



Ilmakuva selvitysalueesta, tutkimuspisteet, Kempeleen kunta

Kempeleen kunta

Hakamaan pohjoisosan ja Kuivalanperän alue, Kempele

Rakennettavuusselvitys, sulfaattimaaselvitys

101019512-001

## Rakennettavuusselvitys, sulfaattimaaselvitys

Yhteyshenkilö  
Heikki Hekkala  
Puhelin  
050 412 3030  
Sähköposti  
heikki.hekkala@afry.com

Pvm.  
31/08/2022  
Projektiviite  
101019512-001

Raportin numero

Asiakas  
Kempeleen kunta

Hakamaan pohjoisosan ja Kuivalanperän alue, Kempele

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

Anu Kivistö-Rahnasto  
FM, ympäristökonsultti

## Sisältö

1	Toimeksianto .....	1
2	Tehdyt pohjatutkimukset .....	1
3	Sulfaattimaaselvitys .....	2
3.1	Yleistä .....	2
3.2	Tehdyt tutkimukset .....	2
3.3	Tutkimustulokset ja johtopäätökset .....	3
3.4	Jatkotoimenpiteet .....	4
3.5	Lähteet .....	4
4	Maasto- ja ympäristöolosuhteet selvitysalueella .....	5
4.1	Ympäristöolosuhteet .....	5
4.2	Pohjasuhteet .....	5
5	Rakennettavuus .....	6
5.1	Rakennettavuus ja rakennettavuuteen vaikuttavat tekijät .....	6
5.2	Kevyiden rakennusten ja rakenteiden perustaminen .....	7
5.3	Raskaiden rakenteiden perustaminen .....	7
6	POHJARAKENTAMISEN YLEISOHJEET .....	8
6.1	Rakennuspaikan esikuormitus .....	8
6.2	Paalutus .....	8
6.3	Routasuojaus .....	8
6.4	Salaojitus ja salaojituskerrokset .....	8
6.5	Radon .....	9
6.6	Piha- ja liikennealueet .....	9
6.7	Kunnallistekniikka .....	9
6.8	Kuivatus .....	10
7	Jatkotoimet .....	10

## Liitteet

Pohjatutkimusmerkinnät	Liite 1
Piha- ja liikennealueen päällysrakennekerrosten kiviainesten rakeisuuden oh-	Liite 2
Putkijohtokaivannon siirtymäkiilat	Liite 3
Kylmän rakennuksen siirtymäkiilaus	Liite 4
Salaojasoran rakeisuuden ohjealueet / RIL 126-2020	Liite 5
Sulfaattimaa-analyysit	Liite 6

## Piirustukset

Pohjatutkimuskartta	1:5000	101019512/GEO-1
Pohjatutkimusleikkaus A-A	1:500/1:100	101019512/GEO-2
Pohjatutkimusleikkaus B-B	1:500/1:100	101019512/GEO-3
Pohjatutkimusleikkaus C-C	1:500/1:100	101019512/GEO-4
Pohjatutkimusleikkaus D-D	1:500/1:100	101019512/GEO-5

## 1 Toimeksianto

Kempeleen kunnan toimeksiannosta AFRY Finland Oy on tehnyt Hakamaan pohjoisosan ja Kuivalanperän työpaikka-alueen rakennettavuusselvityksen ja sulfaattimaaselvityksen, sekä niihin liittyvät tutkimukset asemakaavan muutos- ja laajennushanketta varten. Kenttätutkimukset on tehty kesä-heinäkuussa 2022.

Selvityskohde sijaitsee Kempeleen kunnan pohjoisrajalla, molemmin puolin Eteläsuomentietä nro 847. Selvitysalueen laajuus on noin 17 ha.

Tutkimukset ohjelmoitiin tilaajan toimittaman selvitysalueen rajauksen perusteella. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää rakennuspaikan rakennettavuus, perustusolosuhteet, sekä maaperän sulfaattipitoisuus.

## 2 Tehdyt pohjatutkimukset

Maastotutkimuksina selvitysalueella on tehty:

- puristinheijarikairauksia 11 tutkimuspisteessä
- häiriintyneiden maanäytteiden otto 6 tutkimuspisteessä
- sulfaattimaanäytteiden otto 4 tutkimuspisteessä
- pohjavedenpinnan havainto 6 tutkimuspisteessä
- maanäytteiden peruskäsittely 28 kpl
- vesipitoisuus 6 kpl ja rakeisuusmääritykset 4 kpl

Tutkimuskartalla ja tutkimusleikkauksissa on lisäksi esitetty selvitysalueen itäreunalle sijoittuvan rata-alueen tutkimuksia, sekä alueen eteläosalle sijoittuvia vanhoja painokairauksia.

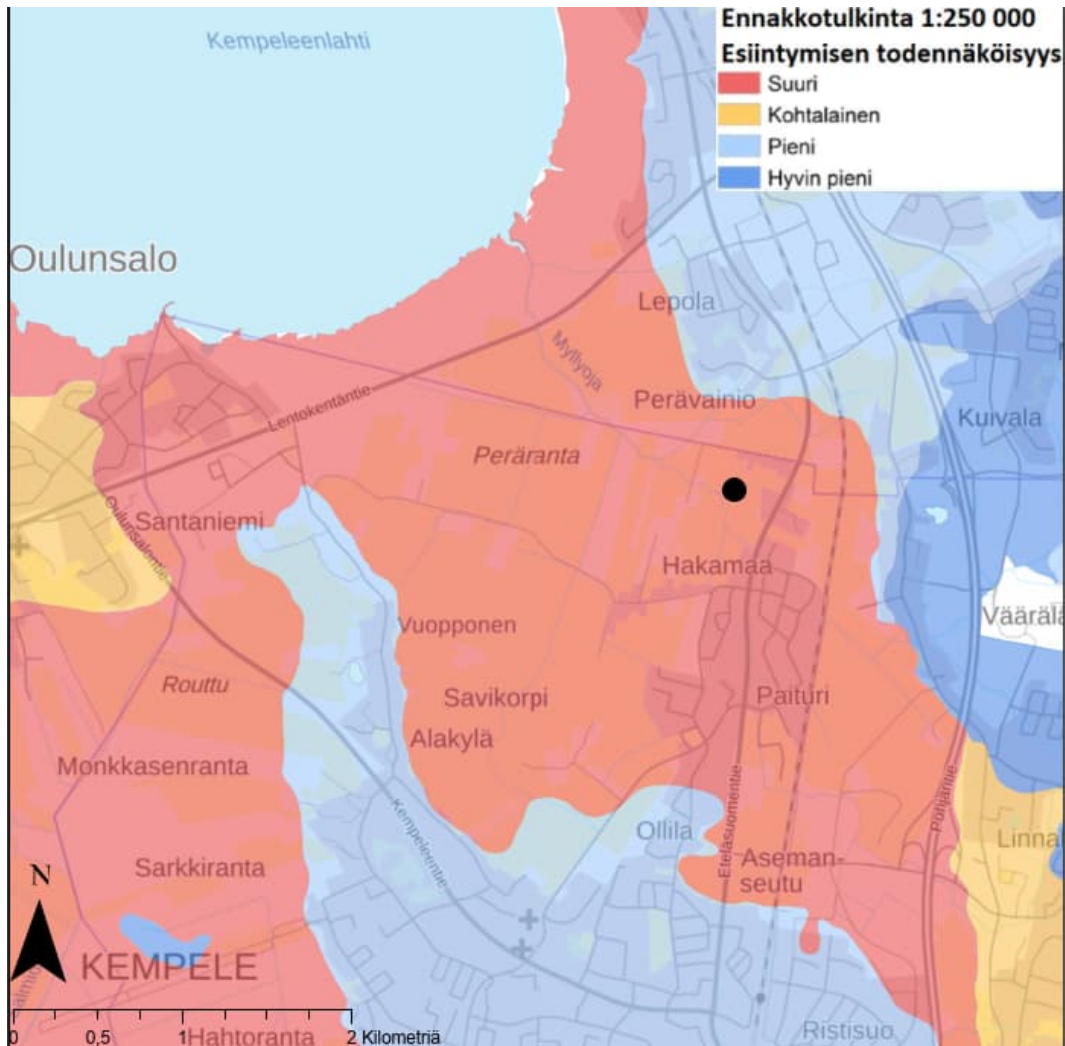
Pohjatutkimuspisteet on sidottu koordinaattijärjestelmään ETRS-GK26. Korkeudet on sidottu korkeusjärjestelmään N2000.

