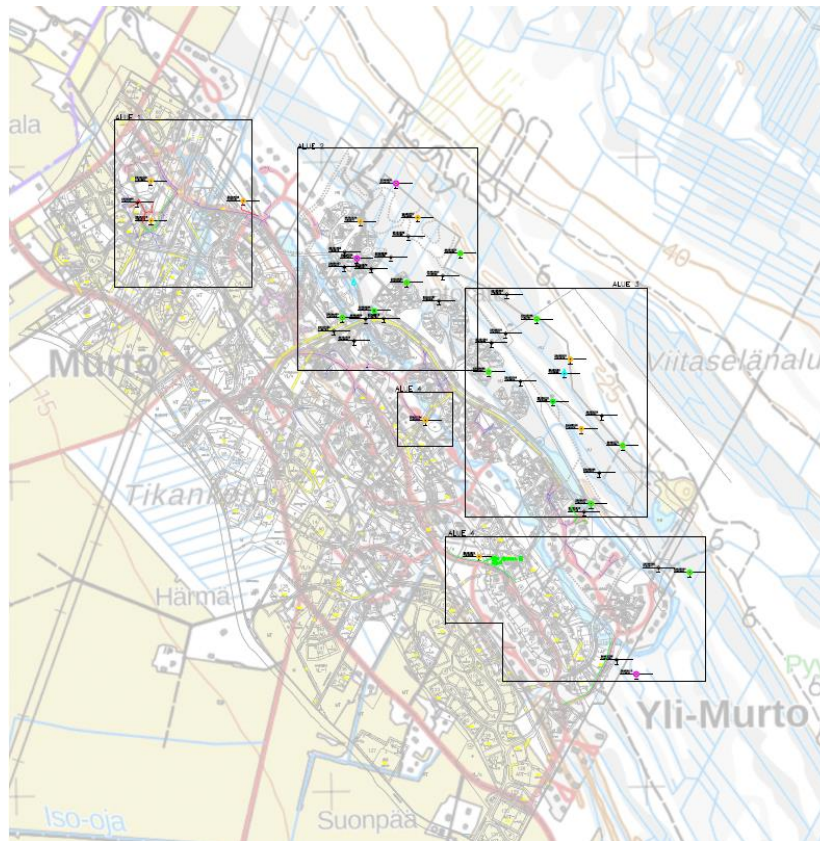


SULFAATTIMAASELVITYS

Tyrnävän kunta

Murron asemakaava-alueen laajennus



SISÄLLYSLUETTELO

1 TOIMEKSIANTO JA TUTKIMUSKOHDE.....	3
1.1 Tehdyt tutkimukset.....	3
1.2 Tutkimusalueen maasto- ja ympäristöolosuhteet	3
1.3 Pohjasuhteet.....	4
1.4 Maaperän pilaantuneisuus	4
2 SULFAATTIMAAT JA POTENTIAALISET SULFAATTIMAAT	4
3 SULFAATTIMAIDEN TUTKIMINEN JA LUOKITTELU	5
3.1 In situ tutkimukset	5
3.2 Laboratoriotutkimukset	6
3.3 Suomalainen riskiluokittelu.....	7
3.4 Tunnistus hankkeen asettamat raja-arvot	8
4 MURRON ASEMAKAAVA-ALUEEN TUTKIMUSOHJELMA	8
4.1 In situ tutkimukset	8
4.2 Laboratoriokokeet.....	8
5 TULOKSET JA TULOSTEN TULKINTA	10
5.1 Tulokset	10
5.2 Tulosten tulkinta.....	13
6 TOIMENPITEET JA SUOSITUKSET	15
6.1 Täydennysrakentaminen.....	15
6.2 Uusi asemakaava alue.....	16
6.3 Katualueet ja kunnallistekniikka	19

Liitteet:

- Liite 1 Pohjatutkimuskartta
- Liite 2 Koekuoppakortit KO1...KO19
- Liite 3 Laboratoriotutkimuslomakkeet

MAVEPLAN OY

Oulun toimisto, Kiilakiventie 1, 90250 Oulu,
puh. (08) 534 9400, faksi (08) 373 307

Kuopion toimisto, PL 1096 (Minna Canthin katu 25),
70111 Kuopio, puh.(017) 288 8130, faksi (017) 288 8131
www.maveplan.fi

SULFAATTIMAASELVITYS

1 TOIMEKSIANTO JA TUTKIMUSKOHDE

Tyrnävän kunnan toimeksiannosta on Maveplan Oy tehnyt pohjatutkimukset ja sulfaattimaaselvityksen Tyrnävän murron asemakaava-alueelle. Alueen koko on noin 250 ha. Pohjatutkimukset tehtiin lokakuussa 2020.

Tutkimusten tavoitteena oli selvittää alueen maaperäolosuhteet rakennussuunnittelua ja kehittämistä varten. Murron asemakaava-alue on osin rakennettu ja osin laajennettava. Alueelle on suunniteltu uusia pientaloalueita sekä täydennysrakentamista.

Suunnitelmassa käytetty korkojärjestelmä on N2000+.

1.1 Tehdyt tutkimukset

Maastotutkimukset teki Tuomo Sarajärvi.

Maastotutkimuksissa noudatettiin FCG Oy:n 13.8.2020 laatimaa ”Murto, asemakaava-alueen maaperätutkimukset” -tutkimussuunnitelmaa. Alueelle tehtiin yhteensä 19 kpl koekuoppia. Koekuoppien sijainnit on esitetty tutkimuskartalla (liite 1) ja maastotutkimusten aikaiset tutkimuspistetulkinnat koekuoppakorteissa (liite 2). Koekuopat kaivettiin määräsyvyyteen 5 m.

Tutkimuksina kohteessa on tehty:

- Koekuoppa Auger näytteenottimella 19 pisteessä
- Maalajien silmämääräinen tunnistus
- Maakerrosten in situ pH:n tutkiminen 1 m välein (yhteensä 95 kpl)
- Maakerrosten happamoitumisen tutkiminen in situ -menetelmin 60 % näytteistä/varmennuslaboratoriossa (yhteensä 57 kpl)
- Happamoitumisominaisuuksien laborioriotutkimukset 40 % näytteistä (yhteensä 38 kpl)
- Täydentävät laborioriotutkimukset in situ -näytteille (10 kpl)
- Pohjavesipinnan silmämääräinen arvio

1.2 Tutkimusalueen maasto- ja ympäristöolosuhteet

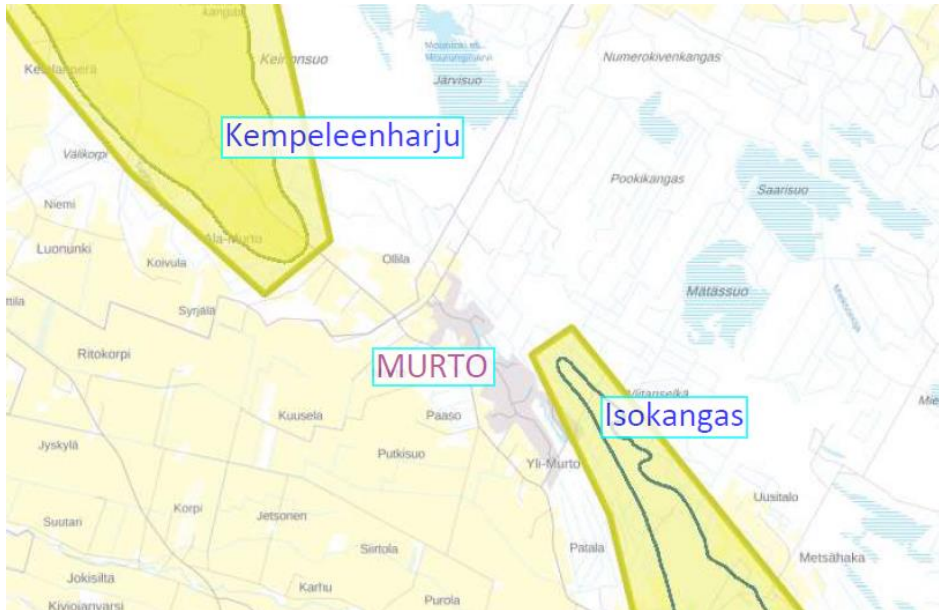
Tutkittu alue on alueen kaakkois- ja länsipuolella asuin- ja puistoaluetta. Pohjois- ja koillisosassa alue on rakentamatonta metsästä ja ojitettua suota.

