



Ilmakuva selvitysalueesta 2022, Oulun kaupunki, karttapalvelu

Oulun kaupunki

Raksilan uimahalli

Perustamistapalausunto, sulfaattimaaselvitys,  
pohjaveden rautasaostumaselvitys, rev. A

101025120-001

## Perustamistapalausunto

Yhteyshenkilö  
Heikki Hekkala

Puhelin  
050 412 3030  
Sähköposti  
heikki.hekkala@afry.com

Pvm.  
26/06/2024  
Rev. A 13/08/2024

Projektiviite  
101025120-001

Raportin numero

Asiakas  
Oulun kaupunki

**Raksilan uimahalli**

Rev. A – täydennetty kappale 4.

AFRY Finland Oy  
Infrapalvelut, Oulu  
Elektroniikkatie 13  
FI-90590 Oulu  
Tel. +358 10 3311  
E-mail: [etunimi.sukunimi@afry.com](mailto:etunimi.sukunimi@afry.com)  
[www.afry.fi](http://www.afry.fi)

Heikki Hekkala  
DI, osastopäällikkö

Essi Kautto  
TkK, suunnittelija

Sofia Malmström  
FM, ympäristökonsultti

Laura Luukinen  
TkK, harjoittelija

## Sisältö

1	Toimeksianto .....	1
2	Tehdyt pohjatutkimukset .....	1
3	Sulfaattimaaselvitys .....	2
3.1	Yleistä .....	2
3.2	Tehdyt tutkimukset .....	3
3.3	Tutkimustulokset ja johtopäätökset .....	3
3.4	Jatkotoimenpiteet .....	5
4	Rautasaostumaselvitys .....	6
5	Maasto- ja ympäristöolosuhteet selvitysalueella .....	7
5.1	Ympäristöolosuhteet .....	7
5.2	Pohjasuhteet .....	8
6	Pohjarakennustapa .....	9
6.1	Tiedot suunnitelluista rakennuksista .....	9
6.2	Rakennusten ja rakenteiden perustaminen .....	9
6.3	Kevyiden rakenteiden perustaminen .....	10
6.4	Routasuojaus .....	10
6.5	Salaojitus .....	11
6.6	Radon .....	11
6.7	Piha- ja liikennealueet .....	11
6.8	Kunnallistekniikka .....	12
6.9	Kuivatus .....	13
7	Pohjarakennustyön suoritusohjeet .....	13
7.1	Maarakennus- ja tiivistystyöt, yleistä .....	13
7.2	Kaivannon tuentatarve .....	14
7.3	Pohjaveden alennus, yleistä .....	15
8	Jatkotoimet .....	15
8.1	Täydentävät pohjatutkimukset .....	15
8.2	Perustamistapalausunto .....	15
8.3	Sulfaattimaaselvitys .....	15
8.4	Rautasaostumaselvitys .....	15

## Liitteet

Pohjatutkimusmerkinnät	Liite 1
Piha- ja liikennealueen päällysrakennekerrosten kiviainesten rakeisuuden	Liite 2
Putkijohtokaivannon siirtymäkiilat	Liite 3
Kylmän rakennuksen siirtymäkiilaus	Liite 4
Salaojasoran rakeisuuden ohjealueet / RIL 126-2020	Liite 5
Sulfaattimaanäytteidien analyysitodistus	Liite 6
Pohjaveden rautasaostuma-analyysitulokset	Liite 7

## Piirustukset

Pohjatutkimuskartta	1:500	GEO-1
Pohjatutkimusleikkaus A-A	1:200/1:100	GEO-2
Pohjatutkimusleikkaus B-B	1:200/1:100	GEO-3
Pohjatutkimusleikkaus C-C	1:200/1:100	GEO-4
Pohjatutkimusleikkaus D-D	1:200/1:100	GEO-5

## 1 Toimeksianto

Oulun kaupungin toimeksiannosta AFRY Finland Oy on tehnyt Raksilan uuden uimahallin rakennushankkeeseen liittyvät yleispiirteiset pohjatutkimukset, sulfaattimaaselvityksen, rautasaostumaselvityksen ja perustamistapalausannon. Kenttätutkimukset on tehty huhtitoukokuussa 2024.

Tutkimuskohde sijaitsee Oulussa, Raksilan kaupunginosassa (12), korttelissa 6, tontilla 2 ja 7, katuosoitteessa Pikkukankaantie 3.

Tutkimukset ohjelmoitiin tilaajan toimittaman rakennuksen sijaintitietojen perusteella. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää rakennuspaikan perustusolosuhteet rakennussuunnittelua, perustussuunnittelua ja rakentamista varten.

## 2 Tehdyt pohjatutkimukset

Maastotutkimuksina hankkeen yhteydessä selvitysalueella on tehty:

- kaapeli- ja putkijohtoselvitykset
- puristinheijarikairauksia yhteensä 12 tutkimuspisteessä
- häiriintyneiden maanäytteiden otto 8 tutkimuspisteessä
- sulfaattimaanäytteiden otto 5 tutkimuspisteessä
- pohjavedenpinnan havaintoputkien asennus 2 pisteessä
- pohjaveden rautasaostumariskin selvitys
- maanäytteiden peruskäsittely 35 kpl
- rakeisuusmääritykset 10 kpl + vesipitoisuus 10 kpl

Pohjatutkimuspisteet on sidottu ETRS-GK26 -koordinaattijärjestelmään (GPS). Korkeudet on sidottu korkeusjärjestelmään N2000.

Tutkimuskartalla ja tutkimusleikkauksissa on esitetty lisäksi Oulun kaupungin aikaisemmin alueella teettämiä pohjatutkimuksia ja tutkimustuloksia.

Maanäytteet on tutkittu silmämääräisesti ja edustaville maanäytteille on tehty rakeisuusmääritys ja vesipitoisuuden määritys maalajien, maalajiominaisuuksien ja maakerrosjaon selvittämiseksi.

Tehtyjen pohjatutkimusten sijainti on esitetty tutkimuskartassa GEO-1 ja tutkimustulokset leikkauspiirustuksissa GEO-2...5.





### 3.2 Tehdyt tutkimukset

Raksilan uimahallin tutkimusalueelta on otettu yhteensä 14 sulfaattimaanäytettä viidestä näytepisteestä. Tutkimuspisteiden sijainti on esitetty tutkimuskartassa.

Kaikista näytteistä mitattiin alku-pH ja kolme näytettä (103/5 m, 107/3,8 m ja 110/ 5 m) lähetettiin laboratorioon, jossa näytteistä määritettiin rikin kokonaispitoisuus, hapontuottoriski NAG-testillä sekä sähkönjohtavuus. Nettohapontuottokyky (NAG) ja NAG-pH mitataan hapettamalla näyte vetyperoksidilla. Tämän jälkeen näyte titrataan emäksellä pisteeseen, jossa pH on 4,5 tai 6,5. Emäksen (NaOH) kulutuksesta lasketaan nettohapontuotto. NAG-pH on teoreettinen arvo, johon päädyttäisiin, mikäli näytteen kaikki sulfidinen rikki hapettuisi kerralla.

Analyysitulokset on esitetty liitteessä 6.

### 3.3 Tutkimustulokset ja johtopäätökset

Silmämääräisesti tarkasteltuna neljässä näytteessä (107/3,8 m, 107/5 m, 108/5,5 m ja 110/5,0 m) havaittiin tummaa tai punaista sulfidiseen viittaavaa materiaalia. Muissa näytteissä sulfidiseen viittaavaa ainesta ei havaittu. Laboratorioon lähetetyt näytteet olivat harmaata, hieman silttistä hiekkaa (103/5,0 m), tummanharmaata silttistä hiekkamoreenia (107/3,8 m) ja tummanharmaata savista silttiä (110/5,0 m).

Taulukossa 1 on esitetty maanäytteiden hapontuottopotentiaaliriski karkeasti NAG:n, NAG-pH:n ja kokonaisrikkipitoisuuden perusteella arvioituna. Lisäksi voidaan pitää rajana, että yli 0,2 % kokonaisrikkipitoisuus näytteessä korreloi hyvin happamoitumisen kanssa erityisesti hienorakeisissa mineraalimaalajeissa (Auri ym. 2018).

*Taulukko 1. Maan hapontuottoriski karkeasti arvioituna NAG ja kokonaisrikkipitoisuuden perusteella.*

	NAG pH	Hapontuotto- potentiaali (mmol H+ / kg, pH 6,5)	NAG [kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t] 6,5 pH	Rikkipitoisuus (%)	
Hienorakeiset materiaalit (≤ 0,06 mm)	> 4,5	< 20	< 1	< 0,1%	maalla pieni hapontuottopotentiaali
	< 4,5	20-100	1-4,9	>0,1...1,0 %	maalla kohtalainen hapontuottopotentiaali
		> 100	> 4,9	< 1,0 %	maalla suuri hapontuottopotentiaali
Karkearakeiset materiaalit (> 0,06 mm)	> 4,5	< 6	< 0,3	< 0,03 %	maalla pieni hapontuottopotentiaali
	< 4,5	6-20	0,3-1	> 0,03 %	maalla kohtalainen hapontuottopotentiaali
		> 20	> 1	-	maalla suuri hapontuottopotentiaali

Lähde: Ympäristöministeriön julkaisuja 2022:3. Happamien sulfaattimaiden kansallinen opas rakennushankkeisiin.

Taulukossa 2 on esitetty analyysien tulokset. Näytteet 103/5 m ja 107/3,8 m olivat karkearakeisia ja näyte 110/5 m hienorakeinen. Näytteen 110/5 m alku-pH oli hieman hapan, kun taas näytteiden 103/5 m ja 107/3,8 m alku-pH:t olivat melko lähellä neutraalia. Näytteen 103/5 m NAG-pH oli yli 4,5 ja rikkipitoisuus oli alhainen. Hapontuottopotentiaali (NAG-pH 6,5) oli hieman koholla. Näytteen 107/3,8 m NAG-pH oli yli 4,5.



Hapontuottopotentiaali ja rikkipitoisuus olivat hieman koholla, mikä viittaa kohtalaiseen hapontuottopotentiaaliin. Näytteen 110/5 m NAG-pH oli alle 4,5. Näytteen hapontuottopotentiaali ja rikkipitoisuus olivat hieman koholla, mikä viittaa myös kohtalaiseen hapontuottopotentiaaliin.

Tulosten perusteella maa-aineksella on kohtalainen hapontuottopotentiaali kaikissa tutkituissa näytepisteissä.