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

## 3 Sulfaattimaaselvitys

### 3.1 Yleistä

Kempeleen Hakamaan hanke sijoittuu alueelle, jossa GTK on arvioinut sulfaattimaiden esiintymistodennäköisyyden olevan hyvin suuri (Kuva 1). Ennakkotulkinta ei kuitenkaan sovellu yksittäisen hankekohteen happamoitumisriskin määrittämiseen.



Kuva 1 GTK:n ennakkotulkinta happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyydestä Kempeleen alueella. Hakamaan tutkimusalueen sijainti on merkitty mustalla pisteellä. (Geologian tutkimuskeskus 2022).

### 3.2 Tehdyt tutkimukset

Kempeleen Hakamaan alueelta on otettu yhteensä 21 sulfaattimaanäytettä, viidestä näytepisteestä (NP1, NP11, NP3, NP5 ja NP7). Tutkimuspisteiden sijainti on esitetty tutkimuskartassa.

Kaikista näytteistä mitattiin alku-pH, ja neljä näytettä lähetettiin laboratorioon (NP1/4 m, NP11/3 m, NP3/5,5-6 m ja NP5/4-4,5 m). Näytteistä määritettiin kokonaisrikkipitoisuus, happamuusriski NAG-testillä, humuspitoisuus sekä sähkönjohtavuus. Nettohappamuusriski

(NAG) ja NAG-pH mitataan hapettamalla näyte vetyperoksidilla. Tämän jälkeen näyte titraataan 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 kaikissa neljässä laboratorioon lähetetyssä näytteessä havaittiin tummaa ainesta, joka viittaisi mahdollisesti sulfidiseen materiaaliin. Laboratorioon lähetetyt näytteet olivat mustaa sulfidista savea (NP1/4 m, NP11/4 m ja NP5/4-4,5 m) ja harmaata savea, jossa oli mustia sulfidisia raitoja (NP3/5,5-6 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.*

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

Lähde: Ympäristöministeriö 2022. Happamien sulfaatitimaiden kansallinen opas rakennushankkeisiin. Ympäristöministeriön julkaisuja 2022: 3.

Taulukossa 2 on esitetty näytteiden tulokset. Kaikkien näytteiden kokonaisrikkipitoisuudet olivat yli 0,2 %, eli maanäytteet luokitellaan sen perusteella potentiaalisesti happamaksi sulfaattimaaksi. Kaikkien neljän näytteen NAG-pH oli selvästi hapan, ja nettohapontuoton määrä oli koholla. Lisäksi kaikkien näytteiden sähkönjohtavuudet olivat koholla. Näiden tulosten perusteella näytteiden NP1/4 m ja NP3/5,5-6 m maa-aineksilla on suuri hapontuottopotentiaali. Näytteiden NP11/3 m ja NP5/4-4,5 m maa-aineksilla on kohtalainen hapontuottopotentiaali.

Nyt tarkastelluista näytepisteistä pisteiden NP1/4 m, NP11/3 m, NP3/5,5-6 m ja NP5/4-4,5 m maa-aineksen arvioidaan aiheuttavan kohtalaista tai suurta happamoitumista.

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

Näyte	Alku pH	NAG 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]	Rikkipitoisuus mg/kg (%)	Sähkönjohtavuus mS/m	Hehkutus-häviö % ka
NP1/ 4 m	7,7	2,9	10,2	14,6	7400 (0,74)	110	3,1
NP11/ 3 m	7,4	3,5	1,9	4,0	2200 (0,22)	70	1,5
NP3/ 5,5-6 m	7,4	3,4	2,8	5,9	3300 (0,33)	46	2,9
NP5/ 4-4,5 m	7,7	3,4	1,7	4,2	3500 (0,35)	100	1,9

### 3.4 Jatkoimenpiteet

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 kulkeutuvat happamien valuntojen mukana ympäristöön.

Tämän lausunnon tulokset perustuvat otettuihin näytteisiin ja tehtyihin testeihin. On huomioitavaa, että potentiaalisesti happamat sulfaattimaat esiintyvät usein laikuitaisina/linssimäisinä alueina. Rakentamistöiden yhteydessä maa-ainesta on havainnottava ja tarpeen mukaan tehtävä lisämäärytyksiä mahdollisista sulfidimaakerroksista, jotta mahdollisten sulfidimaiden laajuus rakentamisalueella pystytään paremmin arvioimaan.

### 3.5 Lähteet

AMIRA international. (2002). ARD TEST HANDBOOK, Melbourne

Auri, J., Boman, A., Hadzic, M. ja Nystrand, M. 2018. Opas happamien sulfaattimaiden karkoitukseen turvetuotantoalueilla. Sulfa II-hanke.

GTK (2015) Mine Closure WIKI: net acid generation

Ympäristöministeriö 2022. Happamien sulfaattimaiden kansallinen opas rakennushankkeisiin. Ympäristöministeriön julkaisu 2022: 3.



## 4 Maasto- ja ympäristöolosuhteet selvitysalueella

### 4.1 Ympäristöolosuhteet

Selvitysalue ja alueen ympäristö on pääosin rakentamaton peltoaluetta. Alue rajautuu lännestä, pohjoisesta ja idästä vastaavaan peltoalueeseen, ja eteläpuolelta rakennettuun työpaikka-alueeseen. Selvitysalueen poikki kulkee Eteläsuomentie ja itäreunalle sijoittuu junarata.

Selvitysalueella maanpinta on yleisesti tasaista. Maanpinta laskee tasaisesti alueen itäreunalta tasolta noin +4 alueen länsireunalle tasovälille +2,5...+3.

Selvitysalueen kuivatus tapahtuu maanpinnan vieton ja kuivatusojien mukaan pääosin länteen, alueella kulkeviin Tarjus- ja Vääräojiin, niistä luoteeseen Myllyjoaan, ja sitä pitkin Kempeleenlahteen.

Tutkimusaikana (11.7.2022) pohjavesi oli selvitysalueella Eteläsuomentien länsipuolella tasovälillä +0,9...+1, ja tien itäpuolella tasovälillä +1,7...+3,2. Pohjaveden virtaussuunta on yleisesti länteen, kohti Kempeleenlahtea. Sadannasta ja vuodenajasta riippuen pohjavedenpinta vaihtelee yleensä  $\pm 0,3...0,5$  m.

### 4.2 Pohjasuhteet

Selvitysalue on vanhaa jokisuistoaluetta, ns. Muhoksen savikivimuodostuman koillisreunaaluetta. "Muhosmuodostumalle" ovat tyypillisiä paksut hienojakoiset sedimentoituneet silttikerrokset, jotka peittävät materiaaliltaan ja topografialtaan vaihtelevaa tiivistä ja moreenimaista pohjakerrostumaa ja sen alla olevaa savikivimuodostumaa.

Sedimenttikerrokset voivat muuttua voimakkaasti lyhyellä matkalla. Lisäksi jokisuistoalueella jäätiköt ja tulvavedet ovat tuoneet silttikerrokseen rakeisuudeltaan karkeampia ja tiiviideltään tiiviimpiä hiekkaisia välikerroksia.

Tehtyjen tutkimusten perusteella selvitysalueella voidaan erottaa kaksi erityyppistä silttikerrosta. Lähempänä maanpintaa oleva kerros on yleensä humuksista ja sulfidipitoista sekä voimakkaasti kokoonpuristuvaa. Tämän kerroksen alla, usein hiekkavälikerroksen erottamana on toinen silttikerros, joka on yleensä väriltään harmaata tai punertavaa. Sen kokoonpuristuvuus on selvästi pienempi kuin humuksisella ja sulfidipitoisella yläosan siltillä.

Erityyppisten silttivyöhykkeiden paksuus voi vaihdella ja kaikkialla eri vyöhykkeitä ei välttämättä esiinny. Samoin eri vyöhykkeiden rajapintoja ei voi täysin luotettavasti määrittää pelkien kairausten perusteella.

Selvitysalueella tehtyjen tutkimusten perusteella keskitiivis ja tiivis hiekkainen pohjamaakerrostuma, eli löyhän silttikerrostuman alapinta on yleisesti yli 30 m syvyydessä, paikoitellen jopa yli 45 m syvyydessä. Alueen lounaiskulmalla ja itäreunalla pohjamaakerrostuma nousee paikallisesti ylimmillään noin 20 m syvyyteen maanpinnasta.