Lähin pohjavesialue, Isokankaan pohjavesialue, alkaa tutkimusalueen koillislaidalla. Toinen pohjavesialue, Kempeleenharju alkaa alueesta noin 1,5 km luoteeseen (kuva 1).

MAVEPLAN OY

Oulun toimisto, Kiilakiventie 1, 90250 Oulu,
puh. (08) 534 9400, faksi (08) 373 307

Kuopion toimisto, PL 1096 (Minna Canthin katu 25),
70111 Kuopio, puh.(017) 288 8130, faksi (017) 288 8131
www.maveplan.fi



Kuva 1. Murren asemakaava-alue, pohjavesialuekartta (SYKE, avoimet aineistot, 2020)

1.3 Pohjasuhteet

Alueen maaperä on savista silttiä, silttiä sekä hiekkää. Turvetta esiintyy noin 0,5...1,0 metrin kerroksina alueittain. Kerrospaksuudet ja tiiviys vaihtelevat paikallisesti. Pohjasuhteet on esitetty yksityiskohtaisemmin joulukuussa 2020 alueelle tehdyssä rakennettavuusselvityksessä sekä liitteenä olevissa koekuoppakorteissa.

1.4 Maaperän pilaantuneisuus

Tutkitulla alueella ei tietojemme mukaan ole tehty pilaantuneisuusselvitystä. Pilaantumistutkimuksia ei tehty mutta silmämääräisten havaintojen perusteella alueella ei havaittu mitään pilaantumiseen viittaavaa.

2 SULFAATTIMAAT JA POTENTIAALISET SULFAATTIMAAT

Tässä selvityksessä kirjallisuuslähteenä on käytetty Liikenneviraston ohjeita ja selvityksiä, ”Happamat sulfaattimaat rannikon vesistöjen valuma-alueilla” ja ”Acidification properties of sulphide soil - a classification system based on leaching tests” – artikkeleita sekä Tunnistus -hankkeen aineistoa.

Sulfaattimaat voidaan jaotella todellisiin tai potentiaalsiin sulfaattimaihin. Todellisia sulfaattimaita esiintyy pohjavesipinnan yläpuolella, jossa ne ovat olleet hapen kanssa tekemisissä. Näissä rikki esiintyy hapettuneessa muodossa (SO_4^{2-}) ja maan pH on hapan (yleensä $\text{pH} < 4$). (Kerko, E&al, 2014) Sulfaattimaa voi olla myös niin sanottu pseudosulfaattimaa, joka ei täytä sulfaattimaan happamuusvaatimuksia, mutta voi olla silti ympäristölle haitallista liuottaen muita metalleja (Becher. M&Al 2018).

Potentiaaliset sulfaattimaat esiintyvät hapettomissa olosuhteissa (eli pohjavesipinnan alapuolella). Täällä rikki ei ole vielä hapettunut vaan esiintyy S^- muodossa, jolloin maan pH on neutraali. Potentiaaliset sulfaattimaat tunnistetaan usein tummasta väristä sekä rikin hajusta. (Kerko, E & al 2014) Toisaalta tumma väri ei kuitenkaan aina tarkoita korkeaa rikkipitoisuutta. Rikki voi esiintyä maassa myös mineraaleina, joissa ei ole tunnistettavaa tummaa väriä tai rikin hajua. (Becher. M&Al 2018). Sulfidimaan varmentaminen onnistuu vain laboratoriomäärittäyksin.

MAVEPLAN OY

Oulun toimisto, Kiilakiventie 1, 90250 Oulu,
puh. (08) 534 9400, faksi (08) 373 307

Kuopion toimisto, PL 1096 (Minna Canthin katu 25),
70111 Kuopio, puh.(017) 288 8130, faksi (017) 288 8131
www.maveplan.fi

Sulfaattimaat voivat aiheuttaa happamia valumia. Riski kasvaa esimerkiksi rakennushankkeiden aikana, jolloin pohjavesipintaa lasketaan. Myös peltojen ojitus ja peruskuivatus voivat aiheuttaa happamia valumia. Valumat kuormittavat ympäristöä ja aiheuttavat uhkaa eliöille. (Becher. M&AI 2018).

Sulfaattimaiden tuottamat happamat olosuhteet kuormittavat myös maahan tulevia rakenteita. Sulfaattimaat lisäävät maan korroosio-ominaisuuksia ja näin vähentävät rakenteiden käyttöikä. (Liikennevirasto, 2017)

3 SULFAATTIMAI DEN TUTKIMINEN JA LUOKITTELU

Sulfaattimaiden tunnistamiseen on kehitetty useita menetelmiä sekä maasto että laboratorio-olosuhteissa. Käytettyjä menetelmiä on useita ja ne vaihtelevat eri maissa. Alla on esitetty taustaa tässä tutkimuksessa tehdyille tutkimuksille.

3.1 In situ tutkimukset

Sulfidimaata voidaan arvioida silmämääräisesti kenttätutkimuksien avulla. Happamasta maasta indikoi tumma väri sekä rikin haju. Sulfidin todennäköisyyttä voidaan arvioida aistinvaraisesti lisäämällä maanäytteeseen suolahappoa, jolloin rikin haju erottuu selvemmin. (Liikennevirasto, 2017)

Maaperän vedestä voidaan mitata redox- eli pelkistymispotentiaalia, jolla voi arvioida mikrobiologisen toiminnan todennäköisyyttä (Liikennevirasto, 2017).

Maastossa sulfaattimaan tunnistamiseen käytettävä menetelmä ovat kenttä -pH:n mittaus, jolla voidaan arvioida alustavasti todellisia ja potentiaalisia sulfaattimaita. Toinen tunnistamiseen käytetty menetelmä on kenttäolosuhteissa suoritettava vetyperoksidihapetus. (Nystrand, 2020)

Potentiaalisille sulfaattimaille voidaan tehdä lisäksi riskiarvio sulfaattiin ja johtokykyyn ja/tai asiditeettimäärityksen perusteella (Nystrand, 2020).

In situ pH

In situ pH on kenttäolosuhteissa suoritettava maan suora pH-mittaus, jolla voidaan arvioida alustavasti todellisia ja potentiaalisia sulfaattimaita. Mineraalimaan pH:n ollessa alle 4 maa voidaan luokitella todelliseksi happamaksi sulfaattimaaksi, pseudosulfaattimaassa pH voi olla 4...4,5 (Boman, 2021).

In situ hapetus

Potentiaalisen happaman sulfaattimaan todennäköisyyttä voidaan todentaa myös maastossa tehtävällä vetyperoksidihapetuksella. Menetelmässä maanäytteeseen lisätään voimakasta hapetinta (30 % vetyperoksidi), jonka annetaan reagoida maanäytteen kanssa. Kun näyte on hapettunut, sen pH mitataan uudelleen. Vetyperoksidilla hapetetun näytteen pH:n ollessa alle 3 maa on todennäköisesti potentiaalinen hapan sulfaattimaa, näytteen pH: ollessa alle 2,5 näyte on hyvin todennäköisesti potentiaalinen hapan sulfaattimaa. Jos näyte sisältää paljon orgaanista ainesta, voi tämä antaa virheellisen tuloksen alentamalla pH:ta. (Österholm, 2020)

MAVEPLAN OY

Oulun toimisto, Kiilakiventie 1, 90250 Oulu,
puh. (08) 534 9400, faksi (08) 373 307

Kuopion toimisto, PL 1096 (Minna Canthin katu 25),
70111 Kuopio, puh.(017) 288 8130, faksi (017) 288 8131
www.maveplan.fi

3.2 Laboratoriotutkimukset

Laboratoriossa potentiaalista happamista sulfaattimaista voidaan tutkia sen hapettumisen jälkeistä happamuutta, hapontuottokykyä sekä maalajin puskuroimispotentiaalia.