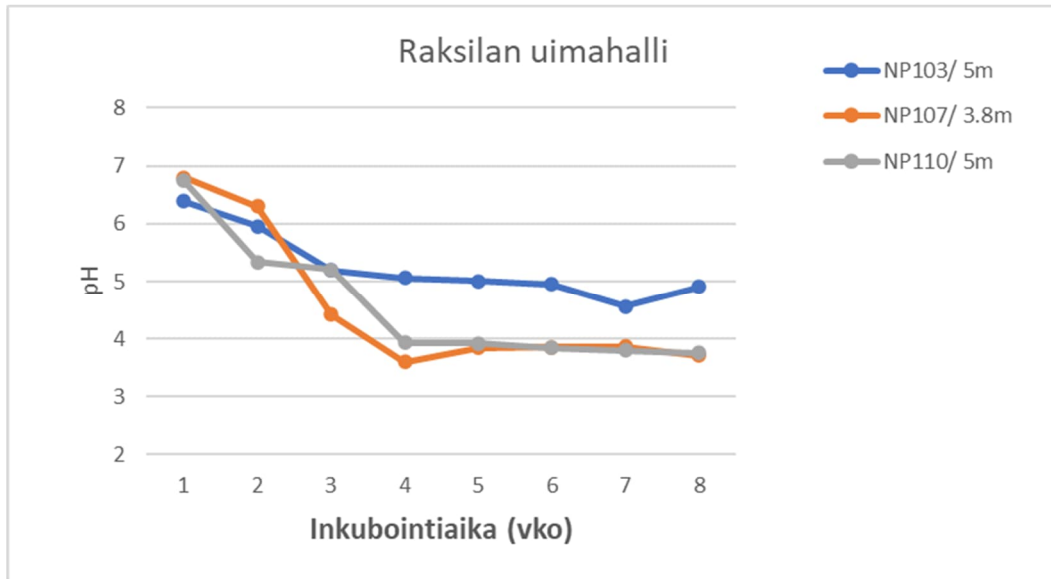
Taulukko 2. NAG, NAG pH, kokonaisrikkipitoisuus ja sähkönjohtavuus maanäytteissä.

Näyte	Alku pH	NAG pH	$\Delta$ pH	NAG (pH 4,5) [kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t]	NAG (pH 6,5) [kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t]	Rikkipitoi- suus mg/kg (%)	Sulfaattipitoi- suus mg/kg (laskennalli- nen)	Sähkönjohta- vuus mS/m
103/5m	6,39	5,3	1,09	0	0,8	200 (0,02)	600	2,1
107/3,8m	6,8	5,4	1,4	0	0,5	670 (0,067)	2010	12
110/5m	5	4,2	0,8	0,5	3,0	1500 (0,15)	4500	10
103/2m	6,88							
103/3m	5,86							
103/4m	6,39							
107/1m	6,23							
107/3m	5,93							
107/5m	6,9							
112/1m	7,48							
112/2m	7,18							
112/3m	7,44							
112/4m	7,23							
108/5,5m	7,4							

Näytteille 103/5 m, 107/3,8 m ja 110/ 5 m tehtiin laboratorioanalyysien lisäksi pH-inkubaatio (Kuva 2). Näytteiden annettiin hapettua huoneilmassa 8 viikkoa 8.5.-25.6.2024 välisenä aikana. Kahdeksan viikon hapettumisen aikana kahden näytteen pH laski happamaksi, alle 4. Inkuboinnin jälkeen näytteen 103/5 m pH oli 4,9, näytteen 107/3,8 m pH oli 3,7 ja näytteen 110/ 5 m pH oli 3,8.

NAG-testien tulosten ja kokonaisrikkipitoisuuden perusteella kaikilla näytteillä todettiin olevan kohtalainen hapontuottopotentiaali. pH-inkubaation tulokset tukevat tätä erityisesti näytteiden 107/3,8 m ja 110/ 5 m osalta, sillä molemmat näytteet luokitellaan potentiaalisesti happamaksi sulfaattimaaksi.





Kuva 2. Raksilan uimahallin hankkeen sulfaattimaanäytteiden pH-inkuboinnin tulokset.

### 3.4 Jatkotoimenpiteet

Jos rakentamisen aikana kaivujen yhteydessä havaitaan sulfidisia maita, täytyy alueella tehdä lisätutkimuksia happamoitumisriskin selvittämiseksi.

Mahdolliset sulfidiset maat eivät estä rakentamista alueelle, mutta sulfidimaiden käsittelyyn on kiinnitettävä huomiota. Paras keino hallita happamuuden syntymistä on estää potentiaalisten happamien sulfaattimaiden altistuminen ilmakehän hapelle. Hapan valunta voi syntyä, mikäli maaperää kuivatetaan sulfidikerrokseen asti tai mikäli maaperä pääsee hapettumaan esimerkiksi putkikaivantojen yhteydessä. Tällöin mahdollisten happamien kuivatusvesien käsittelyyn ja johtamiseen ympäristöön on kiinnitettävä huomiota. Mikäli maaperää joudutaan kuivattamaan sulfidikerrokseen asti, tulisi kuivatusvesien pH:ta seurata ja neutraloida, mikäli kuivatusvesien pH laskee alhaiseksi.

Maaperä voi päästä myös hapettumaan, mikäli sulfidisia maita joudutaan vaihtamaan rakennuspaikalla. Tällöin sulfidisten maiden läjitykseen on kiinnitettävä huomiota, jotta happamia valuntoja ei pääsisi valumaan ympäristöön. Yksinkertaisimmillaan poiskaivettujen sulfidisten massojen hapettuminen voidaan estää läjittämällä maamassat vedellä kyllästyneeseen tilaan, mikäli tällaiseen läjitykseen sopiva kohde on tiedossa. Läjitetessä sulfidisia maita kuivalle maalle tulee sulfidimaat peittää ja eristää, jotta ilmakehän happi ei pääse hapettamaan sulfidia. Tarvittaessa kaivumaat on käsiteltävä esimerkiksi kalkilla. Läjitetessä kuivalle maalle valumavesien pH:n seuranta on suositeltavaa, jotta tiedetään, toimiiko peittorakenne vai kulkeutuuko läjityksen seurauksena happamia vesiä ympäristöön.

Happamien valuntojen lisäksi potentiaalisesti happamat sulfaattimaat voivat sisältää metalleja, jotka voivat kulkeutua happamien valuntojen mukana ympäristöön.

Tämän lausunnon tulokset perustuvat otettuihin näytteisiin ja tehtyihin testeihin. On huomioitava, että potentiaalisesti happamat sulfaattimaat esiintyvät usein laikuittaisina/linssimäisinä alueina. Rakentamistöiden yhteydessä maa-ainesta on havainnoitava ja tarpeen mukaan tehtävä lisämääryksiä mahdollisista

sulfidimaakerroksista, jotta mahdollisten sulfidimaiden laajuus rakentamisalueella pystytään paremmin arvioimaan.

## 4 Rautasaostumaselvitys

Pohjaveden laatua Raksilan uimahallin rakennushankkeen kohteessa tutkittiin yhdestä pohjavesiputkesta (PVP3) kerta­näytteenotolla toukokuussa 2024. Pohjavedestä analysoitiin raudan, mangaanin, kalsiumin ja alumiinin kokonais- sekä liukoinen pitoisuus, sekä kahdenarvoisen raudan pitoisuus. Lisäksi näytteestä analysoitiin hiilidioksidin ja bikarbonaatin pitoisuudet, sekä haihtumattoman orgaanisen hiilen kokonais- ja liennut pitoisuus. Näytteenoton yhteydessä putkesta mitattiin myös veden pH, redox-potentiaali, happipitoisuus sekä sähkönjohtavuus. Pohjaveden pinnankorkeus putkessa oli 524 cm.

Taulukossa 3 on koottuna pohjavesinäytteen analyysitulokset. Metallipitoisuuksista pohjaveden raudan kokonaispitoisuus oli 560 mg/l, kalsiumin 220 mg/l, alumiinin 350 mg/l ja mangaanin 8,2 mg/l. Raudasta (0,012 mg/l), alumiinista (<0,01 mg/l) ja kalsiumista (45 mg/l) vain pieni osa esiintyi liukoisessa muodossa kokonaispitoisuuteen verrattuna. Mangaanista noin neljäsosa (2 mg/l) esiintyi liukoisessa muodossa. Veden pH oli näytteenottohetkellä 6,3 ja hapen kyllästyneisyysaste oli 53 %. Vedessä oli happea, ja veden redox-potentiaali oli näytteenottohetkellä negatiivinen, -9,1 mV, eli olosuhteet kemiallisesti katsottuna olivat heikosti pelkistävät. Raudasta vajaa puolet esiintyi näytteenottohetkellä pohjavedessä ferrorautana (Fe<sup>2+</sup>).

Taulukko 3 Pohjavesinäytteiden analyysitulokset.

Näyte	Happi %	Happi mg/l	Redox mV	pH	Sähk. joht mS/m	Bikarbonaatti (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) mg/l	Haihtumaton org. hiili (NPOC) mg/l	Liennut haihtumaton orgaaninen hiili (D-NPOC) mg/l	CO <sub>2</sub> mg/l
PVP3	53,2	5,7	-9,1	6,3	36,1	100	5,0	4,0	35
Näyte	Fe (kok.) mg/l	Fe (liuk.) mg/l	Fe <sup>2+</sup> mg/l	Ca (kok.) mg/l	Ca (liuk.) mg/l	Al (kok.) mg/l	Al (liuk.) mg/l	Mn (kok.) mg/l	Mn (liuk.) mg/l
PVP3	560	0,012	230	220	45	350	<0,01	8,2	2

Tutkimus toteutettiin, jotta voitiin arvioida metallien saostumista alueelle rakennettaviin salaojaverkostoihin. Metallien saostuminen on riippuvainen yleisesti veden happamuudesta (pH) sekä hapetus-pelkistysolosuhteista (redox). Tämän lisäksi alumiini ja ferrirauta (Fe<sup>3+</sup>) muodostavat vedessä organometallikolloideja, jotka voivat myös saostua salaojakerrokseen aggregaattien koon kasvaessa riittävästi.

Tulosten perusteella jo saostuneena olevat rauta, kalsium ja alumiini voivat aiheuttaa saostumishaittaa. Myös mangaani voi kera­saostua rautasaostumiin. Tutkimuksen mukaan noin puolet raudasta oli aina liukoisessa ferromuodossa (Fe<sup>2+</sup>). Mikäli olosuhteet muuttuvat hapettavimmiksi, voi ferrorauta hapettua edelleen ferriraudaksi ja lisätä saostumien määrää. Hapetus-pelkistys -olosuhteiden muuttuminen ei aiheuta muutoksia muiden metallien saostumiseen.

Näytteenottokerralla mitatuilla pitoisuustasoilla ferrirautaa saostuu sekä orgaanisen aineksen mukana että niukkaliukoisina hydrokseina (Me(OH)<sub>x</sub>) salaojaputkistoon. Saostumista tapahtuu erityisesti hapellisissa hapettavissa ja lievästi happamissa (pH yli 4,5)

tai neutraaleissa olosuhteissa. Lisäksi näytteenottohetkellä ferrorautana esiintyvä osuus raudasta todennäköisesti hapettuu ferriraudaksi, mikäli salaojitus lisää hapen saatavuutta ojitusalueella. Metallien saostumisesta aiheutuu mahdollisesti aikaa myöten myös salaojaputkia ympäröivän salaojituskerroksen tukkeutuminen, jolloin koko järjestelmän toiminta vaarantuu.