Rakentamattomalla alueella pintahumusten alla on yleisesti noin 1 m paksu löyhä hienojakoinen hiekkakerrostuma, joka on rakeisuudeltaan routivaa hiekkaista silttiä, silttistä hiekkaa ja hienoa hiekkaa. Hienojakoisen hiekan hienoainepitoisuus ( $\# < 0,06$  mm) on tutkimusten mukaan suurimmillaan lähes 60 paino-%. Kerrostumasta otettujen näytteiden vesipitoisuus on tehtyjen tutkimusten mukaan 20...25 paino-% (näytteessä olevan veden massan suhde kuivan maa-aineksen massaan).

Rakeisuuden perusteella arvioituna hienojakoisen hiekan vedenläpäisevyyden suuruusluokka on  $k=1 \times 10^{-7}$  m/s, eli yläosan hiekka on huonosti vettäläpäisevää.

Yläosan hienojakoisen hiekkakerroksen alla silttikerrostuma on yleisesti rakeisuudeltaan voimakkaasti routivaa laihaa savea, silttiä, savista silttiä ja hiekkaista silttiä. Ylemmässä silttivyöhykkeessä, joka ulottuu yleisesti noin tasolle -5, on voimakkaasti kokoonpuristuvia humuksista sulfidisilttejä (mustaa, tumman harmaata), jotka ovat rakeisuudeltaan silttiä ja savista silttiä. Sulfidipitoinen silttikerros on yleisesti humuspitoisuuden perusteella osittain liejuista silttiä, ja kerroksesta otettujen näytteiden vesipitoisuus on tutkimusten mukaan 25..60 paino-%.

Alempana silttivyöhykkeessä on alueella yleisesti esiintyvää jääkauden jään sulamisvaiheessa makeaan veteen kerrostunutta verrattain sitkeää ja väriltään yleensä punaruskeaa kerroksellista silttiä. Kerroksessa on paikoitellen tiiviimpiä hiekkaisi välikerroksia, ja se on alaosastaan tiiviimpää, jään reunan oskilloimaa ja tiivistämää.

Silttikerrostumasta otettujen näytteiden savipitoisuus ( $\# < 0,002$  mm) on tutkimusten perusteella 5..35 paino-%.

Rakeisuuden perusteella arvioituna yläosan siltin vedenläpäisevyyden suuruusluokka on  $k=1 \dots 10 \times 10^{-8}$  m/s, siltti on huonosti vettäläpäisevää.

Selvitysalueen itäpuolelle sijoittuvan junaradan kohdalla on tehty aikaisemmin siipikairauksia, ja niiden perusteella yläosan siltin redusoimaton leikkauslujuus on yleisesti välillä  $s_v=20 \dots 40$  kN/m<sup>2</sup> ja häiritynä  $s_{vr}=5 \dots 10$  kN/m<sup>2</sup>.

Silttikerrosten alla on keskitiivistä ja tiivistä lajittunutta moreenia, joka on rakeisuudeltaan yleensä silttistä hiekkaa ja hiekkaa.

Pohjamaan hienoainespitoisuudesta johtuen se häiriintyy erittäin helposti märkänä tärinästä ja veden virtauksesta.

Painokairaukset ovat päättyneet tiiviiseen maakerrokseen 22,4..47,8 m ja 15 m määräsyvyyteen maanpinnasta. Häiriintyneiden maanäytteiden otto on ulottunut 4..6 m määräsyvyyteen maanpinnasta.

## 5 Rakennettavuus

### 5.1 Rakennettavuus ja rakennettavuuteen vaikuttavat tekijät

Tehtyjen pohjatutkimusten perusteella merkittävimmin selvitysalueen rakennettavuuteen vaikuttavat 20..45 m paksujen silttikerrosten painumat, jotka syntyvät alueen rakentamisen yhteydessä ja sen jälkeen. Paksujen silttien kohdalla osa painumista tapahtuu hitaasti vuosien saatossa rakennusajan jälkeen. Painumista suuri osa muodostuu pihojen, teiden, yms. alueellisista täytöistä, rakennettavien rakennusten alustäytöistä, sekä alueellisesta pohjaveden alenemasta.

Painumat tulee ottaa huomioon piha-alueiden, viemäreiden, yms. kaltevuuksia ja korkeustasoja suunniteltaessa.

Pintaosassa oleva hienojakoinen hiekkakerros on routivaa, kelpoisuusluokka H4/U1, ja löyhä siltti on yläosastaan voimakkaasti kokoonpuristuvaa.

Selvitysalue kuuluu pohjasuhteiden osalta maaperän rakennettavuusluokkaan "erittäin vaikeasti rakennettavat alueet" ja "erittäin heikosti rakentamiseen soveltuvat alueet", ks. tutkimuskartta 101019512/GEO-1.

Rakennusten korkeustaso tulee valita niin, ettei tarpeettomia täyttöjä rakennuspaikalla tarvita. Lattiataso tulee valita kuitenkin niin, että lattia on vähintään 0,3 m maanpintaa ylempänä ja maanpinta voidaan kallistaa 3 m matkalla 1:20 ja sitä kauempana 1:50...1:100 rakennuksesta pois päin.

Kenttä-, katu-, yms. rakenteille tulee tehdä kantavuus ja routanousumitoitus.

## 5.2 Kevyiden rakennusten ja rakenteiden perustaminen

Puurakenteiset 1-kerroksiset rakennukset ja muut kevyet rakenteet voidaan perustaa maanvaraisesti, mikäli niille voidaan hyväksyä 100...150 mm suuruiset kokonaispainumat.

Rakennuspaikan esikuormitus hiekkaylipenkereellä, esim. penkereen yläpinta lattiataso +1,0 m, on suositeltavaa. Tarvittava esikuormitusaika on alustavasti 1 vuosi. Ylipenkereen painuman suuruutta seurataan painumamittauksilla. Esikuormituksen jälkeen rakennuksen kokonaispainumien suuruusluokka on 30...50 mm.

Alapohja tehdään maanvaraisena rakenteena.

Lämpimät rakennukset ja kaikki kosteudelle herkät rakenteet on salaojitettava.

Maanalaisten tilojen rakentaminen ei ole suositeltavaa.

Maanvaraisten perustusten alle tehdään 0,5 m paksu veden kapillaarisen nousun katkaiseva alustäyttö, jonka alle asennetaan suodatinkangas N3. Alapohjan alle tehdään vähintään 0,3 m paksu salaojituskerros sepelistä. Alustäyttö tiivistetään vähintään tiiveyteen  $D > 95$  %.

Kapillaarikatko ja salaojitus, ks. kohta 6.4.

Pintamaakerrokset ja kaikki orgaaninen maa-aines on poistettava rakennuskäyttöön osoitettavilta alueilta. Luonnonmaakerrokset ovat routivia ja perustukset yms. rakenteet on routaeristettävä matalaperustamista käytettäessä.

## 5.3 Raskaiden rakenteiden perustaminen

Kivi- ja betonirakenteiset, useampikerroksiset, yms. painumille herkät rakennukset ja rakenteet on perustettava paaluille. Paalut lyödään tukipaaluiksi tiiviiseen pohjamaahan tai mitoitetaan kitkapaaluina  $L = 15...25$  m.

Paaluille perustettaessa rakennusten alapohjat on tehtävä kantavana rakenteena.

Lämpimät rakennukset ja kaikki kosteudelle herkät rakenteet on salaojitettava.

Maanalaisten tilojen rakentaminen ei ole suositeltavaa.

Paaluperustusten alle tehdään 0,3 m paksu veden kapillaarisen nousun katkaiseva alustäyttö, jonka alle asennetaan suodatinkangas N3. Mikäli kantava alapohja valetaan maata vasten, alapohjan alle tehdään 0,3 m paksu salaojituskerros sepelistä. Alustäytöt tiivistetään vähintään tiiveyteen  $D > 92$  %.

Kapillaarikatko ja salaojitus, ks. kohta 6.4.

Pintamaakerrokset ja kaikki orgaaninen maa-aines on poistettava rakennuskäyttöön osoitettavilta alueilta. Luonnonmaakerrokset ovat routivia ja perustukset yms. rakenteet on routaeristettävä matalaperustamista käytettäessä.