Mineraalimaalaji

Maan rakeisuus kertoo sulfaattimaan mahdollisuudesta. Sulfaattimaa on useimmiten hienorakeista, silttiä tai savea. Myös hiekka voi kuitenkin olla sulfaattimaata. Maalaji asettaa eri raja-arvot esimerkiksi rikkipitoisuudelle. Tieto maassa olevan orgaanisen aineen määrästä vaikuttaa maan happamoitumisominaisuuksiin. Orgaanisella aineella on suurina pitoisuuksina happamoimista puskuroiva vaikutus. Orgaanisen aineen määrää voidaan tutkia määrittämällä hehikutushäviö.

Maalajin happamuus

Inkubaatiota voidaan käyttää sulfaattimaiden tunnistamiseen. Tässä kokeessa potentiaalista sulfaattimaata hapetetaan sykleissä ja pH:n muutosta seurataan. Sen tuloksena saadaan pH, jonka maalaji saavuttaa hapettuessaan luonnollisissa olosuhteissa. Inkubaatiokoe on kuitenkin hidas, mittaus voi kestää 10...19 viikkoa. Kokeessa raja-arvona on pH 4, jonka alle asettava pH on merkki happamasta sulfaattimaasta. Menetelmällä ei suoraan voida arvioida paljonko maa muodostaa happoa.

NAG-pH mittaus on nopeampi tapa arvioida kuinka paljon maa voi tuottaa rikkihappoa äärimmäisen hapettavissa olosuhteissa. Näyte hapetetaan noin 15 % vetyperoksidilla, jonka jälkeen pH mitataan. Koska laboratorio-olosuhteissa hapetukseen käytettävä vetyperoksidi ei vastaa maastossa käytetyn vetyperoksidin vahvuutta, maastossa käytetyt raja-arvot (pH <3,0 ja <2,5) eivät ole suoraan verrattavissa tämän kokeen tulokseen. Riskiarviossa käytetään pH:ta 4,5 (Taulukko 1).

Happamoitumispotentiaali-asiditeetti

Yleisin maalajin hapontuottokykyä arvioiva mittaus suoritetaan titraamalla NAG-pH (vetyperoksidihapetuksella) happamoitunut näyte emäksellä (NaOH) takaisin pH-arvoon 4,5 ja 7. Titraustuloksesta lasketaan muodostuvan rikkihapon määrä. pH arvossa 4,5 neutraloituneen happamuuden voidaan ajatella olevan happojen aiheuttamaa. pH alueella 4,5...7 kyse on metallisista ioneista. (Ramboll, 2018; alkuperäinen lähde AMIRA international, 2002; GTK, 2015) Menetelmä ei huomioi maan omaa puskurointipotentiaalia. Taulukossa 1 on esitetty raja-arvot NAG-pH kokeen tuloksista.

Taulukko 1. NAG-pH ja hapontuottopotentiaali (Ramboll, 2018; alkuperäinen aineisto AMIRA International, 2002; GTK, 2015)

NAG-pH	NAG (pH 4,5)	MÄÄRE
	[kg H ₂ SO ₄ /tonni]	
4.5	0	Ei happoa tuottava
< 4.5	0..5	Potentiaalisesti happoa tuottava, alhainen kapasiteetti
< 4.5	> 5	Potentiaalisesti happoa tuottava

MAVEPLAN OY

Oulun toimisto, Kiilakiventie 1, 90250 Oulu,
puh. (08) 534 9400, faksi (08) 373 307

Kuopion toimisto, PL 1096 (Minna Canthin katu 25),
70111 Kuopio, puh.(017) 288 8130, faksi (017) 288 8131
www.maveplan.fi

Happamoitumispotentiaali-rikkipitoisuus

Kokonaisrikki ottaa huomioon maassa kaikissa muodoissa esiintyvän rikin. Se on yksi mitattava arvo suomalaisessa riskiluokittelussa. Maaperässä esiintyvä rikki voi esiintyä myös yhdisteissä, josta eivät happamoita maaperää (Österholm, 2020). Tunnistushankkeessa on alustavasti esitetty sulfaattimaalle suuntaa antavat raja-arvot; hienoainesmaa; toimenpiderajan raja-arvo 0,08 % (ominaisuuksia tutkittava) ja riskiraja 0,2 % (todennäköisesti sulfaattimaa), karkeamaa; toimenpiderajan raja-arvo 0,03 % (ominaisuuksia tutkittava) ja riskiraja 0,06 % (todennäköisesti sulfaattimaa).

Sulfaatti kertoo hapettuneen rikin määrän maassa. Sulfaattipitoisuus on yksi parametri maan korroosio-ominaisuuksien sekä ympäristöarvostusluokkien arvioinnissa. Sulfaattipitoisuuden ja johtoluvun kasvaminen hapetetussa näytteessä kertoo hapettuvasta sulfaatista maaperässä (Österholm, 2020). Esimerkiksi maan korroosio-ominaisuuksia määritettäessä raja-arvona sulfaatille pidetään (SO_4^{2-}) 500 mg/kg. (Liikennevirasto, 2017)

3.3 Suomalainen riskiluokittelu

Suomessa sulfaattimaiden aiheuttamaa riskiä voidaan arvioida sulfidikerroksen alkamissyvyyden, in-situ pH:n ja kokonaisrikkipitoisuuden perusteella. Näiden avulla maat jaetaan riskiluokkiin. Riskiluokille ei ole olemassa suoria toimenpidesuosituksia. Suositukset, etenkin rikkipitoisuus, vastaa parhaiten hienoainespitoisen maan ominaisuuksia. (Kerko,E & al 2014) Tässä tutkimuksessa esiintyi sekä karkeitakin että hienoja maalajeja ja siksi suomalaista riskiarvioita ei ole tehty. Kriteerit on esitetty taulukoissa 2...4.

Taulukko 2. Suomalainen riskiluokittelu, sulfidin esiintyminen (Kerko,E & al 2014)

Luokka	Sulfidin alkamissyvyys (m)
1	0-1,0
2	1,0-1,5
3	1,5-2,0
4	2,0-3,0
5	sulfidi kokonaan hapettunut
6	ei sulfidia 0-3 m syvyydellä

Taulukko 3. Suomalainen riskiluokittelu, in situ pH: minimi (Kerko,E & al 2014)

Lisämääre	Minimi pH (syvyydellä 0-3 m)
A	< 3,5
B	3,5- 3,9
C	4,0- 4,4
D	≥ 4,5

Taulukko 4. Suomalainen riskiluokittelu, rikkipitoisuus (Kerko,E & al 2014)

Lisämääre	Kokonaisrikkipitoisuus (%)
I	$S \text{ (tot)} \geq 1$
II	$0,6 \leq S \text{ (tot)} < 1$
III	$0,2 \leq S \text{ (tot)} < 0,6$
IV	$S \text{ (tot)} < 0,2$

MAVEPLAN OY

Oulun toimisto, Kiilakiventie 1, 90250 Oulu,
puh. (08) 534 9400, faksi (08) 373 307

Kuopion toimisto, PL 1096 (Minna Canthin katu 25),
70111 Kuopio, puh.(017) 288 8130, faksi (017) 288 8131
www.maveplan.fi

3.4 Tunnistus hankkeen asettamat raja-arvot

Tunnistus hankkeessa on määritetty in situ pH:lle raja-arvot, joiden perusteella maa voidaan määrittää todelliseksi sulfaattimaaksi: mineraalimaalle tämä arvo on pH <4 ja turvemaalle pH <3 (Nystrand, 2020)