Salaojat on suositeltavaa suunnitella sijoitettavaksi nykyisen mitatun pohjavedenpinnan yläpuolelle, jotta vältetään metallipitoisen pohjaveden kulkeutuminen ja sakkautuminen salaojajärjestelmään.

Mikäli rakentamisen yhteydessä pohjavedenpintaa joudutaan laskemaan pysyvästi salaojituksella, suositellaan käytettäväksi ns. upposalaojitusta, jolloin salaojalinja on koko ajan pohjaveden alapuolella, eikä hapettumisen aiheuttamaa metallien sakkautumista pääse tapahtuma putkistossa.

Vaikka salaojajärjestelmä toteutettaisiin pohjaveden pinnan alapuolisena, hapettuu vesi pumpattaessa tehokkaasti, mikä lisää raudan ja muiden aineiden saostumista pumppaamalla ja sen jälkeisessä putkistossa ja siten tämän osuuden puhdistustarvetta. Tämä tulee ottaa huomioon suurempina putkidimensioina ja pumpun huoltomahdollisuutena.

Toisena vaihtoehtona on käyttää suurempaa putkikokoa, esim. 160 mm, jotta salaojien huuhtelu mahdollisten sakkautumisen ilmetessä olisi helpompaa. Myös välikaivoja on suositeltavaa asentaa 15...20 m välein salaojien huuhtomisen helpottamiseksi. Salaojatäyttömateriaalien laatuun on kiinnitettävä erityistä huomiota, jottei täyttömateriaalista aiheudu lisäriskiä tukkeutumiselle.

## 5 Maasto- ja ympäristöolosuhteet selvitysalueella

### 5.1 Ympäristöolosuhteet

Selvitysalueen ympäristö on rakennettua Raksilan kaupunginosan aluetta, ks. kannen kuva. Selvitysalueella sijaitsee Raksilan uimahalli, Uimarinpuisto sekä asfaltoitua parkkialuetta.

Voimassa olevassa asemakaavassa selvitysalue on merkitty urheilutoimintaa palvelevien rakennusten korttelialueeksi (YU), autopaikkojen korttelialueeksi (LPA-4) sekä puistoalueeksi (VP). Alue ei sijoitu luokitellulle pohjavesialueelle.

Selvitysalueella ympäröi pohjoisesta Pikkukankaan puiston viheralue, idästä ja etelästä Raksilan urheilukeskukseen kuuluvia rakennuksia ja tiloja ja lännestä palolaitos ja hätäkeskus.

Selvitysalue sijaitsee rinteessä, rinne laskee etelään päin ja nousee pohjoista kohti. Maanpinta on tasovälillä +12,5...+15,5.

Tutkimusaikana (10.-30.5.2024) pohjavesi sijaitsi tasovälillä +10,1...+10,4 eli 2,0...2,7 m syvyydessä maanpinnasta. Myös Oulun kaupungin aikaisemmin alueella teettämien pohjatutkimusten mukaan pohjaveden pinta on sijainnut yli 3,5 metrin syvyydessä. Sadannasta ja vuodenajasta riippuen pohjavedenpinta vaihtelee yleensä  $\pm 0,3...0,5$  m.

## 5.2 Pohjasuhteet

Maakerrosjako on tutkimusalueella yleispiirteissään seuraava:

- pintamaat, humus ja turve nurmialueilla, asfaltti liikennealueilla
- täyttö
  - asfaltoidulla alueella rakennekerrokset, murske ja hiekka 0,5...1 m
  - muualla multa, hiekka, sora ja moreeni, sisältää rakennusjätettä 1,3...3,1 m
- löyhä-keskitiivis, routiva hiekka 1,8...3,0 m
  - hiekkakerrostuman alla paikoitellen löyhä, routiva savinen siltti ja laiha savi 1,0...1,4 m
- keskitiivis-tiivis hiekka, silttinen hiekka ja silttinen hiekkamoreeni (pohjamaa)

Selvitysalueella luonnontilaisen pintamaan ja asfalttialueiden alla sijaitsee paksu täyttökerros, joka sisältää rakennusjätteen lisäksi eri maalajeja. Paikoitellen täyttökerroksen jälkeen alkaa tiiveydeltään keskitiivis-tiivis pohjamaa kerros. Yleisesti täyttökerroksen jälkeen on tiiveydeltään löyhä-keskitiivis hiekkakerros, joka on tutkimusten perusteella routivaa. Hiekan hienoainespitoisuus ( $\# < 0,06$  mm) on tutkimusten mukaan 9..14 paino-%. Kerrostumasta otettujen näytteiden vesipitoisuus on tehtyjen tutkimusten mukaan 7..17 paino-% (näytteessä olevan veden massan suhde kuivan maa-aineksen massaan).

Rakeisuuden perusteella arvioituna yläosan hiekan vedenläpäisevyyden suuruusluokka on noin  $k = 3 \times 10^{-5}$  m/s –  $6 \times 10^{-6}$  m/s, eli täyttömäiden alla oleva hiekkakerrostuma on hyvin vettä läpäisevä.

Paikoitellen yläosan hiekkakerroksen alla on ennen pohjamaata tiiveydeltään löyhä ja routiva savinen siltti ja laiha savikerros. Savi-silttikerrostuman hienoainespitoisuus ( $\# < 0,06$  mm) on tutkimusten mukaan 84..88 paino-%. Kerrostumasta otettujen näytteiden vesipitoisuus on tehtyjen tutkimusten mukaan 34..47 paino-%.

Löyhä savi-silttikerrostuma sijoittuu suunnitellun uimahallirakennuksen etelä-lounaissivulle, ja kerrostuma ulottuu syvimmillään noin tasolle +6,3, eli noin 7 m syvyydelle nykyisestä maanpinnasta.

Rakeisuuden perusteella arvioituna savi-siltin vedenläpäisevyyden suuruusluokka on noin  $k = 8 \times 10^{-9}$  m/s, eli savikerrostuma on lähes vettä läpäisemätön.

Pohjamaa on tiiveydeltään keskitiivistä-tiivistä hiekkaa, silttistä hiekkaa ja silttistä hiekkamoreenia.

Puristinheijarikairaukset ovat päättyneet tiiviiseen maakerrokseen tai tiiviissä maakerroksessa olevaan kiveen, lohkarreeseen tai kallioon 8,4...14,0 m maanpinnasta. Tutkimuspisteen 112 kairaus on päättynyt määräsivyyteen 5,0 m syvyydellä. Selvitysalueella aikaisemmin tehdyt painokairaukset ovat päättyneet tiiviiseen maakerrokseen tai kiveen/lohkarreeseen 0,9...8,4 m maanpinnasta.

Häiriintyneiden maanäytteiden otto on ulottunut 1,0...6,7 m määräsivyyteen maanpinnasta.

## 6 Pohjarakennustapa

### 6.1 Tiedot suunnitelluista rakennuksista

Tutkimusalueelle on suunnitteilla uimahalli, joka korvaa Raksilan nykyisen uimahallin. Uimahalli tullaan toteuttamaan nykyisen uimahallin paikalle. Uusi uimahallirakennus on kuitenkin edellistä suurempi ja tämän vuoksi vaatii asemakaavamuutoksen. Uudesta uimahallirakennuksesta ei ole rakennuksen sijainnin lisäksi ollut muita suunnitelmia käytössä perustamistapalausuntoa kirjoittaessa. Uimahallirakennukseen tulee maanalaisia allas-, hoito- ja kellaritiloja.

Yleisperiaatteena on, että lattiatason tulee sijaita vähintään 0,3 m lopullisen maanpinnan ja vähintään 0,7 m kadun pinnan yläpuolella sekä vähintään 1 m pohjavesipinnan yläpuolella siten, että perustustaso on pohjavesipinnan yläpuolella. Mikäli lattiataso jää alemmaksi, kuin 0,3 m maanpinnasta, on suunnittelussa kiinnitettävä erityistä huomiota rakenteen kosteustekniseen toimivuuteen (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017).

### 6.2 Rakennusten ja rakenteiden perustaminen

Suunniteltu rakennus ja allastilallinen / kellarillinen osa voidaan alustavasti perustaa maanvaraisesti. Rakennuksen alueelta poistetaan pintamaat, epämääräinen täyttö sekä tarvittaessa löyhä savi-silttikerros ja korvataan massanvaihdolla.

Rakennuksen laajuuden, sijainnin, korkeustason, altaiden ja maanalaisten tilojen syvyyksien ja perustustasojen tarkennuttua suunnittelun edetessä, savi-silttiesiintymän kohdalla tulee tehdä painumatarkastelu, ja mahdollinen massanvaihto sekä lopullinen perustamistapa tehdään ao. tarkastelun perusteella. Täydentävät tutkimukset, ks. kohta 8.1.

Maanvaraisessa perustamisessa rakennusten anturaperustukset voidaan suunnitella käyttörajatilassa  $p_{sall}=300 \text{ kN/m}^2$  sallitulle pohjapaineelle anturan toimivalla osalla, kun perustussyvyys on vähintään 1,0 m alapohjasta / lattiatasosta mitattuna. Maanvaraisten pilariperustusten keskeisesti kuormitetun osan pohjapaineena käyttörajatilassa voidaan käyttää  $p_{sall}=300 \text{ kN/m}^2$ , kun perustussyvyys lattiatasosta on vähintään 1,0 m.

Oulun kaupungin rakennusvalvonnan vaatimukset perustamissyvyydestä, ks. [[www.ouka.fi/oulu/rakennusvalvonta/pohjarakenteet](http://www.ouka.fi/oulu/rakennusvalvonta/pohjarakenteet)].

Anturoiden alle tehdään vähintään 0,5 m paksu alustäyttö kalliomurskeesta #0/56...63. Alustäyttö erotetaan pohjamaasta käyttöluokan N3 suodatinkankaalla. Alustäytön paksuudesta tulee olla vähintään 0,3 m mursketta, josta on hienoaines poistettu. Ko. osa alustäytöstä toimii samalla kapillaarisen vedennousun katkaisevana salaojituskerroksena. Vaihtoehtoisesti anturan alle ei tarvitse asentaa kapillaarikerrosta, jos alapohjan kapillaarikatkon ja salaojan yhteys hoidetaan muutoin, ja anturan yläpintaan tehdään mekaaninen kapillaarikatko.