## 6 POHJARAKENTAMISEN YLEISOHJEET

### 6.1 Rakennuspaikan esikuormitus

Rakennuspaikan esikuormitus tehdään kitkamaalla, esim. hiekkapenkereellä, jonka taso nostetaan 1...2 m suunnitellun rakennuksen lattiataason yläpuolelle. Penkereen yläreunan tulee ylittää sivusuunnassa täydessä korossa 2...3 m rakennuksen seinälinjojen ulkopuolelle. Esi-kuormitusajan jälkeen penkereen ylijäämämassoja voidaan käyttää mm. piha-alueen täyttöihin.

Vaadittu esikuormitusaika riippuu painuvan silttikerroksen paksuudesta ja ylipenkereen korkeudesta. Rakennusalueen esikuormittamisesta ja esikuormitusajasta päättää ao. hankkeen pohjarakennussuunnittelija hankekohtaisten täydentävien pohjatutkimusten yhteydessä.

### 6.2 Paalutus

Painumille herkät ja raskaat rakennukset sekä rakenteet on perustettava paaluilla ja alapohjat on tehtävä kantavana rakenteena.

Paaluina voidaan käyttää teräsbetonisia lyöntipaaluja. Paalut voidaan lyödä tukipaaluiksi tiiviiseen pohjamuodostumaan tai suunnitella  $L=15...20$  m kitkapaaluina. Tämä tulee selvittää rakennuskohtaisilla täydentävillä pohjatutkimuksilla.

Paalujen suunnittelussa ja paalutustöissä noudatetaan Paalutusohjetta PO 2016 (RIL 254–2016) ja Paalutuotelehden RT-Betonipaalut PO-2016 ohjeita. Paalutustyöluokka on PTL2.

Paalujen negatiivinen vaippahankaus on tarvittaessa otettava huomioon Paalutusohjeen PO 2016 kohdan 4.2.2 mukaisesti.

### 6.3 Routasuojaus

Luonnonmaakerrokset selvitysalueella ovat routasyvyudessa rakeisuuden perusteella routivaa hienojakoista hiekkaa ja silttiä.

Julkaisun RIL 261-2013 "Routasuojaus" mukaan kerran 50 vuodessa esiintyvää mitoituspakasmäärää,  $F_{50} = 50\ 000\ Kh$ , 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. Ryömintätällisessä, 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 rakennusten ja rakenteiden perustukset jäävät roudattoman perustussyvyyden yläpuolelle, tulee perustuksen routaeristää, tai tulee perustusten alle tehdä routimaton massanvaihto roudattomaan syvyyteen.

Piha- ja liikennealueet tulee mitoittaa routanousulle, sallittu routanousu ja laatuluokat "RIL 234-2007 Pihojen pohja- ja päällysrakenteet Suunnittelu- ja rakentamisohteet" mukaan. Kenttä- ja katurakenteet mitoitetaan routanousulle InfraRYL 2010 ja Liikenneviraston ohjeiden mukaan.

### 6.4 Salaojitus ja salaojituskerrokset

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

Lämpimät rakennukset ja kaikki kosteudelle herkät rakenteet salaojitetaan. Pohja- ja orsive-sien kapillaarinen nousu rakenteisiin on estettävä salaojituskerroksilla ja riittävän karkeilla täytöillä.

Salaojituksessa ja kapillaarisen vedennousun katkaisevassa salaojituskerroksessa (sora tai sepele) käytettävän kiviaineksen tulee täyttää julkaisun Rakennuspohjan ja tonttialueen kiviainevävyys RIL 126-2020, kuvan 5.5a rakeisuusohjealueen RIL1a vaatimukset, ks. liite 5.

Salaojituskerroksesta tulee olla esteetön yhteys salaojiin.

## 6.5 Radon

Säteilyturvakeskuksen radontutkimusten perusteella Kempeleen kunnan alueella radonpitoisuus alittaa asunnoissa enimmäispitoisuuden ( $200 \text{ Bq/m}^3$ ) säännönmukaisesti. Suunnittelussa ja rakentamisessa on kuitenkin suositeltavaa tehdä ainakin paksujen karkeiden alustäyttöjen yhteydessä alapohjan liittyvät rakenteet (perusmuuri, lattia, läpiviennit) ilmatäiiviiksi (RT 81-10791, Rakennustieto Oy).

## 6.6 Piha- ja liikennealueet

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

Liikennealueen tavoitekantavuutena voidaan käyttää esim. Oulun kaupungin käyttämää katurakenteiden suunnitteluohjeen katuluokan 5 mukaista  $170 \text{ MN/m}^2$  kantavuutta päällysteen päältä ja kantavuutta  $135 \text{ MN/m}^2$  kantavan kerroksen päältä.

Pohjamaa on selvitysalueella siirtymäkiilasyvyyteen (1,9 m) asti routivaa hienojakoista hiekkaa tai silttiä, kelpoisuusluokka H4/U1. Ohjeen "Routasuojaus – rakennukset ja infrarakenteet RIL 261-2013" pohjamaan alusrakenneluokka on uH/ul, jolloin routaturpoama  $t=12...16 \%$  (märkä) ja E-moduuli  $20 \text{ MN/m}^2$  (märkä).

Kadut, kenttäalueet ja piha-alueet voidaan perustaa maanvaraisena täyttökerrosten varaan ilman pohjanvahvistustoimia. Pinnan kaltevuuksia suunniteltaessa on otettava huomioon maapohjan painuminen ja laadultaan vaihtelevien pintakerrosten erilainen routiminen.

Katualueilla sekä piha- ja liikennealueilla on suositeltavaa tehdä kaivutason muuttuessa 1:5 siirtymäkiilaus routimattomasta hiekasta tasaamaan painumia ja routanousuja, ks. liite 4.

Rakennekerrokset laatuvaatimuksineen ja tiiveysvaatimuksineen tehdään InfraRYL 2017 osa 1 Väylät ja alueet ja RIL 132-2000 "Talonrakennuksen maarakenteet" mukaisesti.

## 6.7 Kunnallistekniikka

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

Putkijohdot ja rummut perustetaan roudattomaan syvyyteen. Putkijohtojen ja rumpujen alle tehdään putken koosta riippuen asennusalusta 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  $\varnothing \geq 500 \text{ mm}$ . Kaivot perustetaan  $0,5 \text{ m}$  paksun murskearinana avulla pohjamaan varaan. Arinarakenne erotetaan pohjamaasta suodatinkankaalla käyttöluokka N3.

Päällystetyillä ja rakennetuilla alueilla putkijohtojen vierelle ja kaivojen ympärille tehdään 1:5 siirtymäkiilaus routimattomasta hiekasta siirtymäkiilasyvyydestä  $1,9 \text{ m}$  alkaen, ks. liite 3.



## 6.8 Kuivatus

Yleisperiaatteena on, että lämpimien rakennusten 1. kerroksen lattiataso tulee sijaita vähintään 0,3 m lopullisen ympäröivän maanpinnan ja vähintään 0,7 m viereisen kadun pinnan 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).

Kattovedet ohjataan kattovesijärjestelmällä pintavesiviemäriin.

Katu- ja kenttäalueilla, sekä rakennusalueilla alueellinen kuivatus ja tasaus suunnitellaan erikseen.

## 7 Jatkotoimet

Lopullisen perustamistavan, esikuormitustarpeen ja paalupituudet määritetään tonttikohdaisesti tehtävien täydentävien pohjatutkimustulosten perusteella ja valinnan tekee aina ao. hankkeen pohjarakennussuunnittelija.