Vetyperoksidilla hapetetun näytteen pH:n ollessa alle 3 maa on todennäköisesti potentiaalinen sulfaattimaa, näytteen pH: ollessa alle 2,5 näyte on hyvin todennäköisesti potentiaalinen sulfaattimaa. Maastonäytteen pH:n ollessa välillä 2,5...5,5 näytteen hapettumispotentiaalia tutkitaan lisätutkimuksin. (Maastodemonstraatio, 2020)

Maastossa potentiaaliselle sulfaattimaan riskiä voi arvioida sulfaattimäärityksellä tai asiditeetin määrittämisellä titraamalla. Sulfaattipitoisuudelle tai johtoluvulle ei ole annettu suoraa raja-arvoa. Määritetyt asiditeetin raja-arvot on esitetty taulukossa 5. (Maastodemonstraatio, 2020)

Taulukko 5. Tunnistushankkeessa esitetyt raja-arvot asiditeettipotentiaalille (Tunnistus-hanke)

NAOH (0.01 M)	PH	MÄÄRE
2 ml	≥ 6.5	matala asiditeettipotentiaali
10 ml	> 6.5	kohtalainen asiditeettipotentiaali
10 ml	≤6.5	suuri asiditeettipotentiaali

4 MURRON ASEMAKAAVA-ALUEEN TUTKIMUSOHJELMA

Murron asemakaava-alueella tutkittiin yhteensä 19 tutkimuspistettä. Jokaisesta tutkimuspisteestä määritettiin maastossa happamoitumisominaisuuksia metrin välein (1...5 metriä). Tutkimukset tehtiin pohjamaasta, pinnassa olevaa kunta- ja turvekerrosta ei tutkittu.

4.1 In situ tutkimukset

Tässä tutkimuskohteessa potentiaalisten sulfaattimaiden tunnistaminen tehtiin kenttäolosuhteissa. Kenttäolosuhteissa kaikille näytteille tehtiin silmämääräinen arvio sekä pH:n mittaus, joiden perusteella näyte lähetettiin joko laboratoriotutkimuksiin tai sille tehtiin hapetus kenttäolosuhteissa.

Hapetus kenttäolosuhteissa suoritettiin 30 % vetyperoksidilla, jonka annettiin vaikuttaa näytteessä noin 8...12 h. Tämä oli aika, jolloin näytteen reagointi vetyperoksidin kanssa oli laantunut. Hapetuksen jälkeen näytteestä mitattiin pH uudelleen.

Jos pH oli alle 2,5 on kyse todennäköisesti happamasta sulfaattimaasta. Jos pH oli alle 5,5 näytteelle tehtiin laboratoriossa, edustavista maakerroksista myös sulfaattipitoisuus ja johtoluku. Näytteet jatkotutkimuksiin valittiin siten että, jokaisesta maakerroksesta saatiin määritettyä riskiominaisuudet.

4.2 Laboratoriokokeet

Laboratoriossa näytteistä tutkittiin inkubaatio pH, kokonaisrikkipitoisuus sekä hapontuottopotentiaalia. Tutkimuksiin valittiin jokaisesta tutkimuspisteistä kaksi edustavinta näytettä, siten että ne edustivat mahdollisimman kattavasti koekuopan maalajeja.

MAVEPLAN OY

Oulun toimisto, Kiilakiventie 1, 90250 Oulu,
puh. (08) 534 9400, faksi (08) 373 307

Kuopion toimisto, PL 1096 (Minna Canthin katu 25),
70111 Kuopio, puh.(017) 288 8130, faksi (017) 288 8131
www.maveplan.fi

Inkubaatio

10 viikon inkubaatio suoritettiin yhteensä 38 näytteelle. Jos tässä ajassa näyte oli asettunut alle 4 tai huomattavasti yli 5, siten että pH oli asettunut ja myös NAG-hapetuksen pH oli yli 4, lopetettiin koe. Muussa tapauksessa koetta jatkettiin.

NAG-pH

NAG-pH koe tehtiin yhteensä 44 näytteelle. Näyte hapetettiin ja titrattiin 0,1 M NaOH:lla pH-arvoon 4,5 ja 7.

Kokonaisrikki

Kokonaisrikki mitattiin yhteensä 38 näytteestä.

Sulfaattipitoisuus ja johtoluku

Johtolukua ja SO₄ pitoisuutta mitattiin täydentävinä mittauksina maalajikerroksista, joiden hapettumisolosuhteita ei voitu todentaa alkuperäisin laboratorio ja kenttämittauksin. Sulfaattipitoisuutta ja johtoluku mitattiin yhteensä 10 näytteestä.

MAVEPLAN OY

Oulun toimisto, Kiilakiventie 1, 90250 Oulu,
puh. (08) 534 9400, faksi (08) 373 307

Kuopion toimisto, PL 1096 (Minna Canthin katu 25),
70111 Kuopio, puh.(017) 288 8130, faksi (017) 288 8131
www.maveplan.fi

5 TULOKSET JA TULOSTEN TULKINTA

5.1 Tulokset

Taulukossa 6 on esitetty tulokset laboratorio- ja kenttäkokeille. Näytepistekohtaiset tulokset ovat raportin liitteenä sekä kohdassa 6. Kohdassa 6 on esitetty myös mahdolliset silmämääräiset havainnot. Näytepisteiden sijainti on esitetty myös liitteenä olevassa pohjatutkimuskartassa.

Taulukossa värit viittaavat maaperän happamuuspotentiaaliin kyseisen parametrin perusteella. Vihreä väri on merkki ei happamasta maasta ja punainen on todennettu sulfidimaa (hapettumaton hapan sulfaattimaa). Sininen viiva on merkitty pohjaveden korkeuden hahmottamiseen.

Taulukko 6. Murron asemakaava-alueen sulfaattimaanäytteiden ominaisuudet

	Maalaji ⁽¹⁾	pH _{insitu}	NAG pH ⁽²⁾	Inkubointi ⁽³⁾		NAG (pH 7.0)	NAG (pH 4.5)	Rikki	Johto- luku	SO ₄
				pH _{alku}	pH _{ioppu} (vko)	H ₂ SO ₄ /ton	H ₂ SO ₄ /ton			
PISTE 1								%	<i>pv pinnassa</i>	
1 m	Hk	5.97	3.30							
2 m	Hk	5.76	3.38							
3 m	Hk	6.31	4.00	4.8	3.9 (19 vko)	3.7	0.4	0.03		
4 m	siHk	6.82	2.96/5.00						17	<200
5 m	saSi	6.25	5.30	5.9	5.6	0.9	0	0.078		
PISTE 3									<i>pv pinnassa</i>	
1 m	Hk	5.68	2.87							
2 m	hHk	6.21	3.70	4.9	3.8 (19 vko)	3.3	0.6	0.049		
3 m	siHk	5.68	2.57							
4 m	siHk	6.18	4.30	5.5	5.6	3.2	<0.2	0.038		
5 m	hHk	6.46	2.81							
PISTE 4									<i>pv -1,9 m</i>	
1 m	Hk	5.93	3.14/4.4						1	<200
2 m	siHk	5.92	4.00	4.9	4.1	1.7	<0.2	0.059		
3 m	saSi	6.18	4.00	5.3	4.1	2.9	0.4	0.072		
4 m	saSi	6.46	2.94							
5 m	hHk	5.64	2.78							
PISTE 5									<i>pv -1,5 m</i>	
1 m	siHk	6.15	1.75							
2 m	hHk	6.13	3.20	4.3	3.7 (2 vko)	4.6	1.8	0.087		
3 m	saSi	6.62	2.99							
4 m	saSi	6.30	3.70	5.5	4.7	3.4	0.8	0.085		
5 m	saSi	6.71	2.91							
PISTE 6									<i>pv pinnassa</i>	
1 m	Hk	5.61	2.86/4.00						1.6	<200
2 m	hHk	7.12	3.50	3.6	3.4 (1 vko)	7.8	0.6	0.03		
3 m	hkSi	6.91	3.40	6	4.9	5.1	1.7	0.14		
4 m	siHk	6.97	5.31/6.30						7.5	<200
5 m	hkSi	6.77	5.79							

taulukko jatkuu seuraavalla sivulla

MAVEPLAN OY

Oulun toimisto, Kiilakiventie 1, 90250 Oulu,
puh. (08) 534 9400, faksi (08) 373 307