Euronormien mukaisessa kantokestävyyden laskennassa voidaan pohjamaalle (HK) perustamistasossa käyttää seuraavia maaparametreja:

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| – kitkakulma                           | $\phi=36^\circ$             |
| – koheesio                             | $c=0 \text{ kN/m}^2$        |
| – tilavuuspaino pohjaveden yläpuolella | $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$  |
| – tilavuuspaino pohjaveden alapuolella | $\gamma'=11 \text{ kN/m}^3$ |

– muodonmuutosmoduuli

$E_d = 35 \text{ MN/m}^2$

Maanalaisissa tiloissa maanvaraisen alapohjan lämmöneristeen alle tehdään vähintään 0,4 m paksu kapillaarisen vedennousun katkaiseva salaojituskerros kiviaineksesta, joka täyttää julkaisun Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus RIL 126-2009, kuvan 3.6 rakeisuusohjealueen 1a vaatimukset (ks. liite 5). Salaojituskerros voidaan tehdä vaihtoehtoisesti myös yhtenäisenä perustustasoon, jolloin sen päälle asennetaan suodatinkangas KL N3. Salaojituskerroksesta tulee olla esteetön yhteys salaojiin, ks. kohta 6.5.

Maanalaisissa tiloissa ulko- ja maanpaineeseiniä vasten tehtävä salaojituskerroksen paksuuden tulee olla vähintään 0,3 m. Salaojituskerroksesta tulee olla esteetön yhteys salaojiin.

Perusmuurin ja alapohjan liittymässä on suositeltavaa käyttää tiivistyskaistaa / radonhuopaa. Tiivistyskaistan tarpeellisuus korostuu, kun taloissa tavoitellaan erittäin hyvää ilmatiiveyttä. Tiivistyskaistalla estetään lattian alla mahdollisesti olevien kaasumolekyylien pääsyn huonetilaan, joita ovat radon, mikrobit ja tavanomainen maan haju.

Täyttöjen tiivistys, ks. kohta 7.1, taulukko 4.

### 6.3 Kevyiden rakenteiden perustaminen

Kevyet katokset ja piharakennukset sekä -rakenteet voidaan perustaan maanvaraisesti anturaperustuksilla.

Anturaperustukset suunnitellaan  $p_{sall} = 150 \text{ kN/m}^2$  sallitulle pohjapaineelle. Perustussyvyys tulee olla vähintään 0,5 m. Perustusten alle tehdään vähintään 0,3 m paksu kapillaarisen vedennousun katkaiseva alustäyttö murskeesta, josta on hienoaines poistettu. Alustäyttö erotetaan pohjamaasta käyttöluokan N3 suodatinkankaalla.

Kevyiden rakenteiden jatkuvien anturoiden minimileveys on 0,3 m ja pilarianturoiden minimisivumitta 0,4 m.

Täytöt ja tiivistys, ks. kohta 7.1, taulukko 4. Siirtymäkiilarakenteet, ks. liite 4.

### 6.4 Routasuojaus

Luonnonmaakerrokset tutkimusalueella ovat routasyvyudessa rakeisuuden perusteella routivaa hiekkaa.

Julkaisun RIL 261-2013 "Routasuojaus" mukaan kerran 50 vuodessa esiintyvää mitoituspakkasmäärää,  $F_{50} = 50 \text{ 000 Kh}$ , vastaava roudaton perustussyvyys mitattuna maanpinnasta anturan alapintaan tai anturan alapuolisen routimattoman alustäytön alapintaan on seinälinjalla 1,6 m ja nurkissa 2,1 m, kun alapohjarakenne on maanvarainen. Ryömintätalillisessa, ulkoilmasta tuulettuvassa alapohjarakenteessa roudaton perustussyvyys on vastaavasti seinälinjalla 2,1 m ja nurkissa 2,4 m. Kylmien rakenteiden osalla roudaton perustussyvyys on 2,5 m.

Mikäli perustetaan em. roudattoman syvyyden yläpuolelle, rakenteet routaeristään tai perustuksen alapuolelle tehdään routimaton massanvaihto roudattomaan syvyyteen. Massanvaihdon tulee ulottua roudattomassa syvyydessä vähintään anturan reunasta kaltevuudella 1:1 mitattavan alueen reunaan. Mahdollisen routaeristykseen tulee jatkua yhtenäisesti alapohjan eristeestä alkaen, perusmuurin sivuilta ja alapuolelta ulkopuoliseen routasuojaukseen asti.



Tarvittaessa routaeristeenä käytetään eristettä, jonka puristuslujuus on vähintään 120 kN/m<sup>2</sup>, ja jonka vedenimeytyminen on < 2 tilavuus-%. Mikäli routaeristys sijoittuu liikennealueelle, tulee eristeen puristuslujuuden olla suurempi (lyhytaikainen puristuslujuus vähintään 300 kN/m<sup>2</sup>). Perustuksen alle mahdollisesti sijoittuvan levyeristeen pitkäaikainen puristuslujuus tulee olla suurempi, kuin perustuksen pohjarasitus. Routaeristys mitoitetaan RIL 261-2013 mukaisesti, siirtymäkiilarakenteet, ks. liite 3 ja 4.

Kylmissä, matalaan perustettavissa rakennuksissa ja rakenteissa routaeristys voidaan sijoittaa yhtenäisenä koko rakennuksen / rakenteen alle. Kylmien rakenteiden siirtymäkiilarakenne, ks. liite 4.

Siirtymäkiilasyvyys on 1,9 m ja siirtymäkiilakaltevuus 1:5. Siirtymäkiilaus tehdään vähintään 3 m matkalla.

Eristeiden alle tehdään vähintään 0,3 m paksu pohjaveden kapillaarisen nousun katkaiseva täyttö hiekasta tms., jonka kapillaarinen nousukorkeus on pienempi kuin 0,3 m.

Mikäli perustustöitä tehdään talviaikana, tulee varmistua, ettei pohjamaa pääse jäätymään ja routimaan rakennusaikana.

## 6.5 Salaojitus

Salaojitus, ks. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus RIL 126-2020, kohta 3 Rakennuspohjan kuivatus.

Tutkimusaikana (10.-30.5.2024) pohjavesi sijaitsi tasovälillä +10,1...+10,4 eli 2,0...2,7 m syvyydessä maanpinnasta. Sadannasta ja vuodenajasta riippuen pohjavedenpinta vaihtelee yleensä ±0,3...0,5 m.

Kaikki maanalaiset tilat salaojitetaan, ellei rakenteita tehdä vesitiiviinä. Salaojat sijoitetaan vähintään 0,5 m alapohjan lämmöneristeiden alapuolelle, ja vähintään 0,2 m perustusten alapuolelle. Mikäli perustusten kapillaarikatko tehdään anturan yläpintaan mekaanisesti (kohta 6.2), salaojitus sijoitetaan vähintään 0,5 m alapohjan eristeen alapuolelle.

Salaojien ympärille tehdään vähintään 0,2 m paksu ympärystäyttö salaojasorasta, jonka ympärille asennetaan suodatinkangas, käyttöluokka N2. Salaojitussoran tai sepelin tulee täyttää julkaisun RIL 126-2020 "Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus" kuvan 5.5a rakeisuusohjealueen, ks. liite 5.

Pohjaveden raudan sakkautumisriski, ks. kappale 4.

## 6.6 Radon

Säteilyturvakeskuksen radontutkimusten perusteella Oulun alueella radonpitoisuus alittaa asunnoissa enimmäispitoisuuden (200 Bq/m<sup>3</sup>) säännönmukaisesti. Suunnittelussa ja rakentamisessa on kuitenkin suositeltavaa tehdä ainakin paksujen karkeiden alustäyttöjen yhteydessä alapohjan liittyvät rakenteet (perusmuuri, lattia, läpiviennit) ilmatiiviiksi (RT 81-10791, Rakennustieto Oy), tiivistyskaista, ks. kappale 6.2.

## 6.7 Piha- ja liikennealueet

Ks. RIL 234-2007 Pihojen pohja- ja päällysrakenteet, Suunnittelu- ja rakentamisohjeet.

Pohjamaa on selvitysalueella siirtymäkiilasyvyyteen (1,9 m) asti täyttömaakerrosta, joka sisältää rakennusjätteen lisäksi multaa, soraa, hiekkaa ja moreenia. Täyttömaakerroksesta on otettu yksi näyte. Tutkimuspisteen 110 perusteella täyttökerroksen hiekka on routivaa,

kelpoisuusluokka H3/H4. Oulun kaupungin katusuunnitteluohjeen mukaan pohjamaan alusrakenneluokka on uH, routaturpoama (märkä)  $t=12\%$  ja E-moduuli (märkä)  $20\text{ MN/m}^2$ .

Liikenne- ja pysäköintialueen tavoitekantavuus määritetään jatkosuunnittelun aikana. Alustavasti tavoitekantavuutena voidaan käyttää Oulun kaupungin katurakenteiden suunnitteluohjeen katuluokan 4 mukaista  $185\text{ MN/m}^2$  kantavuutta päällysteen päältä.

RIL 234-2007 Pihojen pohja- ja päällysrakenteet Suunnittelu- ja rakentamisohteet – normin mukaan laatuluokan 1 piha-alueella (suuret toiminnalliset tai ulkonäölliset vaatimukset) sallittu routanousu kerran 10 vuodessa esiintyvälle pakkasmäärälle on 50 mm.

Laatuluokan 1 sallitun routanousun perusteella (50 mm) uusien liikennealueiden rakennekerroksina voidaan käyttää seuraavia:

- |   |            |
|---|------------|
| – kulutuskerros, AB16 / kiveys (80 mm)            | 50 mm      |
| – profiloitinkerros, murske # 0...16 mm           | 50 mm      |
| – kantava kerros, murske # 0...56/63 mm           | 200 mm     |
| – jakava kerros, murske # 0...56/63 mm            | 250 mm     |
| – suodatinkerros, routimaton keski-/karkea hiekka | 1 000 mm   |
| yht.  | > 1 550 mm |

Em. kerrospaksuudella päällysrakenteen laskennallinen routanousu on suuruusluokkaa 50 mm. Laskennassa pohjamaan routaturpoama  $t=0,12$  ja siirtymäkiilasyvyys on 1,9 m. Kantavuudeksi saadaan noin  $152\text{ MN/m}^2$  kantavan kerroksen päältä.

Vaihtoehtoisesti liikennealuerakenteet voidaan tehdä routaeristettyinä rakenteina, jolloin suodatinkerros voidaan tehdä ohuempana. Eristeenä voidaan käyttää mm. masuunikuonaa, vaahtolasimurskettä tai levyeristettä (XPS). Eristeiden alle tehdään vähintään 0,3 m paksu pohjaveden kapillaarisen nousun katkaiseva täyttö karkeasta hiekasta tms., jonka kapillaarinen nousukorkeus on pienempi kuin 0,3 m.

Katosten ja liikennealueiden liittymään, sisäänkäyntien ja rumpujen kohdille, yms. paikkoihin, missä voi esiintyä epätasaista painumaa ja routanousua, tehdään routimattomasta hiekasta siirtymäkiilat kaltevuuteen 1:5. Siirtymäkiilasyvyys on oltava vähintään 1,9 m, ks. liite 3 ja 4.

Mikäli kaivupohjassa on humuksista maata, silttisilmäkkeitä tms. häiriintynyttä maata, ne tulee poistaa 1,9 m syvyyteen ja korvata hiekalla (homogenisointi).