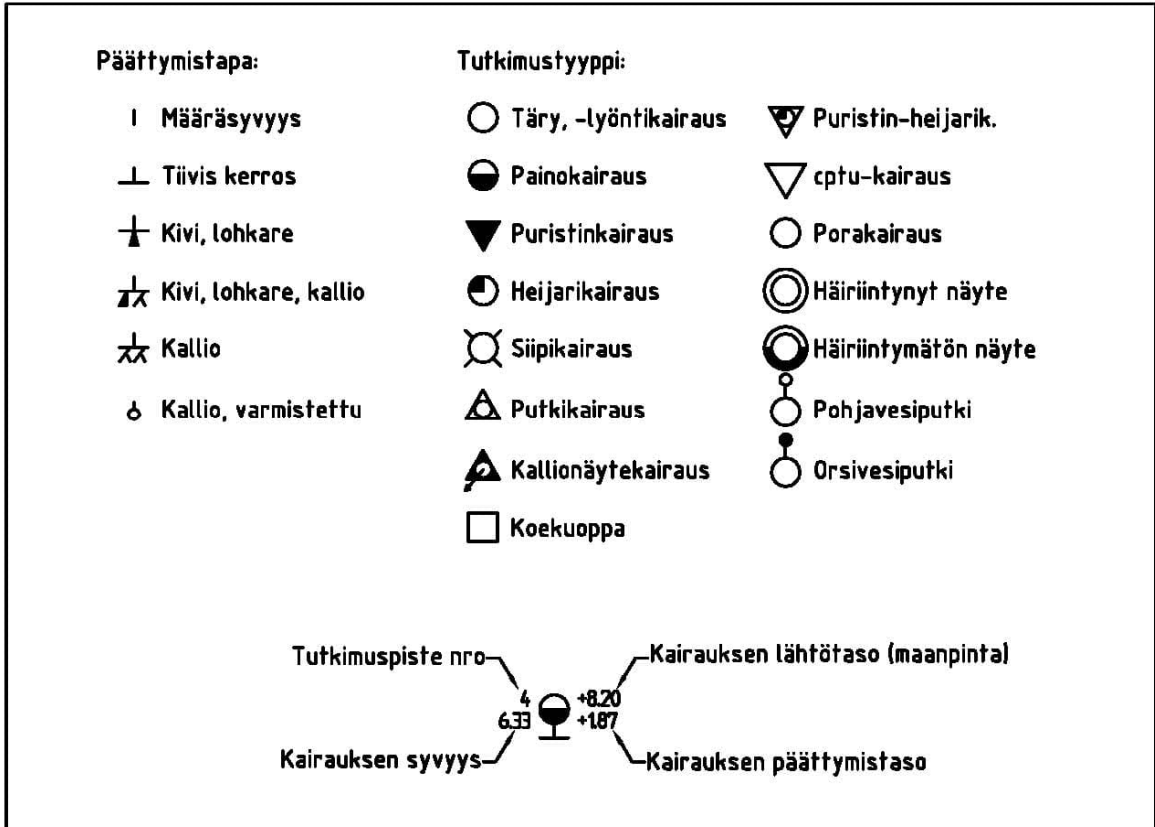
Katualueilla ja piha-alueilla perustaminen ja päällysrakenteet, sekä putkikaivannoissa kaivu-luiskat ja tarvittava tukeminen varmistetaan lisätutkimuksilla ja mitoituskalkemilla rakennussuunnittelun yhteydessä.

Kaivumaiden käsittelyssä ja läjityksessä on otettava huomioon sulfaattimaaselvityksen ohjeet.

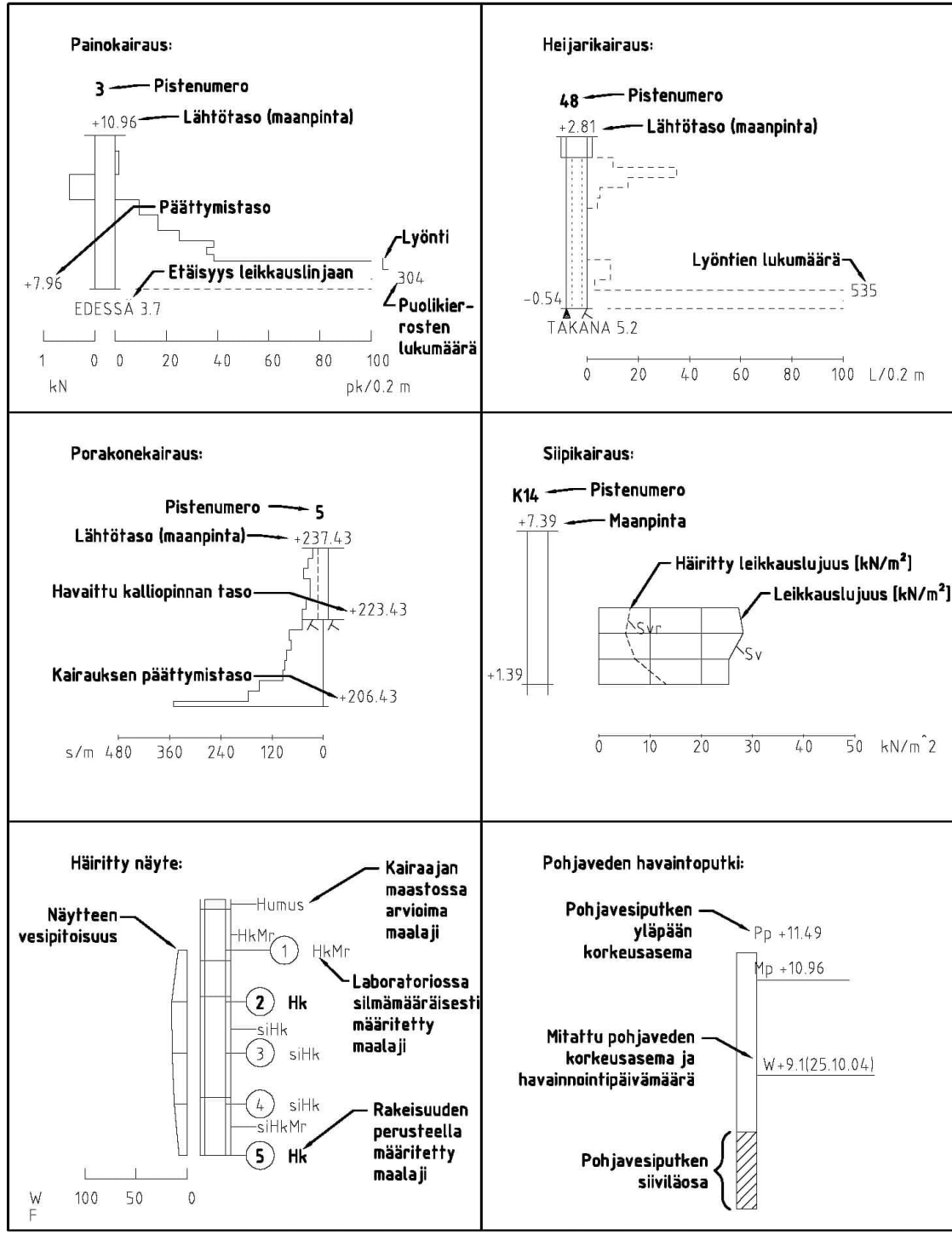
Selvitysalueen itäpuolelle sijoittuvan rautatien aiheuttamia värinätaasoja on selvitetty värinäselvityksessä 1.6.2017 / A-Insinöörit Suunnittelu Oy. Selvityksessä on annettu ohjeistusta alueen kaavoitukselle.