Kuopion toimisto, PL 1096 (Minna Canthin katu 25),
70111 Kuopio, puh.(017) 288 8130, faksi (017) 288 8131
www.maveplan.fi

	Maalaji ⁽¹⁾	pH _{insitu}	NAG pH ⁽²⁾	Inkubointi ⁽³⁾		NAG (pH 7.0)	NAG (pH 4.5)	Rikki S	Johto- luku mS/m	SO ₄ mg/kg
				pH _{alku}	pH _{loppu} (vko)	H ₂ SO ₄ /ton	H ₂ SO ₄ /ton			
PISTE 7										
1 m	Hk	5.31	2.28						<i>pv pinnassa</i>	
2 m	Hk	6.84	4.80	6.5	6.2	1.2	0	0.089		
3 m	hHk	7.00	3.04							
4 m	Si	7.14	8.00	7.6	7.2	0	0	0.06		
5 m	Si	6.83	3.63							
PISTE 15										
1 m	TV								<i>pv pinnassa</i>	
2 m	Hk	6.27	3.70	3.8	3.2 (1 vko)	4.5	0.5	0.026		
3 m	hHk	6.93	2.31							
4 m	Si	6.81	6.60	6.6	6.5	<0.2	0	0.065		
5 m	saSi	6.53	2.91							
PISTE 17										
1 m	Hk	5.41	2.72						<i>pv pinnassa</i>	
2 m	Hk	6.19	4.30	5.9	4.8	3.1	<0.2	0.018		
3 m	saSi	6.10	2.16							
4 m	saSi	5.92	2.69							
5 m	saSi	6.04	3.50	5	4.6	4.6	1.6	0.11		
PISTE 18										
1 m	Hk	5.93	2.96/4.3						<i>ei pv havaintoa</i>	
2 m	Hk	5.96	4.60	6.4	6.4	5.8	0	<0.005	1	<200
3 m	Hk	5.89	3.44							
4 m	saSi	6.38	3.40	5	3.9 (19 vko)	5.5	2.4	0.13		
5 m	saSi	6.28	2.84							
PISTE 26										
1 m	siHk	5.22	1.43						<i>pv pinnassa</i>	
2 m	Hk	5.34	3.40	3.5	3.0 (1 vko)	4.5	1.3	0.056		
3 m	Si(hHk)	6.75	2.94							
4 m	Si	7.00	7.00	7.4	7.2 (10 vko)	<0.2	0	0.11		
5 m	saSi	6.74	3.06							
PISTE 29										
1 m	Hk	5.35	2.47						<i>pv pinnassa</i>	
2 m	Hk	6.44	3.60	3.6	3.2 (1 vko)	4.9	0.8	0.037		
3 m	Si	6.93	3.25							
4 m	Si	6.90	4.50	5.9	5.8	2.3	<0.2	0.074		
5 m	Si	6.64	3.07							

taulukko jatkuu seuraavalla sivulla

	Maalaji ⁽¹⁾	pH _{insitu}	NAG pH ⁽²⁾	Inkubointi ⁽³⁾		NAG (pH 7.0)	NAG (pH 4.5)	Rikki S	Johto- luku mS/m	SO ₄ mg/kg
				pH _{alku}	pH _{loppu} (vko)	H ₂ SO ₄ /ton	H ₂ SO ₄ /ton			
PISTE 30									<i>pv pinnassa</i>	
1 m	hkSi	4.91	2.20							
2 m	hkSi	5.98	4.00	5.4	4.3	3.1	0.6	0.072		
3 m	Si	6.03	2.71							
4 m	Si	5.80	3.60	5	4.6	5	1.5	0.12		
5 m	saSi	5.90	2.65							
PISTE 32									<i>pv pinnassa</i>	
1 m	siHK(Mr)	5.14	3.36							
2 m	siHK(Mr)	6.55	3.50	4.1	3.3 (2 vko)	7.4	0.8	0.037		
3 m	siHk	6.48	3.42							
4 m	siHk	6.57	4.10	6.2	6.1	4.3	<0.2	0.048		
5 m	Si	6.45	3.16							
PISTE 36									<i>pv pinnassa</i>	
1 m	Hk	5.18	2.44							
2 m	Hk	6.02	3.30	4.8	3.0 (2 vko)	6	1.2	0.059		
3 m	Si	6.07	3.04							
4 m	Si	6.46	4.50	6.1	5.8	1.9	0	0.079		
5 m	(hk)Si	6.16	2.82							
PISTE 37									<i>pv pinnassa</i>	
1 m	saSi	5.80	2.42/4.2						4.1	<200
2 m	Hk	6.30	3.40	3.8	3.1 (1 vko)	4.5	1.3	0.059		
3 m	Si	6.58	5.50	5.9	6	0.6	0	0.066		
4 m	hkSi	6.35	3.14							
5 m	siHk	6.30	3.16							
PISTE 39									<i>pv pinnassa</i>	
1 m	Hk	5.84	2.86							
2 m	Hk	6.73	4.30	5.7	3.9 (6 vko)	5.6	<0.2	0.017		
3 m	Si	5.83	5.10	5.8	5.5	1.3	0	0.06		
4 m	hkSi	5.74	2.35							
5 m	hkSi	6.25	2.99							
PISTE 41									<i>pv pinnassa</i>	
1 m	Hk	5.88	4.40	5.1	5.1	6.9	<0.2	<0.005		
2 m	Si	5.65	2.82							
3 m	Si	6.20	1.92							
4 m	Si	6.02	4.50	5.8	5.5	2.2	<0.2	0.089		
5 m	Si	6.50	2.79							

taulukko jatkuu seuraavalla sivulla

MAVEPLAN OY

 Oulun toimisto, Kiilakiventie 1, 90250 Oulu,
 puh. (08) 534 9400, faksi (08) 373 307

 Kuopion toimisto, PL 1096 (Minna Canthin katu 25),
 70111 Kuopio, puh.(017) 288 8130, faksi (017) 288 8131
 www.maveplan.fi

	Maalaji ⁽¹⁾	pH _{insitu}	NAG pH ⁽²⁾	Inkubointi ⁽³⁾		NAG (pH 7.0)	NAG (pH 4.5)	Rikki S	Johtoluku µS/cm	SO ₄ mg/kg
				pH _{alku}	pH _{loppu} (vko)	H ₂ SO ₄ /ton	H ₂ SO ₄ /ton			
PISTE 43									<i>pv pinnassa</i>	
1 m	Hk	5.03	2.61							
2 m	Hk	5.57	3.40	3.9	3.5 (1 vko)	6.5	1.3	0.043		<200
3 m	(hk)Si	6.34	2.92							
4 m	Si	6.31	4.20	5.9	5.8	3.5	0.3	0.07		<200
5 m	hkSi	6.17	2.93							
PISTE 45									<i>pv pinnassa</i>	
1 m	Hk	5.51	2.60							
2 m	Hk	5.68	3.70	4.6	3.7 (2 vko)	4.7	0.6	0.037		<200
3 m	hkSi	6.16	2.60							
4 m	hkSi	6.05	4.10	5.5	5.4	2.7	<0.2	0.05		<200
5 m	(hk)Si	6.35	2.75							

(1) korostettu teksti varmistettu laboratoriossa

(2) korostettu teksti määritetty laboratoriossa

(3) suluissa happamoitumiseen tarvittava viikkomäärä

5.2 Tulosten tulkinta

Maalaji

Maalaji ei suoraan kerro maan happamuudesta, sen mutta sen perusteella asetetaan raja-arvot rikkipitoisuudelle. Maaperä vaihtelee tutkimuspisteiden alueella savisesta siltistä karkeaan hiekkaan.

pH in situ

Maastossa mitatun pH:n perusteella alueella ei ole todellisia sulfaattimaita. Pohjaveden pinta on etenkin rakentamattomalla alueella korkealla ja tästä syystä perusmaassa esiintyvä potentiaalinen sulfaattimaa ei ole hapettunut. Toisaalta pohjavedenkorkeuden vuodenaikaisvaihtelu voi olla merkittävää ja siksi osa näytteiden maakerroksista on voinut olla satunnaisesti hapellisessa tilassa. Yleisesti pohjaveden pinnan korkeutta suositellaan seurattavaksi.