Rakennekerrokset laatuvaatimuksineen ja tiiveysvaatimuksineen tehdään InfraRYL 2017 osa 1 Väylät ja alueet sekä RIL 132-2000 "Talonrakennuksen maarakenteet" mukaisesti. Muut alustäytöt kaivutasoon saakka tehdään routimattomasta hiekasta.

## 6.8 Kunnallistekniikka

Vesijohto- ja viemäri liittymät suunnitellaan kunnallisteknisten määräysten ja ohjeiden mukaisesti.

Putkijohdot ja rummut perustetaan roudattomaan syvyyteen. Kaivupohja tasataan ja poistetaan mahdolliset kivet. Putkijohdojen ja rumpujen alle tehdään putken koosta riippuen asennusalueesta hiekasta  $h=0,15\text{ m}$  ja murskearina  $h=0,3\text{ m}$ , kun putken  $\varnothing < 500\text{ mm}$  ja vastaavasti murskearina  $h=0,5\text{ m}$ , kun putken  $\varnothing \geq 500\text{ mm}$ . Arinarakenne erotetaan pohjamaasta suodatinkankaalla käyttöluokka N3.

Kaivot perustetaan 0,5 m paksun murskearinana avulla pohjamaan varaan. Arinan alle ja sivuille asennetaan suodatinkangas käyttöluokka N3. Kaivojen ympärystätöt tehdään routimattomasta hiekasta tms. rakennekerrosten alapintaan saakka, ja tiivistetään tiiviyteen  $D > 92$  %.

Putkijohtojen alkutäyttö tehdään putken toimittajan ohjeen mukaan. Liikennealueilla putkijohtokaivantojen lopputäyttö rakennekerrosten alapintaan saakka tehdään kaivetulla hiekalla, mikäli sen tiivistäminen onnistuu. Putkikaivannot täytetään ja tiivistetään kerroksittain,  $h = 0,3 \dots 0,4$  m.

Putkijohtojen kohdille yms. paikkoihin, missä voi esiintyä epätasaista painumaa ja routanousua, tehdään tarvittaessa (mikäli pohjamaa siirtymäkiilasyvyudessa osoittautuu näytteissä routivaksi) routimattomasta hiekasta siirtymäkiilat kaltevuuteen 1:5. Siirtymäkiilasyvyys on oltava vähintään 1,9 m, ks. liite 3.

Talvityönä täyttöjä tehtäessä on varauduttava jälkipainumien korjaamiseen seuraavan kesäkauden jälkeen.

## 6.9 Kuivatus

Kattovedet ohjataan kattovesijärjestelmällä pintavesiviemäriin.

Valumavesien poisjohtamiseksi piha- ja liikennealueella maanpinta kallistetaan rakennuksista pois päin viettäväksi rakennuksen vieressä 3 m matkalla vähintään kaltevuudella 1:20 ja kauempana kaltevuudella 1:50.

Piha- ja liikennealueiden osalla pintavesikuivatus järjestetään sadevesiviemäröinnillä ja tontin reuna-alueilla mahdollisiin reunapainanteisiin. Piha- ja liikennealueiden kallistukset ovat 1,5...2 %.

Rakennusalueen kuivatus ja pihan tasaus suunnitellaan erikseen.

## 7 Pohjarakennustyön suoritusohjeet

### 7.1 Maarakennus- ja tiivistystyöt, yleistä

Kaikki humukset ja hienorakeiset maa-ainekset, vanhat epämääräiset täytöt ja löyhät saviset kerrostumat yms. sekä kaivun yhteydessä häiriintyneet maa-ainekset poistetaan rakennusalueelta, sekä piha- ja liikennealueelta.

Rakentamiseen liittyvät kaivut tehdään luonnollisen pohjavesipinnan yläpuolella kaltevuudella 1:1,5 ja luonnollisen pohjavesipinnan alapuolella kaltevuudella 1:2. Paikallisesti kaivut tehdään pohjavesipinnan yläpuolella kaltevuudella 2:1 ja pohjavesipinnan alapuolella kaltevuudella 1:1 työturvallisuusnäkökohdat huomioiden. Yli 2 m syvät kaivannot ja kaivantojen kuivatus suunnitellaan erikseen tapauskohtaisesti.

Kaivutyöt tehdään työturvallisuusmääräyksiä ja ohjetta RIL 263-2014 Kaivanto-ohje noudattaen.

Täytöt tehdään suunnitelmissa esitetyistä materiaaleista. Muut erittelemättömät täytöt ja rakennekerrokset tehdään julkaisussa RIL 132 - 2000 "Talonrakennuksen maarakenteet – yleinen rakennusselostus ja laatuvaatimukset" esitetyt laatuvaatimukset täyttävistä materiaaleista, ja tiivistetään tiiviytsluokkaan 1. Liikennealueiden osalta noudatetaan lisäksi Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset InfraRYL 2017 annettuja ohjeita.

Täytöt tiivistetään kerroksittain vähintään taulukon 4 mukaisiin tiiviyssasteisiin tai kantavuusarvoihin, ellei suunnitelmissa ole muuta esitetty.

Taulukko 4. Eri täyttökohteiden ohjeelliset tiiviyssaste- ja kantavuusvaatimukset.

Kohde	Tiivistysluku	Tiiviyssaste <sup>1)</sup> D <sub>vaad</sub>	Kantavuusarvot, E <sub>1,2</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	Kantavuussuhde E <sub>2</sub> /E <sub>1</sub>
Maanvaraisten perustusten alustäyttö	1	≥ 95	E <sub>1</sub> ≥ 60	< 2,2
Maanvaraisten lattioiden alustäyttö	1 ja 2	≥ 92	E <sub>1</sub> ≥ 50	< 2,2
Perustusten, seinien ja muurien vierustäyttö	2	≥ 90	-	-
Putkijohtojen arina, tasauskerros ja ympärystäyttö	2	≥ 90	-	-
Pengertäyte	2	≥ 90	-	-
Suodatinkerros	1	≥ 90	-	-
Jakava kerros	1	≥ 92	E <sub>2</sub> ≥ 95	< 2,2
Kantava kerros	1	≥ 95	E <sub>2</sub> ≥ 150	< 2,2
Kulutuskerros	1	≥ 92	-	-
Puisto-, maisema- yms. täytöt	3 ja 4	-	-	-

<sup>1)</sup> Mikäli täyttemateriaali on niin karkeaa, että Proctor-kokeen suoritus on vaikeaa, käytetään kantavuusarvoja.

Täyttöjen saavutettua tiiviyssastetta kontrolloidaan seuraavasti:

- maanvaraisten perustusten alustäyttö, tiiveyskokeita vähintään 1 tiiveyskoe / 200 rakennus-m<sup>2</sup>, kun rakennusalue < 3000 m<sup>2</sup>, muulloin 1 tiiveyskoe / 500 rakennus-m<sup>2</sup>
- maanvaraisen alapohjan alustäytöstä 1 tiiveyskoe / 200 m<sup>2</sup>, jokaisesta tiivistettävästä kerroksesta, kun alue < 3000 m<sup>2</sup>, muulloin 1 tiiveyskoe / 500 m<sup>2</sup>, jokaisesta rakennekerroksesta
- liikennealueilla 1 tiiveyskoe / 1000...5000 m<sup>2</sup>, jokaisesta rakennekerroksesta

Tiiviyssasteet sijoitetaan työn alkuun käytettävissä olevalle kalustolle sopivan kerrospaksuuden ja ylijokertojen selvittämiseksi.

Täyttötöistä tehdään ns. laadunvalvontalomake, johon merkitään käytettävä kiviainesmateriaali, tiivistettävä kerrospaksuus, tiivistyskone ja koneen paino, ylijokerrat, vallitseva säätila, tiivistettävä kerros (alustäyttö, jne.) ja vaadittu tiiviyssaste. Lomakkeen vahvistavat allekirjoituksellaan rakennustöiden valvoja ja ao. urakoitsija.

Täyttöihin käytettävän materiaalin tulee olla sulaa eikä se saa sisältää lunta, jäätä, juurakoita tms. Talvityönä täyttöjä tehtäessä tulee materiaalin olla mahdollisimman kuivaa (vesipitoisuus alle 3 %) ja tiivistettävää kerrospaksuutta on ohennettava 30...50 % vaadittujen tiiviyssasteiden saavuttamiseksi. Massanvaihtotyötä ei saa tehdä talvityönä.

## 7.2 Kaivannon tuentatarve

Uimahallin kellarillisen osan kaivanto sekä savi-silttikerrostuman massanvaihto edellyttää todennäköisesti tuentoja. Suunnitelmien tarkentuessa tarkentuu myös tuentojen tarve ja niistä täytyy tehdä tarvittavat tuentasuunnitelmat.

### 7.3 Pohjaveden alennus, yleistä

Pohjaveden alennus tehdään pumppauskaivoista pumpaamalla käyttäen työnaikaisia salaojia tai vaihtoehtoisesti tyhjiömenetelmällä. Kaivun ulottuessa pohjaveden alapuolelle pohjavesi alennetaan ennen kaivutöitä vähintään 1 m kaivutason alapuolelle.

Pohjaveden alenemista seurataan pohjavesiputkesta ennen seuraavaa kaivuvaihetta. Paikallisesti kaivannon kuivanapito voidaan tehdä työnaikaisia salaojia ja pumppauskaivoja käyttäen.

Työnaikaiset pumppausvedet johdetaan Oulun kaupungin sadevesiviemäriin.

## 8 Jatkotoimet

### 8.1 Täydentävät pohjatutkimukset

Kun suunnitellun uuden uimahallirakennuksen sijainti ja laajuus tarkentuu, tulee täydentävillä pohjatutkimuksilla selvittää löyhän savi-silttikerrostuman laajuutta, ja laboratoriotutkimuksilla löyhän savi-silttikerrostuman painumaominaisuuksia, ks. kohta 6.2.

### 8.2 Perustamistapalausunto

Tämä asiakirja tarkistetaan sen jälkeen, kun rakennuksen lopullinen korkeusasema ja perustusten paikat sekä kuormat ovat varmistuneet.

Syvimpien allas- ja kellarirakenteiden pohjan korkeusaseman varmistumisen jälkeen tarkastellaan uudestaan kappaleessa 6.2 esitetty rakennuksen eteläreunan savi-silttikerrostuman massanvaihdon toteuttamiskelpoisuus ja perustamistapa savi-silttialueella.

Tähän hankkeeseen tehdään erilliset pohjarakennussuunnitelmat ja -asiakirjat, joissa annetaan yksityiskohtaiset kaivu-, täyttö-, yms. pohjarakentamisen ohjeet. Rakennuskaivannosta ja mahdollisesta kaivannon tuennasta tulee tehdä erillinen kaivantosuunnitelma.

Pohjarakennussuunnittelija antaa tarvittaessa pohjarakentamiseen liittyviä lisäohjeita jatkosuunnittelun ja rakennustyön aikana.