POHJATUTKIMUSMERKINNÄT

POHJATUTKIMUSKARTTA

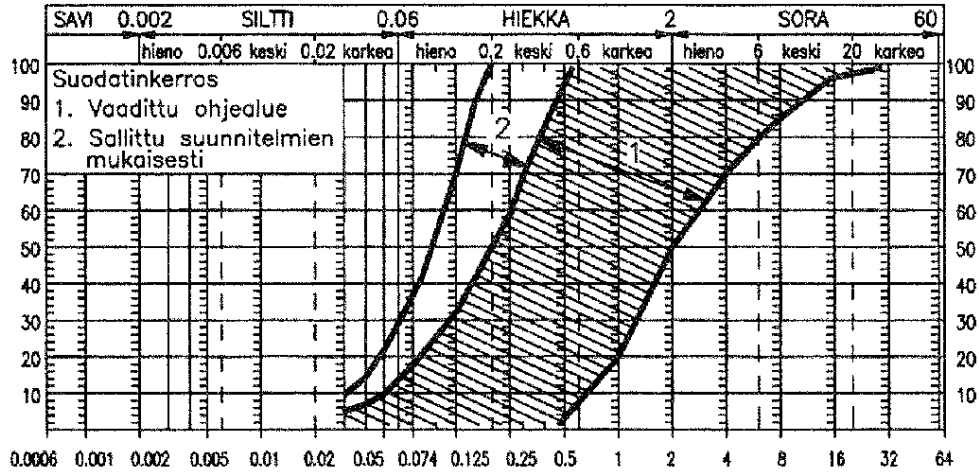


## POHJATUTKIMUSLEIKKAUS

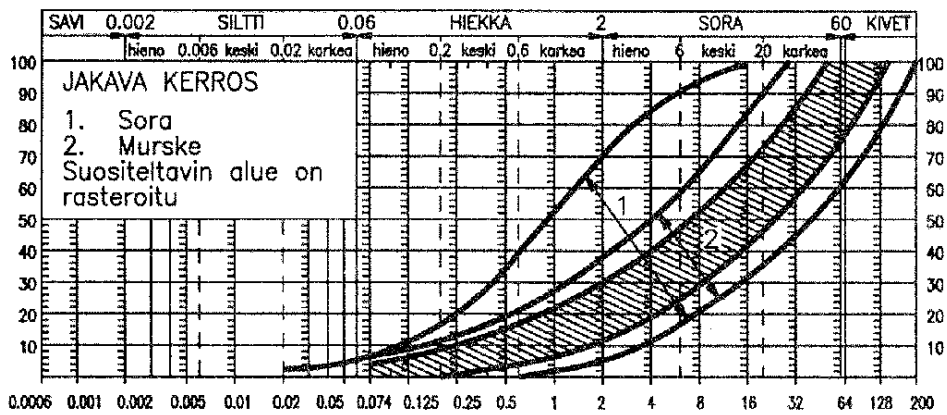




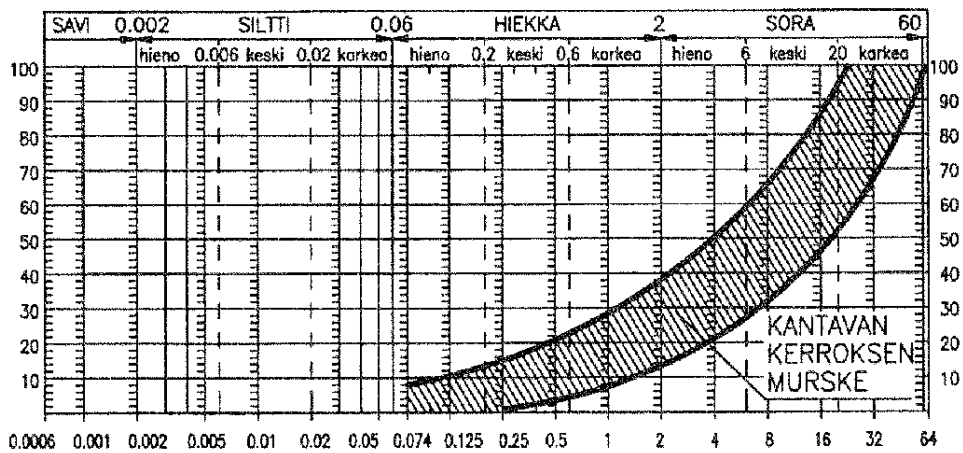
## PIHA- JA LIIKENNEALUEEN PÄÄLLYSRAKENNEKERROSTEN KIVIAINESTEN RAKEISUUDEN OHJEALUEET



Kuva 1. Suodatinkerroksen rakeisuuden ohjealue



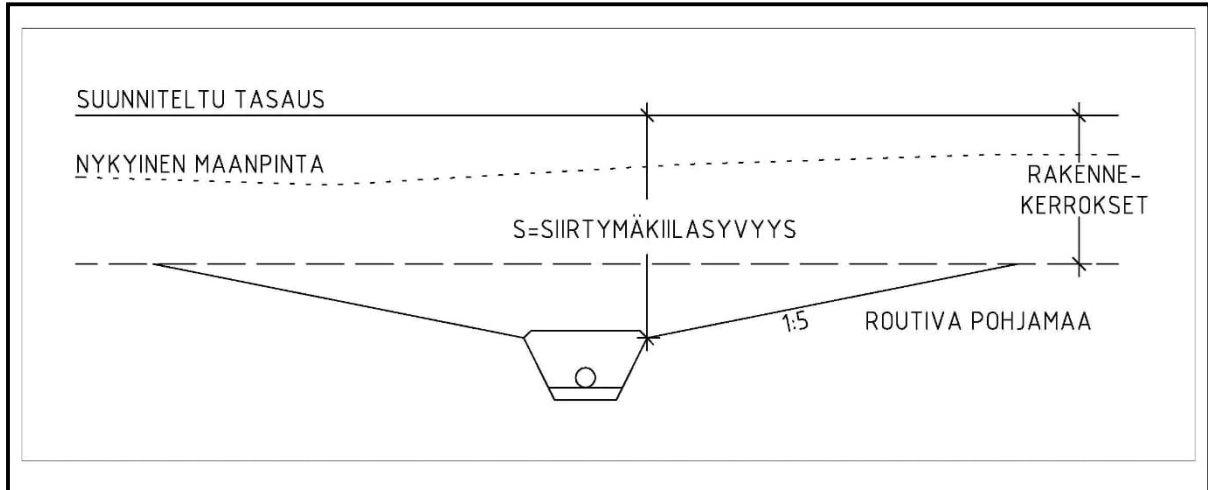
Kuva 2. Jakavan kerroksen rakeisuuden ohjealue



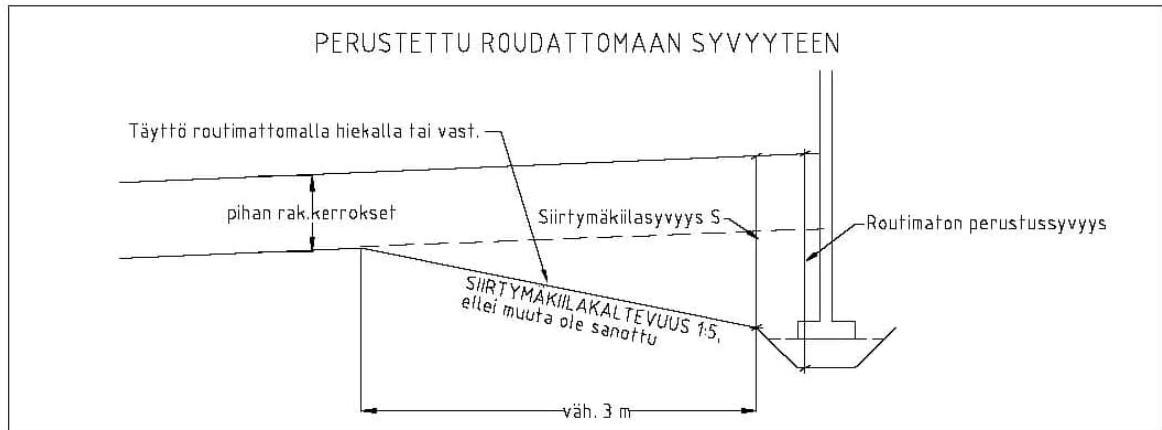
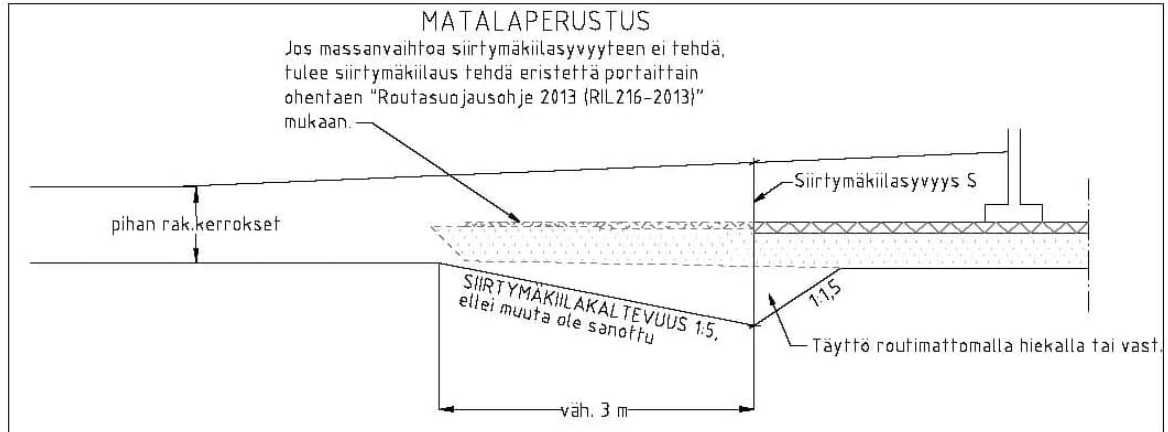
Kuva 3. Kantavan kerroksen rakeisuuden ohjealue