NAG pH_{in situ}

Kenttämittauksissa määritettyä NAG pH arvoa on tarkasteltu raja-arvojen mukaan, jossa hapetuksen jälkeen pH:n ollessa alle 2,5 maan tulkitaan muodostavan happamia sulfaattimaita. Tämän kokeen perusteella tutkimuspisteen 5 1 m; 7 1 m, 15 3 m, 17 3 m, 26 1 m, 29 1 m, 30 1 m, 36 1 m, 37 1 m, 39 4 m ja 41 1 m näytteet osoittautuvat sulfaattimaata muodostavaksi. On kuitenkin huomioitava, että pisteellä 5 ja 29 pintamaa on turvetta ja pisteellä 26 1 m maakerroksessa humusta, nämä voi aiheuttaa pH laskemisen luonnontilaista alemmaksi.

Kenttähapetuksella mitattu pH laski usein hyvin lähelle 2,5. Tämä voi johtua siitä, että esimerkiksi laboratoriahapetukseen verrattuna vetyperoksidi on vahvempaa. Lisäksi vetyperoksidi itsestään voi olla lievästi hapanta. <2,5 raja-arvo on linjassa muihin tutkimustuloksiin.

MAVEPLAN OY

Oulun toimisto, Kiilakiventie 1, 90250 Oulu,
puh. (08) 534 9400, faksi (08) 373 307

Kuopion toimisto, PL 1096 (Minna Canthin katu 25),
70111 Kuopio, puh.(017) 288 8130, faksi (017) 288 8131
www.maveplan.fi

Inkubointi

Inkuboinnin tuloksena saatu pH tulos vastaa pH:ta johon maa hapettuu luonnon tilassa. Tämä tulos vastaa parhaiten todellista pH:n muutosta. Tulos pH alle 4 kertoo todellisesta sulfaattimaasta. 19 viikon kokeen jälkeen happamaksi sulfaattimaaksi voidaan todeta tutkimuspisteet 1 3 m, 2 2 m, 5 2 m, 6 2 m, 15 2 m, 18 2 m, 26 2 m, 29 2 m, 32 2 m, 36 2 m, 37 2 m, 39 2 m, 43 2 m ja 45 2 m. Hiekka hapettui tutkimuksissa nopeampaa kuin hienoainespitoinen maa, osa näytteistä on hapettunut alle pH 4:n jo kokeen aloitustilanteessa. Näytteiden hapettumisnopeus laboratorio-olosuhteissa on esitetty tarkemmin laboratoriotuloksissa (Liite 3).

NAG asiditeetti (titraus pH 4,5 ja 7)

Asiditeetti titrattuna arvoon 4,5 ja 7 ei kerro suoraan maan asiditeetista, kokeella voidaan sulkea pois potentiaalisia sulfaattimaita sekä yhdessä muiden kokeiden kanssa arvioida maaperän haponmuodostuspotentiaalia. Mittaustulokseen perustuen potentiaali alhaisen kapasiteetin happamiin sulfaattimaihien on mahdollisuus tutkimuspisteillä 1 3 m, 3 2 m, 4 3 m, 5 2 m, 5 4 m, 6 2 m, 6 3 m, 15 2 m, 17 5 m, 18 4 m, 26 2 m, 29 2 m, 30 2 m, 30 4 m, 32 2 m, 36 2 m, 37 2 m, 41 1 m, 43 2 m, 43 4 m ja 45 2 m. Suuren hapontuottokapasiteetin omaavia tutkimuspisteitä ei alueella esiinny.

Kokonaisriikki

Kokonaisriikin osalta maalajeille ollaan määrittämässä toimintarajoja, joiden perusteella maalajille on joko tehtävä jatkotutkimuksia tai maalaji voidaan luokitella suoraan sulfaattimaaksi. Näiden raja-arvojen perusteella sulfaattimaaksi voidaan luokitella tutkimuspiste 5 2 m ja 7 2 m.

Alemman raja-arvon ylittivät näytteet 1 3 m, 1 5 m, 3 2 m, 3 4 m, 4 2 m, 5 4 m, 6 2 m, 6 3 m, 15 2 m, 17 5 m, 18 4 m, 26 2 m, 26 4 m, 29 2 m, 30 2 m, 30 4 m, 32 2 m, 32 4 m, 36 2 m, 36 4 m, 37 2 m, 41 4, 43 2 m ja 45 2 m. Alemman raja-arvon ylittyminen ei tarkoita happamaa sulfaattimaata, maan happamuus on varmennettava muilla kokeilla.

Johtoluku ja SO₄ pitoisuus

Sulfaattipitoisuus jäi kaikilla näytteillä alle määritysrajan. Johtoluvulle ei saatu laboratoriossa määritettyä vertailuarvoja.

MAVEPLAN OY

Oulun toimisto, Kiilakiventie 1, 90250 Oulu,
puh. (08) 534 9400, faksi (08) 373 307

Kuopion toimisto, PL 1096 (Minna Canthin katu 25),
70111 Kuopio, puh.(017) 288 8130, faksi (017) 288 8131
www.maveplan.fi

6 TOIMENPITEET JA SUOSITUKSET

Murron asemakaava-alueella esiintyy sulfaattimaita sekä täydennysrakentamiseen kohdistuvalla että uudisrakentamiseen suunnitellulla alueella. Toimenpiteet ja suositukset katukohtaisesti on esitetty alla.

6.1 Täydennysrakentaminen

Alueella, jossa sulfaattimaita esiintyy, täydennysrakentamisessa on huomioitava pohjaveden pinnan tason säilyttäminen entisellä taso, jotta mahdollisia sulfaattimaita ei paljastu myöskään alueilla, jossa on jo rakennuskantaa. Pohjaveden pinnan laskemisen yhteydessä luvanvaraisuus tulee selvittää tapauskohtaisesti. Tietyillä alueilla pohjavedenpinnan tasoa suositellaan seurattavaksi.

Pohjanvahvistusvaihtoehtoina alueella ovat paalutus, esikuormitus tai kevennysrakenteet vaihtoehtoinen pohjanvahvistuskeino. Paalutuksen yhteydessä on huolehdittava oikeista materiaalivalinnoista korrodoivissa olosuhteissa.

KK 1 SIMONTAIVAL länsi

Tutkimusten perusteella - 3 m kohdalta hiekkakerroksesta otettu näyte happamoituu 19 viikon kuluessa, hapontuottokapasiteetti on alhainen. Hiekkakerroksen syvyys alueella 1...3 metriä, -1 m kerroksessa nähtävissä rautasaostumia. Kerroksen -1...-2 m tutkimushetken pH on alhaisempi kuin alempien maakerrosten, joten pohjavesi on mahdollisesti ollut alempana alueella. -4...-5 metrissä oleva hienoainespitoinen maa tulosten mukaan ei happamoidu.

Rakentamisen aikana hetkellinen pohjaveden alentaminen on mahdollista. Tutkimushetkellä pohjavedenpinta on ollut korkealla, pinnantason luontainen vaihtelu olisi syytä selvittää. Pysyvää pohjaveden alennusta ei suositella alueella olevan rakennuskannan ja mahdollisten sulfaattimaaesiintymien takia.