### 8.3 Sulfaattimaaselvitys

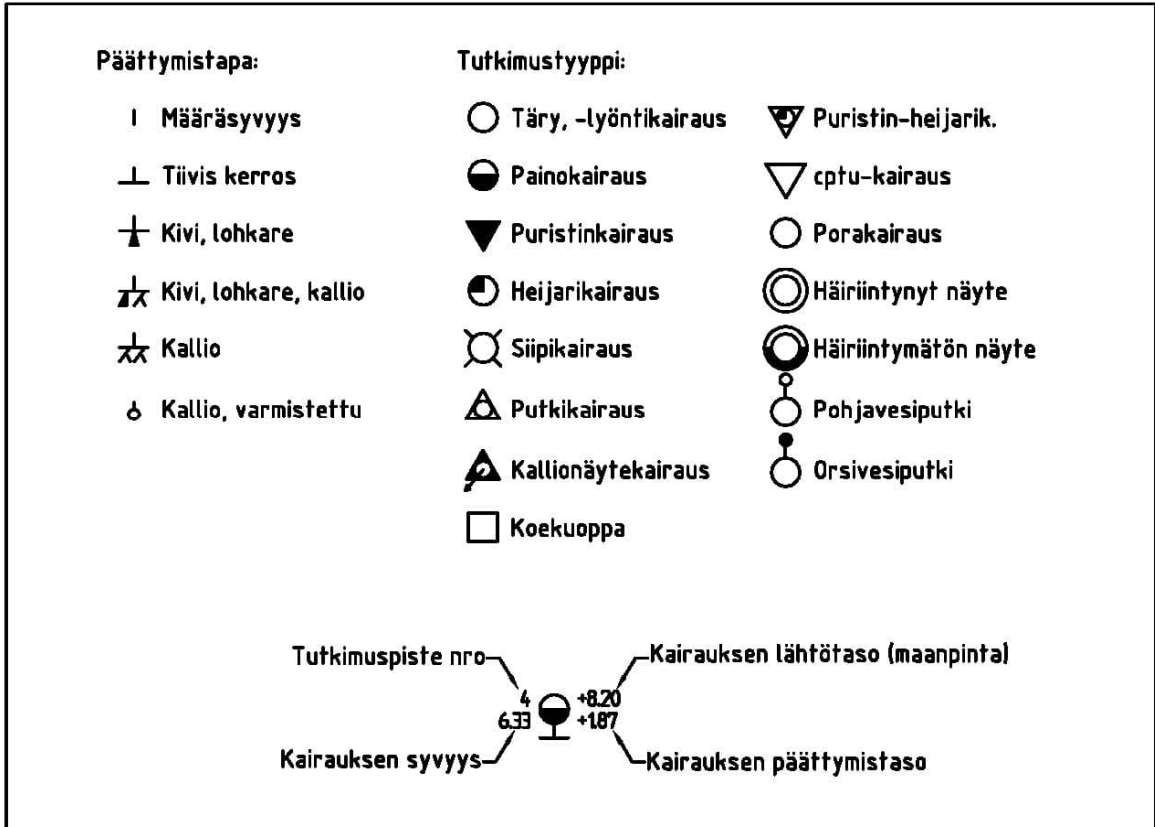
Ks. kappale 3.

### 8.4 Rautasaostumaselvitys

Ks. kappale 4.

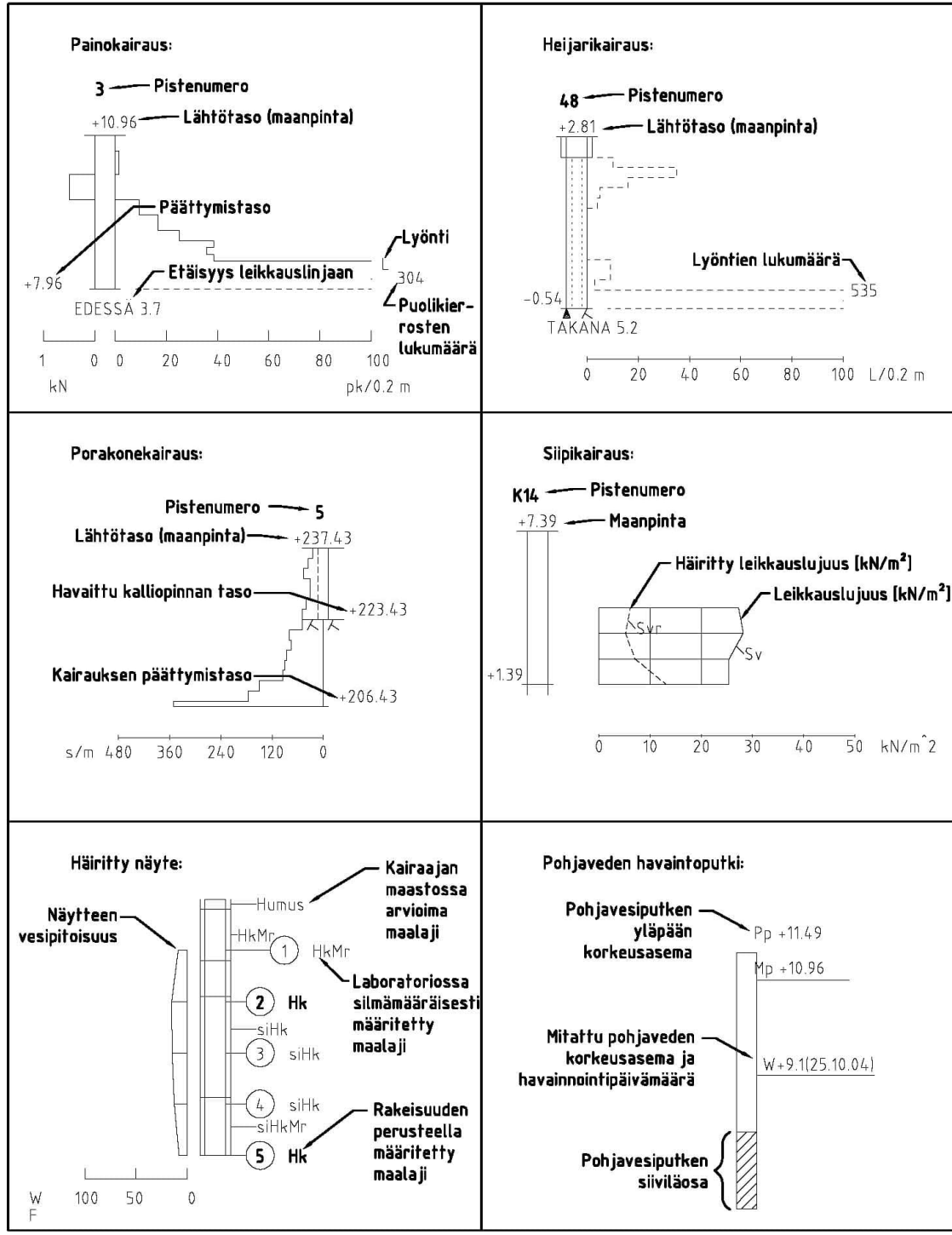
POHJATUTKIMUSMERKINNÄT

POHJATUTKIMUSKARTTA

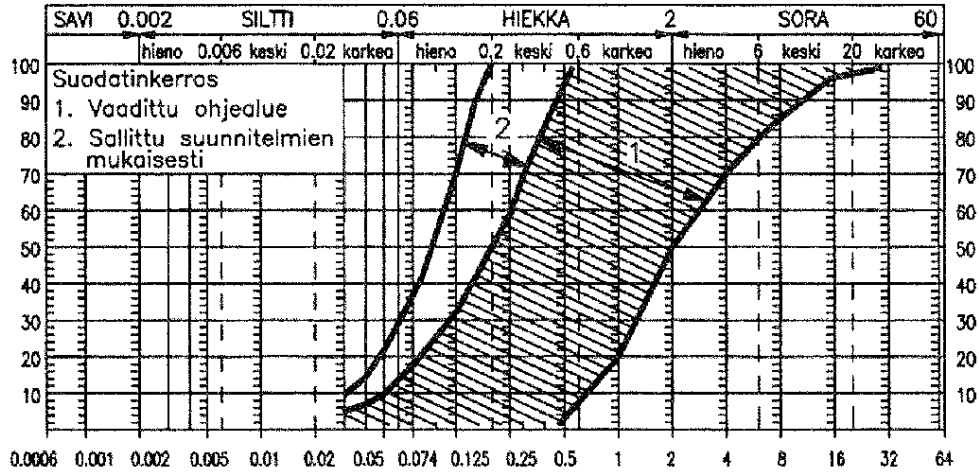




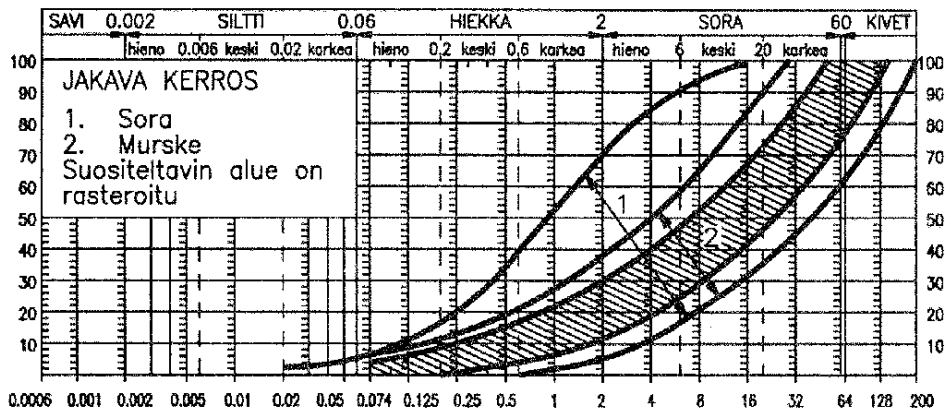
## POHJATUTKIMUSLEIKKAUS



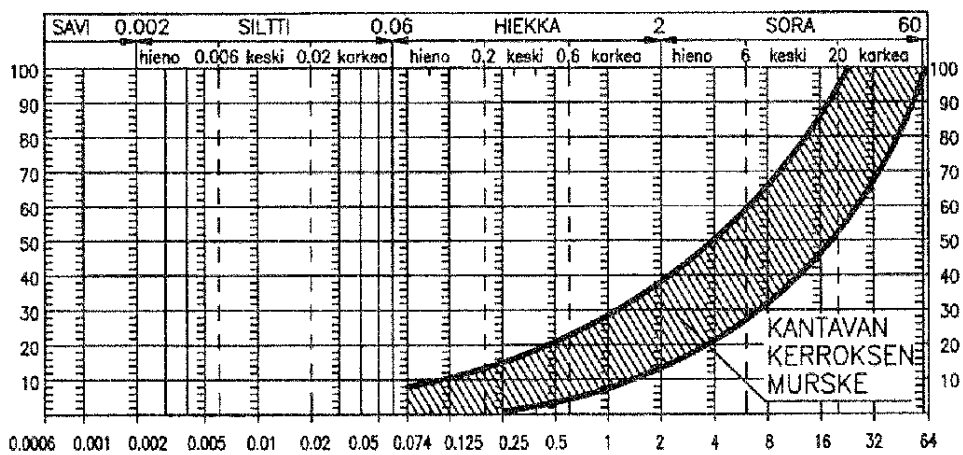
## PIHA- JA LIIKENNEALUEEN PÄÄLLYSRAKENNEKERROSTEN KIVIAINESTEN RAKEISUUDEN OHJEALUEET