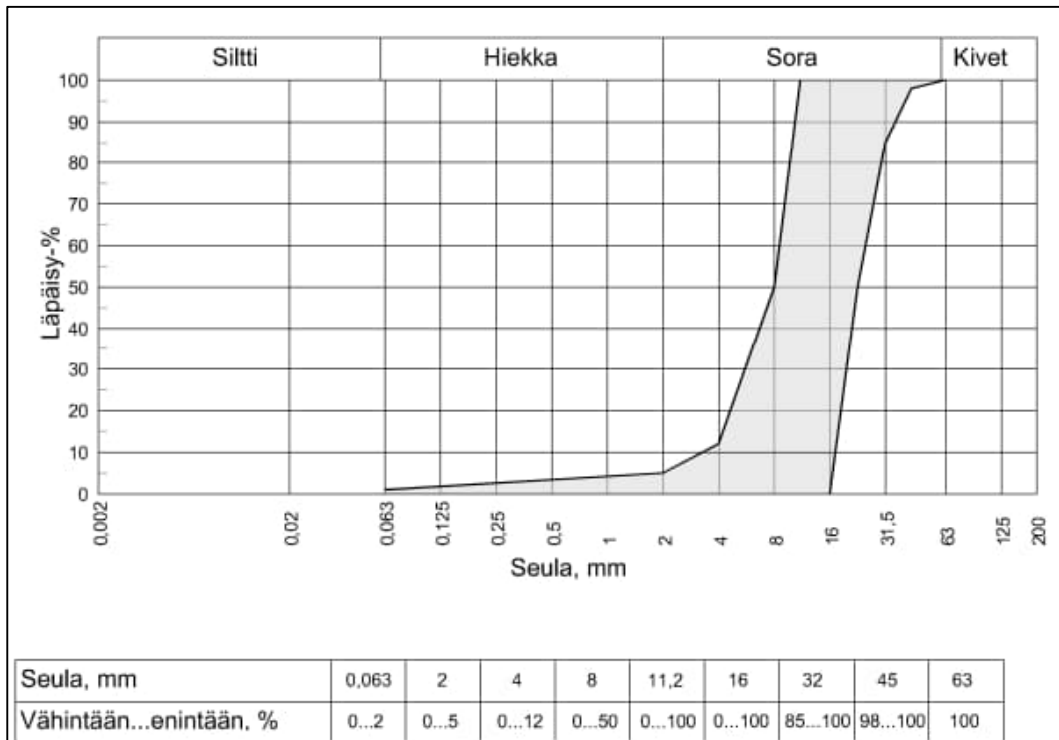
PUTKIKAIVANNON SIIRTYMÄKIILAT



## KYLMÄN RAKENNUKSEN SIIRTYMÄKIILAUUS



## SALAOJASORAN OHJEALUEET/RIL 126-2020, kohta 5.3



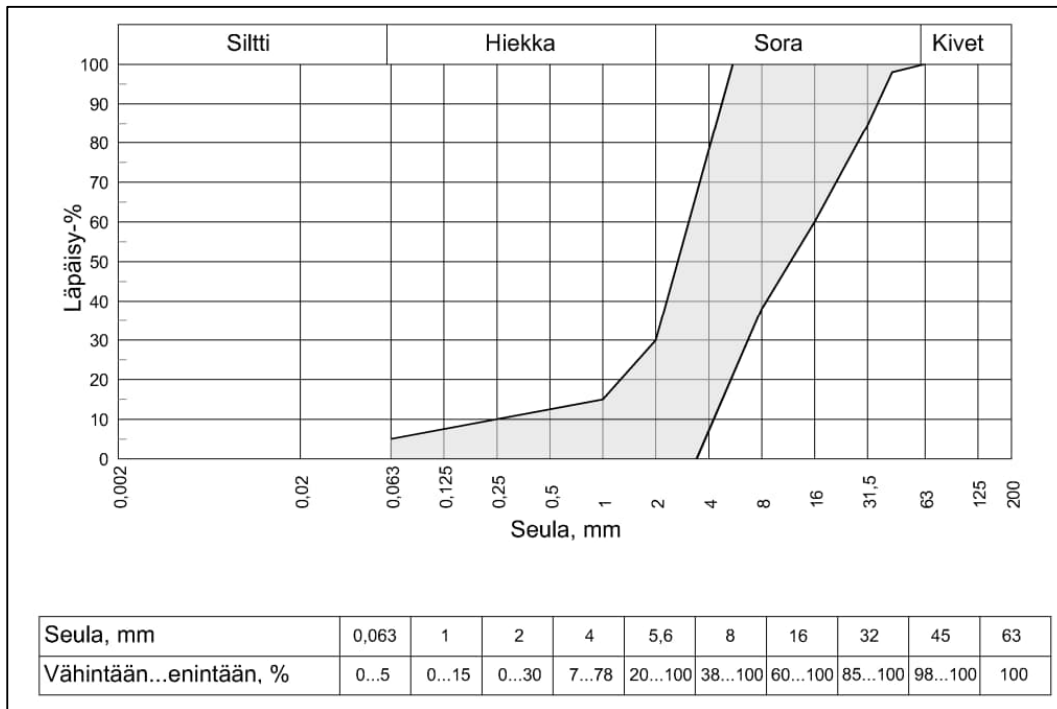
Kuva 5.5a. Salaojituskerroksen rakeisuusvaatimukset, RIL1a (RIL126-2020).

## 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 rinneessä.

Kapillaarikatkokiviainekset ovat kalliosta tai sorasta valmistettuja karkeita kiviaineksia, 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 kapillaarikatkokiviaineksia.

## 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.



**Tutkimusno EUFI05-00015478**  
**Asiakasno YB0001206**  
**101019512/Anu Kivistö-Rahnasto**

**AFRY Finland Oy**  
**Anu Kivistö-Rahnasto**  
**Elektroniikkatie 13**  
**90590 OULU**  
**FINLAND**

**s-posti: anu.kivisto-rahasto@afry.com**

**Tämä tuloste korvaa aiemman, 27/07/2022 päivätyn tulosteen AR-22-YB-023835-01/693-2022-00023943**

**Tilauksen kuvaus korjattu**

**Tilauksen kuvaus**

Kempele, Hakamaa, potentiaalinen hapan sulfaattimaa, maanäytteen NAG-testi, kokonaisriikki, sähkönjohtavuus ja humuspitoisuus

Näyttenumero	693-2022-00023943	693-2022-00023944	693-2022-00023945	693-2022-00023946
Näytteen nimi	NP1 / 4m	NP1 / 3m	NP3 / 5,5-6m	NP5 / 4-4,5m
Näytteen kuvaus	Maaperä	Maaperä	Maaperä	Maaperä
Matriisi	Maaperä	Maaperä	Maaperä	Maaperä
Näytteenottopäivä	29.06.2022	29.06.2022	29.06.2022	29.06.2022
Vastaanottopäivä	30.06.2022	30.06.2022	30.06.2022	30.06.2022
Analysointi aloitettu	30.06.2022	30.06.2022	30.06.2022	30.06.2022
Näytteenottaja	Asiakas / AFRY Finland Oy	Asiakas / AFRY Finland Oy	Asiakas / AFRY Finland Oy	Asiakas / AFRY Finland Oy

Analyysit	Testikoodi	Yksikkö	Tulokset	Tulokset	Tulokset	Tulokset
<b>Fysikaalis-kemialliset tutkimukset</b>						
Hehkutushäviö (550 °C)	YBC11	% ka	3,1	1,5	2,9	1,9
Sähkönjohtavuus	YBC02	mS/m	110	70	46	100
pH (NAG)	YBC29		2,9	3,5	3,4	3,4
NAG (pH 7.0)	YBC29	Kg H2SO4/ton ni	14,6	4,0	5,9	4,2
NAG (pH 4.5)	YBC29	Kg H2SO4/ton ni	10,2	1,9	2,8	1,7
<b>Alkuaineanalyysit</b>						
Rikki (S)	YB0DS	mg/kg ka	7400	2200	3300	3500
Mikroaaltohajotus *	YBE30		tehty	tehty	tehty	tehty
<b>Erikoisanalyysi</b>						
Erikoisanalyysi	YBXXX		2,84	3,21	3,08	3,13

\*Menetelmä on akkreditoitu.



## ALLEKIRJOITUS

29.07.2022



Tomi Nevanperä Kemisti

TomiNevanpera@eurofins.fi +358 44 5885268

Tutkimustodistus on sähköisesti hyväksytty.