KK 4 SIMONTAIVAL itä

Tutkimusten perusteella maa ei happamoidu alueella. Hiekkakerroksen -1...-2 m tutkimushetken pH on alhaisempi kuin alempien kerrosten, joten pohjavesi on mahdollisesti ollut alempana alueella. Mahdollisuus potentiaalisen happaman sulfaattimaan esiintymiseen alkaa karkean maalajin johdosta -5 metrissä.

Rakentamisen aikana hetkellinen pohjaveden alentaminen on mahdollista. Harkittaessa pohjaveden pysyvää alentamista, on se vaikutusalue tutkittava. Pysyvää pohjaveden alennusta ei suositella alueella olevan rakennuskannan ja mahdollisten sulfaattimaaesiintymien takia.

KK 3 MIINANMUTKA

Tutkimusten perusteella -2 m kohdalta hiekkakerroksesta otettu näyte happamoituu 19 viikon kuluessa, hapontuottokapasiteetti on alhainen. Hiekkakerroksen syvyys alueella 1...2 metriä. Alempana oleva silttinen hiekkakerros ei happamoidu, mutta on huomioitava, että alueella kerrosrajat eivät ole selkeät. Mahdollisuus potentiaalisen happaman sulfaattimaan esiintymiseen alkaa karkean maan myötä - 5 metrissä.

Rakentamisen aikana hetkellinen pohjaveden alentaminen on mahdollista. Tutkimushetkellä pohjavedenpinta on ollut korkealla, pinnantason luontainen vaihtelu olisi syytä selvittää. Pohjavettä ei suositella alennettavan pysyvästi alueella olevan rakennuskannan ja mahdollisten sulfaattimaaesiintymien takia.

MAVEPLAN OY

Oulun toimisto, Kiilakiventie 1, 90250 Oulu,
puh. (08) 534 9400, faksi (08) 373 307

Kuopion toimisto, PL 1096 (Minna Canthin katu 25),
70111 Kuopio, puh.(017) 288 8130, faksi (017) 288 8131
www.maveplan.fi

KK 30 SÄRKKÄRANTA

Tutkimusten perusteella -1 m syvyydellä oleva hiekkaisesta silttikerroksesta otettu näyte happamoituu maastohapetuskokeissa, mutta laboratoriotulosten perusteella maa ei koko profiilin alueella ei happamoidu ilman hapetinta. Maaperässä on mahdollisesti puskuroivia tekijöitä, kuten eloperäistä materiaalia.

Alueella pohjaveden pinnantason luontainen vaihtelu olisi syytä selvittää. Happamoitumisriski esiintyy pintakerroksissa (-1 m), hapettumisen mahdollisuus on poissuljettava ennen mahdollista pohjaveden alentamista. Pohjavettä ei suositella alennettavan pysyvästi alueella olevan rakennuskannan ja mahdollisten sulfaattimaesiintymien takia.

KK 41 KAUTTARANTA

Tutkimusten perusteella - 3 m syvyydellä oleva hiekkaisesta silttikerroksesta otettu näyte happamoituu maastohapetuskokeissa, mutta laboratoriotulosten perusteella maa ei koko profiilin alueella ei happamoidu ilman hapetinta. Maaperässä on mahdollisesti puskuroivia tekijöitä, kuten eloperäistä materiaalia. -1 metrin hiekkakerroksessa maastohavaintona nähtävissä rautasaostumia.

Alueella pohjaveden pinnantason luontainen vaihtelu olisi syytä selvittää. Hapettumisen mahdollisuus on poissuljettava ennen mahdollista pohjaveden alentamista alle - 3 m. Pohjavettä ei suositella alennettavan pysyvästi alueella olevan rakennuskannan ja mahdollisten sulfaattimaesiintymien takia.

6.2 Uusi asemakaava alue

Uuden asemakaava-alueen alueella potentiaaliset sulfaattimaat sijaitsevat pääasiallisesti alueen pintakerroksissa 1...2 m. Laboratoriotutkimusten perusteella maan hapontuottopotentiaali on kuitenkin alhainen.

Alueella, jossa happamiin valumiin on mahdollisuus, on ensisijaisesti vältettävä pohjaveden pinnan laskemista. Alueilla, joilla kuivattamiselta ei voida välttyä, kuivattamisen yhteydessä valumavesiä tulee voida hallita ja seurata. Kuivattamisen laajuus alueella on arvioitava ennen sen aloittamista. Mahdollisia happamia piikkejä voidaan neutraloida tarpeen mukana pysyvästi tai työnaikaisesti. Valumavesien neutralointi voidaan toteuttaa esimerkiksi kalkkisuodattimella. Pohjavesialueilla ja happamilla alueilla maankuivatuksessa on riski vesistön pilaantumiselle. Ojituksesta on tehtävä ilmoitus valvovalle viranomaiselle. Kuivatuksen laajuudesta riippuen, maankäsittely voi vaatia vesilain mukaisen luvan.

Pohjaveden yläpuolelle jäävät maa-alueet voidaan korvata massanvaihdoilla tai olevia maamassoja voi neutraloida kalkitseamalla. Kalkituksen määrää voi arvioida rikkipitoisuuden perusteella tai asiditeetin perusteella. Massanvaihdon kohdalla on huolehdittava happamien läjitysmassojen peittämisestä ja hapettumisen estämisestä. Läjitys voi tapahtua vain sille suunnatulla alueella. Maamassojen uudelleensijoittamisen ja käsittelyn yhteydessä ympäristöluvan tarve tulee selvittää.

Alueilla, jossa pohjaveden pinnan voidaan olettaa pysyvän vakaana ovat paalutus, esikuormitus tai kevennysrakenteet vaihtoehtoinen pohjanvahvistuskeino. Alueilla, jossa pohjavesipinnan oletetaan muuttuvan, on hapen kanssa tekemisiin joutuvien maamassojen oikeaoppisesta käsittelystä huolehdittava, myös niissä tapauksissa, jossa kantavuuden takia pohjaa joudutaan vahvistamaan paaluttamalla. Paalutuksen yhteydessä on huolehdittava materiaalivalinnoista korrodoivissa olosuhteissa.

MAVEPLAN OY

Oulun toimisto, Kiilakiventie 1, 90250 Oulu,
puh. (08) 534 9400, faksi (08) 373 307

Kuopion toimisto, PL 1096 (Minna Canthin katu 25),
70111 Kuopio, puh.(017) 288 8130, faksi (017) 288 8131
www.maveplan.fi

KK 5 SUKSISUON MÄKI

Tutkimuspisteellä pinnassa on noin 0,8 m turvetta. - 2 m syvyydellä hiekkakerroksesta otettu näyte happamoituu inkuboinnissa 2 viikossa, hapontuottokapasiteetti on alhainen. Myös kerros -1 metriä happamoituu maastohapetuksessa, mutta kerroksen pinnassa oleva turve voi vääristää tulosta; kerros on jo nyt pohjaveden yläpuolella, mutta ei luonnontilassa hapettunut. -3 ...-5 metrissä oleva hienoainespitoinen maa ei happamoidu.

Alueella valitsevaa pohjaveden tasoa ei suositella alennettavaksi, edes hetkellisesti, ilman mahdollisuutta kuivatusvesien säätelyyn ja tarkkailuun. Pohjavettä ei suositella pysyvästi alennettavan alle luontaisen tason ilman massanvaihtoa tai neutralointia.

KK 6 HIRVENHIIHTO

Tutkimusten perusteella - 2 m hiekkakerroksesta otettu näyte happamoituu välittömästi inkuboinnissa, mutta hapontuottokapasiteetti on alhainen. Myös kerros - 3 metriä happamoituu vetyperoksidihapetuksessa, mutta ei inkuboinnissa, maaperässä on mahdollisesti puskuroivia tekijöitä, kuten eloperäistä materiaalia. -4...-5 metrissä oleva hienoainespitoinen maa ei happamoidu.

Alueella valitsevaa pohjaveden tasoa ei suositella alennettavaksi, edes hetkellisesti, ilman mahdollisuutta kuivatusvesien säätelyyn ja tarkkailuun. Pohjavettä ei suositella pysyvästi alennettavan alle luontaisen tason ilman massanvaihtoa tai neutralointia.