Kuva 1 Suodatinkerroksen rakeisuuden ohjealue



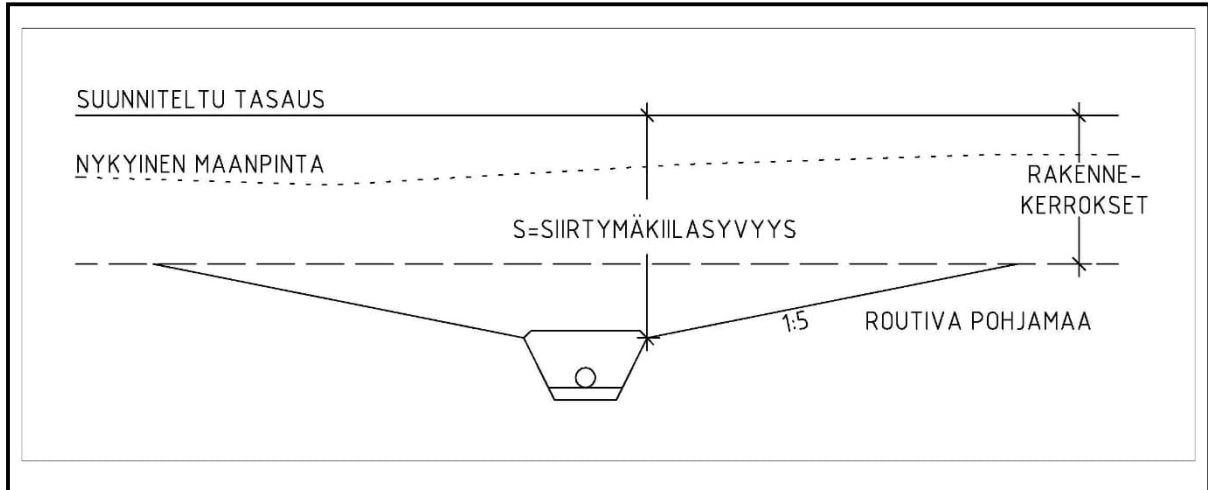
Kuva 2 Jakavan kerroksen rakeisuuden ohjealue



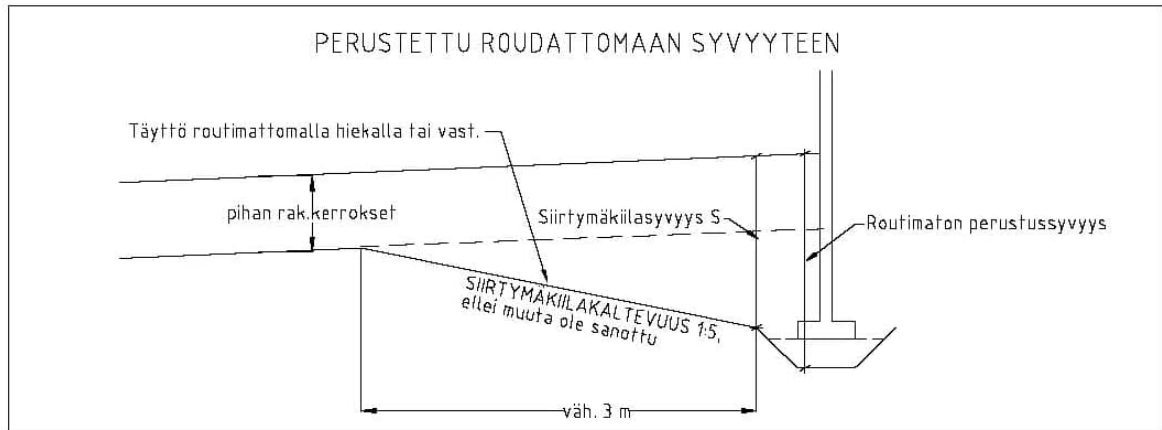
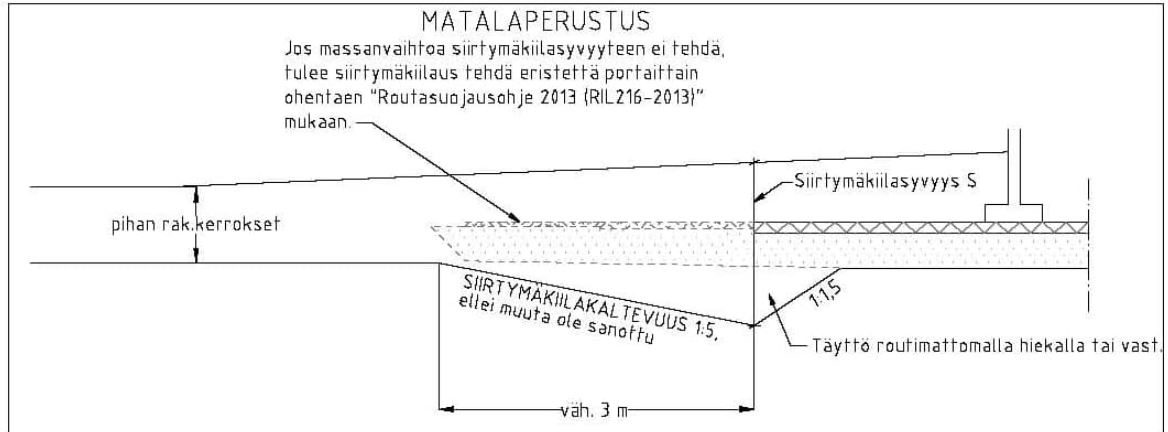
Kuva 3 Kantavan kerroksen rakeisuuden ohjealue



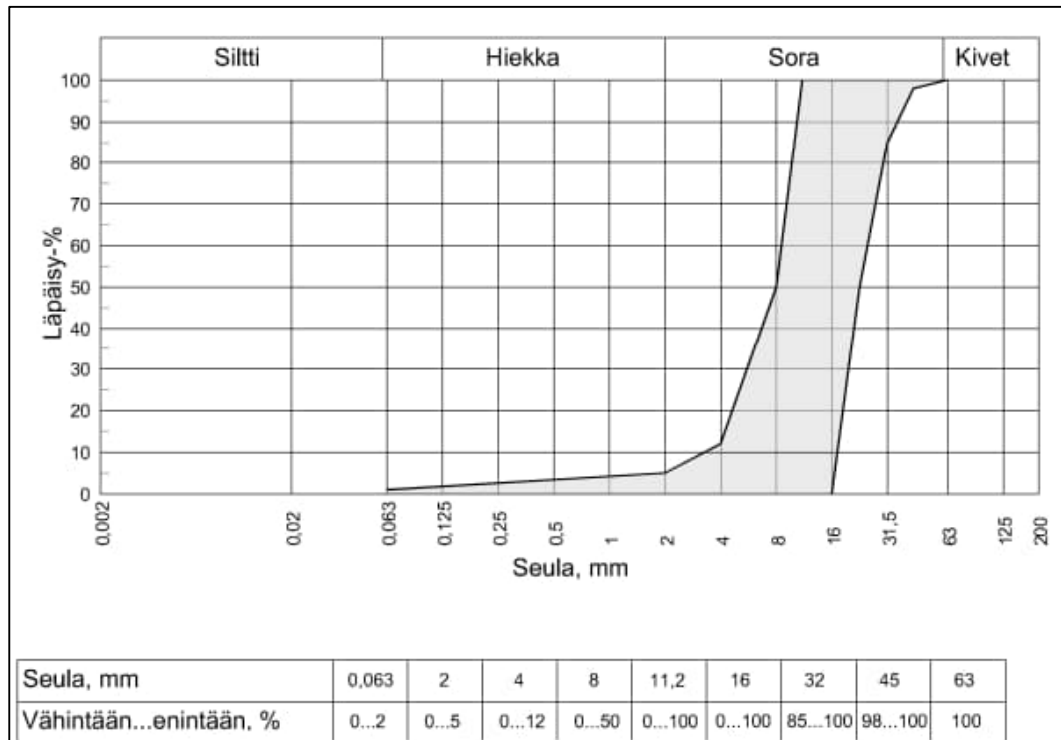
PUTKIKAIVANNON SIIRTYMÄKIILAT



## KYLMÄN RAKENNUKSEN SIIRTYMÄKIILTAUS



## SALAOJITUSKERROKSEN OHJEALUEET/RIL 126-2020



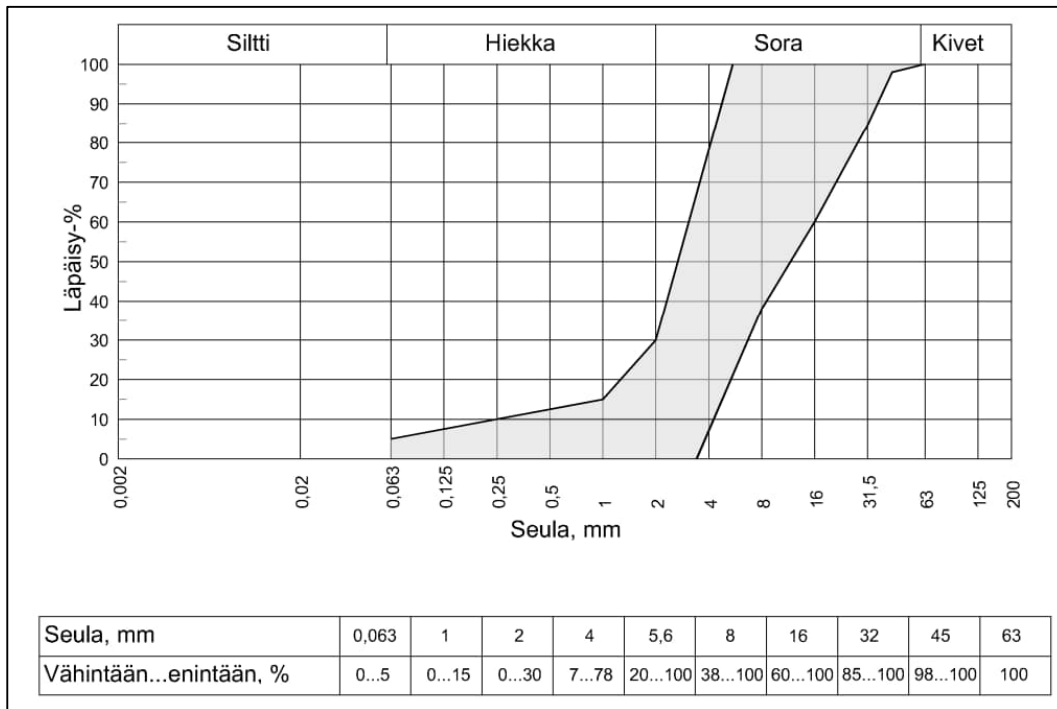
Kuva 5.5a. Salaojituskerroksen rakeisuusvaatimukset, RIL1a (RIL126-2020).

