallist savist, sisaldab üksikuid kruusateri ja veeriseid ning muda ja taimejäänuseid. Lõimisanalüüsi järgi on pinnase nimetus keskplastne rohke liivaga savi.

Löökpenetratsioonikatsete teostamisel vajusid vardad savist läbi.

Kihi füüsikalised omadused (1 proovi andmetel) on: $W_n = 46,6$ %, $W_L = 36,9$ %, $W_P = 18,4$ %, $I_p = 18,5$, $I_L = 1,52$.

Savi paksus on 1,00...2,20 m.

Kiht 3 MOREEN

Kiht koosneb savisest liivmoreenist, sisaldab kruusa ja veeriste vahekihte või läätsi ja üksikuid munakaid, kihi värvus on pruunikashall kuni hall. Jämeperdse materjali sisaldus uuringuala põhjaosas on 45...60%. Lõimisanalüüsi järgi on pinnase nimetus väheplastne rohke liivaga savine jämekruus ja väheplastne savine jämeliiv.

Löökpenetratsiooniga määratud keskmine korrigeeritud löökide arv 20 cm moreeni läbimiseks $N_{20} = 19$. Keskmine statistiline dünaamiline eritakistus $P_d = 17$ MPa. Löökpenetratsioonikatsetega oli võimalik läbida kihti maksimaalselt 8 m ulatuses, minimaalselt 2 m ulatuses, katsed lõpetati enamasti suurel rahnul või lahmakal moreenis.

Kihi füüsikalised omadused on (1 proovi andmetel): $W_n = 11,0$ %, $W_L = 18,8$ %, $W_p = 12,0$ %, $I_p = 6,8$, $I_L = -0,15$.

Kihti läbiti löökpenetratsiooni katsetega kuni 8,4 m.

Läbilõige geotehnilistest kihtidest on toodud *Joonisel 2*, lõike asukoht on näidatud *Joonisel 1*. Puuraukude kirjeldused ja löökpenetratsioonikatsete tulemused on toodud geoloogilistel tulpadel *Joonistel 3.1..3.3 ja 4.1...4.6*. Uuringupunktide asukohad on näidatud *Joonisel 1*, koordinaadid on toodud *Tabelis 1*.

3. GEOTEHNILISED TINGIMUSED

Geotehnilised tingimused

Mere sügavus uuritud alal on 1,2...3,7 m. Olemasoleva kai esise akvatooriumi põhja- ja keskosas moodustab põhjakihi kuni 2,2 m paksune savi, mille all lamab mere 0-tasemest 3...5,5 m sügavusel liustikutekkeline moreen. Ala lõunaosas lasub savil kaasaegse genesiga kruusa kiht.

Lähteandmed projekteerimiseks on antud geoloogiliste tulpadena *Joonistel 3.1...3.3; 4.1...4.6* ja geoloogilise lõikena *Joonisel 2*. Puuraukude ja löökpenetratsioonikatsete asukohad on uuringupunktide asendiplaanil *Joonisel 1*.

Pinnaste normsuurused

Kruusa (kiht 1) ja moreeni (kiht 3) normsuurused on antud löökpenetratsioonikatsete tulemuste põhjal.

Savi (kiht 2) tugevus- ja kokkusurutavusparameetrite määramisel kasutati pinnase füüsikalisi omadusi (W_n , W_L) [laboritulemused]. Nende järgi leiti vastavad parameetrid korrelatsioonitabelite alusel.

Pinnaste normsuurused vastavalt EPN-ENV 7.1 on toodud aruande lisa *Tabelis 3*.

Vastavalt EPN-7 1.osa, ptk. 2.4.3 tuleb pinnaseomaduste **arvutussuurused** (X_d) määrata normsuuruse (X_k) kaudu valemiga:

$$X_d = X_k / \gamma_m, \text{ kus } \gamma_m \text{ on pinnase omaduse osavarutegur.}$$

Süvendustingimused

Süvendus- ja laadimistöde kategooriad on antud "Vremennõi preiskurant na dnouglublitelnoje rabotõ", Ministroi 1973, tabel 4.1 järgi.

Süvendus- ja laadimistöde kategooriad on toodud *Tabelis 3*.

3. KESKKONNASEISUND

Välitööde käigus võeti 3 proovi põhjasetetest 0,0-0,5 m sügavuselt savist ja kruusast naftaproduktide ja raskete metallide sisalduse määramiseks. Puuraukude asukohad on toodud *Joonisel 1*, proovide sügavused geoloogilistel tulpadel *Joonistel 3.1...3.3* ja uuringupunktide kataloogis *Tabelis 1*.

Analüüside metoodika ja tulemused on *Lisas 4*.

Pinnaste seisundit on hinnatud **Keskkonnaministri 2. aprilli 2004.a. määruse nr. 12 Pinnases ja põhjavees ohtlike ainet sisalduse piirnormid (RTL, 16.04.2004, 40, 662)** järgi.

Sihtarv on pinnase või põhjavee ohtliku aine sisaldus, millega võrdse või väiksema väärtuse korral on pinnase või põhjavee seisund hea ehk inimesele ja keskkonnale ohutu.

Piirarv on selline ohtliku aine sisaldus pinnases või põhjavees, millest suurema väärtuse korral on pinnas või põhjavesi reostunud ning inimese tervisele ja keskkonnale ohtlik. Sõltuvalt maakasutuse otstarbest rakendab määrus tööstus- ja elutsoonis eri piirarvusi.

Metallide ja naftaproduktide sisaldus pinnases ja vastavate ainete sisalduse siht- ja piirarvud pinnases:

	Sisaldus pinnases, [mg/kg]	Sihtarv pinnases, [mg/kg]	Piirarv elutsoonis [mg/kg]	Piirarv tööstustsoonis [mg/kg]
Cd	<0,4	1	5	20
Cr	10,0...32,2	100	300	800
Cu	8,4...29,2	100	150	500
Ni	4,5...29,2	50	150	500
Pb	7,3...13,3	50	300	600
Zn	19,4...64,8	200	500	1500
Hg	0,009	0,5	2	10
Naftaproduktid	142...195	100	500	5000

Raskete metallide sisaldus

Analüüsiiti kaadmiumi (Cd), kroomi (Cr), vase (Cu), nikli (Ni), plii (Pb), tsingi (Zn) ja elavhõbeda (Hg) sisaldust pinnases.

Vastavalt Keskkonnaministri 2. aprilli 2004.a. määruse nr. 12 *Pinnases ja põhjavees ohtlike ainete sisalduse piirnormid* (RTL, 16.04.2004, 40, 662) jääb raskete metallide sisaldus pinnases madalamaks vastava metalli sihtarvust pinnases.

Naftaproduktide sisaldus

Naftaproduktide sisaldus pinnases on 142...195 mg/kg.

Vastavalt Keskkonnaministri 2. aprilli 2004.a. määruse nr. 12 *Pinnases ja põhjavees ohtlike ainete sisalduse piirnormid* (RTL, 16.04.2004, 40, 662) on naftaproduktide sisaldus naftaproduktide sisaldus kõrgem sihtarvust pinnases kuid madalam piirarvust elutsoonis.