**Menetelmätiedot**

Testikoodi	Parametrin nimi	Menetelmän mittausepävarmuus	Menetelmän määrittäjä	Akkreditoitu	Menetelmä	Laboratorio
<b>Fysikaalis-kemialliset tutkimukset</b>						
YBC11	Hehkutushäviö (550 °C)	<4:±0.2%yks.ka >4:±5%	0,2	Ei	SFS-EN 15169:2007	YB
YBC02	Sähkönjohtavuus	<5:±1mS/m >5:±20%	1	Ei	ISO 10390:2005	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>Alkuaineanalyysit</b>						
YB0DS	Rikki (S)	<250:±35mg/kgka >250:±14%	50	Ei	SFS-EN ISO 11885:2009; EPA 3051A	YB
YBE30	Mikroaaltohajotus			Kyllä	EPA 3051A	YB
<b>Erikoisanalyysi</b>						
YBXXX	Erikoisanalyysi			Ei		YB

**Laboratorio**

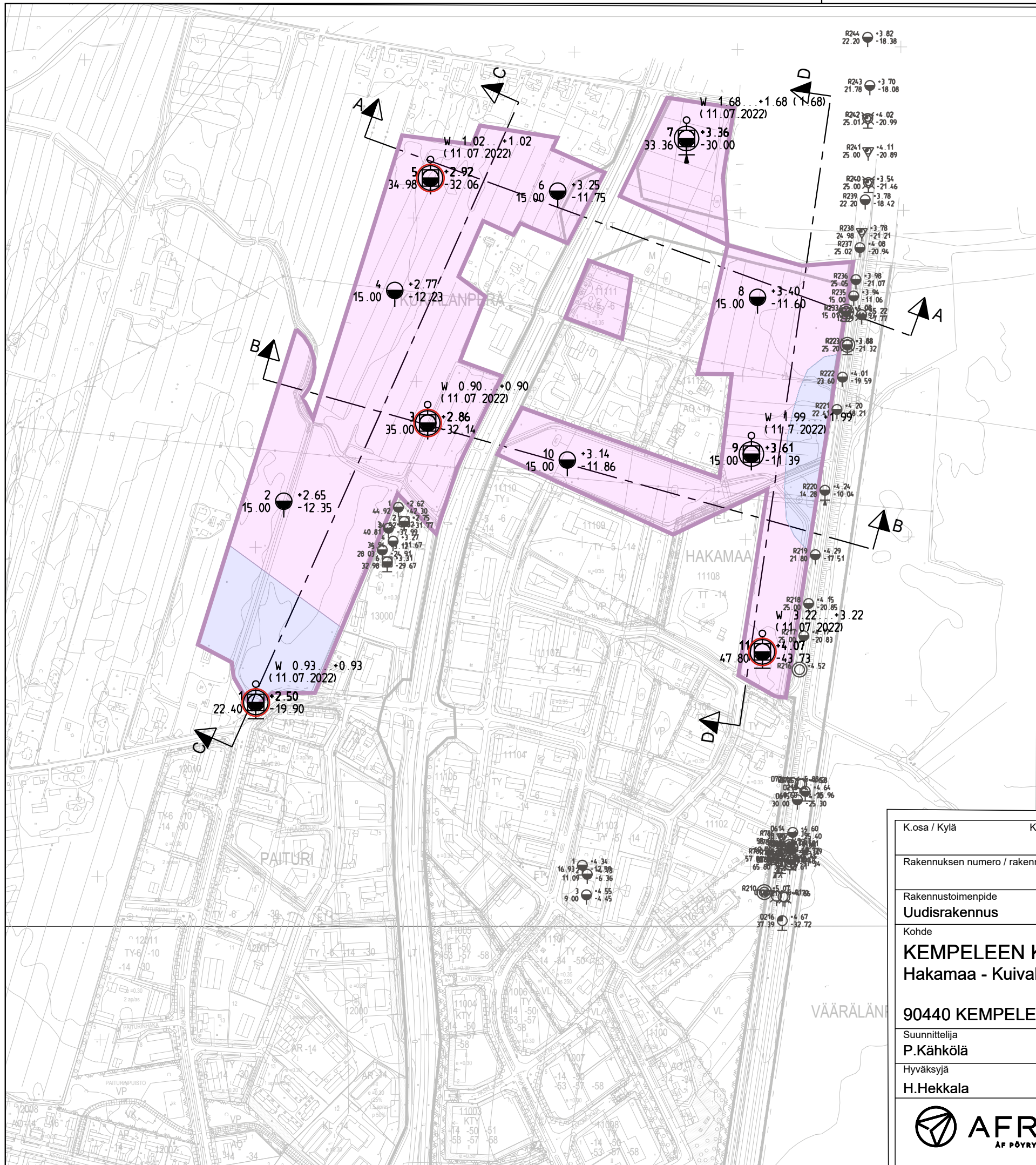
YB	Eurofins Ahma - Oulu	SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 FINAS T131
----	----------------------	--------------------------------------

Jakelu : ymparisto.oulu@afry.com

**Huomautukset**


Tutkimustodistuksen osittainen kopioiminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain vastaanotettua ja tutkittua näytettä.





1	Helposti rakennettava	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kantavat kittamaa ja moreenialueet, joilla lohkareita ja kalliota vähän</li> <li>- Maanpinnan kaltevuus alle 5 %</li> <li>- Helposti kaivettava</li> <li>- Perustamistapa: anturat, maanvarainen laatta</li> </ul>
2	Normaalisti rakennettava	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suhteellisen loivapiirteiset kalliotalueet</li> <li>- Vaihtelevat moreenimaastot, jossa kalliota ja lohkareita sekä vähäisiä soistuneita painanteita</li> <li>- Siitti ja savialueet, joilla kantava maakerros enintään 2,5 m syvyydessä</li> <li>- Maanpinnan kaltevuus 5-15 %</li> <li>- Normaalisti kuivatettava</li> <li>- Perustamistapa: anturat, maanvarainen laatta</li> <li>- Siitti- ja kuiva-alueet, joilla kevyiden rakenteiden perustaminen kuivakuorikerroksen varaan</li> </ul>
3	Vaikeasti rakennettava	<p>a)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Siitti-, savi ja soistuneet alueet, jolla kantava maakerros 2,5-4,5 m syvyydessä</li> <li>- Vaikeasti rakennettava</li> <li>- Perustamistapa: pilari- ja anturaperustus tai lyhyet paalut</li> </ul> <p>b)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Jyrkkipiirteiset kalliomaastot ja louhikko, maanpinnan kaltevuus 15-30 %</li> </ul>
4	Paalutusta edeltävät alueet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Laaksomaiset savialueet, joilla kantava maakerros 4,5...13 m syvyydessä</li> <li>- Perustamistapa: paaluperustus</li> </ul>
5	Erittäin vaikeasti rakennettavat alueet	<p>a)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Savialueet, joilla kantava maakerros 13...25 m syvyydessä</li> <li>- Perustamistapa: paaluperustus</li> </ul> <p>b)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kallio- ja moreenialueet, joilla maanpinnan kaltevuus on yli 30 %</li> </ul>
6	Erittäin heikosti rakentamiseen soveltuvat alueet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vesialueet ja alavat pehmeät ranta-alueet sekä savialueet, joilla kantava maakerros yli 25 m syvyydessä</li> </ul>

- Rakennettavuusluokka 5
- Rakennettavuusluokka 6
- Potentiaalinen hapan sulfaattimaa
- Ei hapan sulfaattimaata

K.osa / Kylä	Kortteli / Tila	Tontti / Rno.	Viranomaisten merkintöjä	Rakennustunnus
Rakennuksen numero / rakennus				
Rakennustoimenpide <b>Uudisrakennus</b>			Piirustustyyppi <b>Pohjatutkimus</b>	Juoks. no.
Kohde <b>KEMPELEEN KUNTA Hakamaa - Kuivalanperä</b>			Piirustuksen sisältö <b>Pohjatutkimuskartta</b>	Mittakaavat <b>1:5000</b>
<b>90440 KEMPELE</b>				
Suunnittelija <b>P.Kähkölä</b>	Tarkastaja <b>H.Hekkala</b>	Päiväys <b>31.8.2022</b>	Tasokoordinaatio / Korkeusjärjestelmä <b>ETRS-GK26 / N2000</b>	
Hyväksyjä <b>H.Hekkala</b>			Työnumero <b>101019512</b>	Lehti
		AFRY Finland Oy Elektroniikkatie 13 90590 OULU Puh. 010 3311 etunimi.sukunimi@afry.com	Suunn.ala <b>GEO 1</b>	Piirustusnumero <b>1</b>