## Materiaali RIL1a

Materiaalia käytetään rakennuksen alapohjan alle tehtävässä kapillaarikatkona toimivassa salaojituskerroksessa ja perusmuurin vierustan salaojituskerroksessa silloin, kun pohja- tai vajovesiä virtaa voimakkaasti rakennuksen vierustalle maakerroksia tai kallionpintaa pitkin. Tällaisia ovat esimerkiksi paikat, joissa rakennus sijaitsee rakennusta kohti viettävässä rinteessä.

Kapillaarikatkokiviainekset ovat kalliosta tai sorasta valmistettuja karkeita kiviaineksiä, joiden rakeisuus on tyypillisesti välillä 5...8/16...32 mm (esim. 5/16 mm tai 5/32 mm). Kapillaarikatkokiviaineksina käytettäville tuotteille tulee olla määritettynä kapillaarinen vedennousukorkeus. Myös niiden raaka-aineen laatu tulee olla tutkittu ja tuotteen hienoainemäärä tulee olla tunnettu. Tuotteen vesiseulonnalla saadaan hienoaineksen määrää rajoitettua ja veden nousukorkeutta pienennettyä. Vaativiin kohteisiin sekä rajoitettuihin kerrospaksuuksiin suositellaan vesiseulottuja kapillaarikatkokiviaineksiä.

## SALAOJITUSKERROKSEN OHJEALUEET/RIL 126-2020



Kuva 5.5b. Salaojituskerroksen rakeisuusvaatimukset, RIL1 (RIL126-2020).

## Materiaali RIL1

Materiaalia käytetään normaalissa kuivatustilanteessa rakennuksen perusmuurin vastaisessa salaojituskerroksessa.

Ohjealueen salaojakiviainesta tulee käyttää silloin, kun pohjavesi ainakin ajoittain saattaa nousta salaojituskerrokseen, rakennuspaikka on alavalla maalla tai rakennuspaikan maaperä on heikosti vettä läpäisevää, jolloin salaojiin suodattuvat vesimäärät voivat olla hetkellisesti hyvinkin suuria. Perusmaan ja salaojakiviaines RIL1:n väliin on asennettava suodatinkangas tai suodatinkerros, joka estää maa-ainesten sekoittumisen.



Tutkimustodistus AR-24-YB-016121-01  
 Raportointipäivämäärä 16.05.2024

Sivun 1/2

 Näyte-erä EUFI05-00029520  
 Tilausviite Anneli Wichmann 101025120-001

 AFRY Finland Oy  
 Anneli Wichmann  
 Jaakonkatu 3  
 PL 60  
 01621 VANTAA  
 FINLAND

## 101025120-001 Raksilan uimahalli, Potentiaalinen hapan sulfaattimaa

Näyttenumero	693-2024-00016335 693-2024-00016336 693-2024-00016337			
Näytteen nimi	NP 103 / 5 m	NP 107 / 3,8 m	NP 110 / 5 m	
Näyttematriisi	Maaperä	Maaperä	Maaperä	
Näytteen kuvaus	Maaperä	Maaperä	Maaperä	
Vastaanottopäivä	08.05.2024	08.05.2024	08.05.2024	
Näytteenottopäivä	07.05.2024	07.05.2024	07.05.2024	
Näytteenottaja	Asiakas / TL, AFRY Finland Oy	Asiakas / TL, AFRY Finland Oy	Asiakas / TL, AFRY Finland Oy	
Analyysit	Yksikkö	Tulos	Tulos	Tulos
<b>Fysikaalis-kemialliset tutkimukset</b>				
Sähkönjohtavuus	YBC02 mS/m	2,1	12	10
pH (ennen keittoa)	YBCB0	3,9	4,1	3,7
pH (NAG)	YBC29	5,3	5,4	4,2
NAG (pH 7.0)	YBC29 Kg H2SO4/to nni	0,8	0,5	3,0
NAG (pH 4.5)	YBC29 Kg H2SO4/to nni	0,0	0,0	0,5
<b>Alkuaineanalyysit, SFS-EN ISO 54321:2021</b>				
Rikki (S) *	YB38K mg/kg ka	200	670	1500
Hajotus *	YBE33	Tehty	Tehty	Tehty

\*Menetelmä on akkreditoitu.

## YHTEYSHENKILÖ

Tomi Nevanperä Kemisti 4-H94 Waste Testing Oulu

Tomi.Nevanpera@etn.eurofins.com +358 44 5885268

Tutkimustodistus on sähköisesti hyväksytty.

## Menetelmätiedot

Testikoodi	Parametrin nimi, CAS	Menetelmän mittausepävarmuus	Menetelmän määrittäjä	Akkreditoitu	Menetelmä	Laboratorio
<b>Fysikaalis-kemialliset tutkimukset</b>						
YBC02	Sähkönjohtavuus	<5:±1mS/m >5:±20%	1 mS/m	Ei	ISO 11265:1994/Cor 1:1996	YB
YBCB0	pH (ennen keittoa)	± 0.2 pH yks.		Ei		YB
YBC29	pH (NAG)	± 0.2 pH yks.		Ei	ARD Test Handbook, Project P387A, 2002	YB
YBC29	NAG (pH 7.0)	± 8%		Ei	ARD Test Handbook, Project P387A, 2002	YB
YBC29	NAG (pH 4.5)	± 8%		Ei	ARD Test Handbook, Project P387A, 2002	YB
<b>Alkuaineanalyytit, SFS-EN ISO 54321:2021</b>						
YB38K	Rikki (S), 7704-34-9	<160:±16mg/kgka >160:±10%	20 mg/kg ka	Kyllä	SFS-EN ISO 11885:2009; SFS-EN ISO 54321:2021	YB
YBE33	Hajotus			Kyllä	SFS-EN ISO 54321:2021	YB

## Laboratorio

YB	Eurofins Ahma - Oulu	SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 FINAS T131
----	----------------------	--------------------------------------

Tutkimustodistuksen jakelu: ymparisto@afry.com, anneli.wichmann@afry.com, laura.luukinen@afry.com, sofia.malmstrom@afry.com

## Huomautukset

Tutkimustodistuksen osittainen kopioiminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain vastaanotettua ja tutkittua näytettä. Näytteet on toimitettu laboratorioon asiakkaan toimesta, ellei tutkimustodistuksella toisin ilmoiteta.

## ASIAKAS

Nimi PÖYRY FINLAND OY  
Yhteyshenkilö Anneli Wichmann  
Osoite PL 532  
00026 BASWARE

Projekti --  
Asiakkaan viite 101025120 / Raksilan uimahalli  
Näytteiden lkm 1

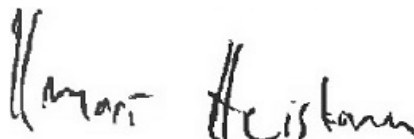
## NÄYTE

SGS Refno KE24-02473 R0  
Raportointi pvm 27.06.2024  
Saapumis pvm 31.05.2024  
Aloitus pvm 31.05.2024  
Valmistumis pvm 27.06.2024

## KOMMENTIT

Näytteenotto:A. Eskelinen 30.5

## ALLEKIRJOITUKSET



Ilmari Heiskanen  
Laboratoriokemisti

## ALAVIITTEET, HUOMAUTUKSET JA ALIHANKINTA

- \* Tämä analyysi ei ole akkreditoitu 1) SGS IF Herten, DakS D-PL-14115-02-07, akkr. DIN EN ISO/IEC 17025:2018  
DL Määritysraja  
- Ei analysoitu  
Laboratorio toimittaa analyysien mittausepävarmuusarviot pyydettyinä.

Yritys on antanut tämän dokumentin palvelujen yleisten toimitusehtojensa mukaisesti, jotka ovat saatavilla osoitteessa <https://www.sgs.com/en/terms-and-conditions>. Toimitusehdot sisältävät rajoituksia yrityksen vahingonkorvausvastuuseen, hyvityksiin ja lain valintaan. Tämän dokumentin haltijan tulee huomioida, että informaatio tässä dokumentissa kuvaa tilanteen sellaisena kuin yhtiö on sen työsuorituksensa aikana todennut asiakkaan mahdollisten ohjeiden mukaisesti. Yrityksen vastuu rajoittuu yrityksen asiakkaaseen eikä tämä dokumentti estä kaupan osapuolia käyttämästä kaupan asiakirjojen mukaisia oikeuksia ja velvoitteita. Tämän dokumentin sisällön tai ulkomuodon luvaton muuttaminen, väärentäminen tai vääristely on lainvastaista ja tekijä voidaan asettaa syytteeseen lain ankarimman tulkinnan mukaisesti. Mikäli näytteenotto on tehty tilaajan toimesta, laboratorio ei vastaa näytteenotosta. Tässä dokumentissa esitetyt tulokset koskevat vain vastaanotettua ja testattua näytettä. Näytteitä säilytetään korkeintaan 2 viikkoa. Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaisuutena, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.

Näyttenumero KE24-02473.001  
Näytteen nimi PVP3  
Näytteenottopvm 30.05.2024

Analyyssi Yksikkö DL

**Hiilidioksidi vedestä Menetelmä: Sisäinen menetelmä SGSF716, titrimetrinen**

Hiilidioksidi *	mg/l	1	35
-----------------	------	---	----

**Bikarbonaatti vesinäytteestä Menetelmä: SGSF715; SFS 3005 ja SFS-EN ISO 9963-1 mod.**

Bikarbonaatti (HCO <sub>3</sub> -) *	mg/l	1.2	100
--------------------------------------	------	-----	-----

**Hiilen määrittäminen vedestä Menetelmä: SFS-EN 1484**

Haihtumaton orgaaninen hiili (NPOC)	mg/l	0.5	5.0
-------------------------------------	------	-----	-----

**Liuenneen hiilen määrittäminen vedestä Menetelmä: SFS-EN 1484**

Liuenneet haihtumaton orgaaninen hiili D-NPOC	mg/l	0.5	4.0
---	------	-----	-----

**Rauta 2+ vesinäytteestä 1) Menetelmä: DIN 38406-E1**

Fe 2+	mg/l	0.02	230
-------	------	------	-----

**Liukoiset metallit vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2**

Alumiini	µg/l	10	<10
Kalsium	µg/l	100	45000
Mangaani	µg/l	3	2000
Rauta	µg/l	10	12

**Metallien kokonaispitoisuudet vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2**

Alumiini	µg/l	50	350000
Kalsium	µg/l	200	220000
Mangaani	µg/l	3	8200
Rauta	µg/l	50	560000

**Kenttämittaukset vedestä Menetelmä: Asiakkaan ilmoittamat**

Lämpötila *	°C	0.1	12.4
-------------	----	-----	------