KK 7 PASSIPAIKKA

Tutkimusten perusteella -1 m hiekkakerroksesta otettu näyte happamoituu välittömästi maastohapetuksessa. Samasta hiekkakerroksesta -2 metrissä ei kuitenkaan hapetu inkuboinnin tuloksena, vaikka kokonaisriikki ylittää karkearakeiselle maalle asetetun raja-arvon. -3 metrin syvyydellä hiekkakerroksessa on havaittavissa rikin hajua. Maaperässä on mahdollisesti puskuroivia tekijöitä, kuten eloperäistä materiaalia. -4...-5 metrissä oleva hienoainespitoinen maa ei happamoidu.

Alueella eloperäisen maa-aineksen mahdollisuus sekä pohjavedenpinnan luontainen tasonvaihtelu taso olisi syytä tutkia. Tutkimusten perusteella rakentamisen aikana hetkellinen pohjaveden alentaminen on mahdollista. Pohjavettä ei suositella pysyvästi alennettavan alle luontaisen tason ilman massanvaihtoa tai neutralointia. Happamoitumisriski on karkeissa maakerroksissa.

KK 15 KARHUKIEHÄS

Tutkimusten pintakerroksissa on 1 m turvekerros. Tutkimusten perusteella -2 m syvyydellä hiekkakerroksesta otettu näyte happamoituu välittömästi inkuboinnissa, mutta hapontuottokapasiteetti on alhainen. Myös - 3 metrissä oleva hiekkakerros happamoituu maastokokeissa ja kerroksissa on havaittavissa rikin hajua. -4 m oleva silttikerros ei happamoidu. Mahdollisuus potentiaalisen happaman sulfaattimaan esiintymiseen alkaa karkean maan myötä - 5 metrissä.

Alueella valitsevaa pohjaveden tasoa ei suositella alennettavaksi, edes hetkellisesti, ilman mahdollisuutta kuivatusvesien säätelyyn ja tarkkailuun. Pohjavettä ei suositella pysyvästi alennettavan alle luontaisen tason ilman massanvaihtoa tai neutralointia. Happamoitumisriski on karkeissa maakerroksissa.

MAVEPLAN OY

Oulun toimisto, Kiilakiventie 1, 90250 Oulu,
puh. (08) 534 9400, faksi (08) 373 307

Kuopion toimisto, PL 1096 (Minna Canthin katu 25),
70111 Kuopio, puh.(017) 288 8130, faksi (017) 288 8131
www.maveplan.fi

KK 17 KK 18 KORKIAKAARTO länsi

Tutkimusten perusteella -1...-2 m syvyydellä oleva hiekkakerros ei happamoidu inkuboinnin tuloksena. Tutkimuspisteen 18 alueella on tehty maansiirtotöitä. KP 17 -3 metrin syvyydellä ja KP 18 -4 metrin syvyydellä alkava savinen silttikerros happamoituu 19 viikon kuluessa.

Rakentamisen aikana hetkellinen pohjaveden alentaminen on mahdollista. Pohjavettä ei suositella pysyvästi alennettavan alle tason -2 m maanpinnasta, eli hienoainespitoisen maakerroksen paljastuessa.

KK 37 KORKIAKAARTO itä

Tutkimusten perusteella 2 m syvyydellä hiekkakerroksesta otettu näyte happamoituu välittömästi inkuboinnissa, mutta hapontuottokapasiteetti on alhainen. Myös kerroksen yläpuolella -1 metrissä oleva hiekkakerros happamoituu maastokokeissa, mutta ei laboratoriossa. -3 metrissä oleva silttikerros ei happamoidu. Mahdollisuus potentiaalisen happaman sulfaattimaan esiintymiseen alkaa karkean maan myötä -5 metrissä.

Alueella valitsevaa pohjaveden tasoa ei suositella alennettavaksi, edes hetkellisesti, ilman mahdollisuutta kuivatusvesien säätelyyn ja tarkkailuun. Pohjavettä ei suositella pysyvästi alennettavan alle luontaisen tason ilman massanvaihtoa tai neutralointia. Happamoitumisriski on karkeissa maakerroksissa.

**KK 26 SUDENTARHA,
KK 29 MUINAISPOLKU**

Molemmissa tutkimuspisteissä pinnassa on noin 0,5 m humusta/turvetta. Tutkimusten perusteella - 2 m hiekkakerroksesta otettu näyte happamoituu välittömästi inkuboinnissa, hapontuottokapasiteetti on alhainen. Myös kerroksen yläpuolella -1 metrissä oleva hiekkakerros happamoituu maastokokeissa. Alapuolella oleva -3 ...-5 m silttikerros ei happamoidu.

Alueella valitsevaa pohjaveden tasoa ei suositella alennettavaksi, edes hetkellisesti, ilman mahdollisuutta kuivatusvesien säätelyyn ja tarkkailuun. Pohjavettä ei suositella pysyvästi alennettavan alle luontaisen tason ilman massanvaihtoa tai neutralointia. Happamoitumisriski on karkeissa maakerroksissa.

KK 32 ORAVAPAUKKU

Pinnassa on noin 0,5 m turvetta. Tutkimusten perusteella - 2 m oleva silttissä hiekkamoreanikerroksesta otettu näyte happamoituu inkuboinnissa 2 viikossa, hapontuottokapasiteetti on alhainen. - 4 metrin syvyydellä maakerros ei enää happamoidu, mutta kerrosraja ei ole selvästi havaittavissa.

Alueella valitsevaa pohjaveden tasoa ei suositella alennettavaksi, edes hetkellisesti, ilman mahdollisuutta kuivatusvesien säätelyyn ja tarkkailuun. Pohjavettä ei suositella pysyvästi alennettavan alle luontaisen tason ilman massanvaihtoa tai neutralointia.

KK 36 TULIKETTU

Tutkimusten perusteella 2 m syvyydellä hiekkakerroksesta otettu näyte happamoituu 2 viikossa inkuboinnissa, hapontuottokapasiteetti on alhainen. Myös kerroksen yläpuolella -1 metrissä oleva hiekkakerros happamoituu maastokokeissa. Alapuolella (- 3 m) oleva silttikerros ei happamoidu.

Alueella valitsevaa pohjaveden tasoa ei suositella alennettavaksi, edes hetkellisesti, ilman mahdollisuutta kuivatusvesien säätelyyn ja tarkkailuun. Pohjavettä ei suositella pysyvästi alennettavan alle luontaisen tason ilman massanvaihtoa tai neutralointia. Happamoitumisriski on hiekkamaakerroksissa.

MAVEPLAN OY

Oulun toimisto, Kiilakiventie 1, 90250 Oulu,
puh. (08) 534 9400, faksi (08) 373 307

Kuopion toimisto, PL 1096 (Minna Canthin katu 25),
70111 Kuopio, puh.(017) 288 8130, faksi (017) 288 8131
www.maveplan.fi

KK 39 PITKÄKORVAN POLKU

Tutkimusten perusteella - 2 m kohdalta hiekkakerroksesta otettu näyte happamoituu 19 viikossa, hapontuottokapasiteetti on alhainen. Hiekkakerroksen paksuus alueella -1...-2 metriä Alempana -4...-5 metrissä oleva silttinen hiekkakerros happamoituu myös maastokokeissa, mutta välissä oleva (- 3 m) silttikerros ei happamoidu.

Rakentamisen aikana hetkellinen pohjaveden alentaminen on mahdollista. Tutkimushetkellä pohjavedenpinta on ollut korkealla, pinnantason luontainen vaihtelu olisi syytä selvittää. Pohjavettä ei suositella pysyvästi alennettavan alle luontaisen tason ilman massanvaihtoa tai neutralointia. Happamoitumisriski on hiekkamaakerroksissa.

KK 43 PEURANSARVI**KK 45 LÄPIMURTO**

Tutkimusten perusteella - 2 m syvyydellä hiekkakerroksesta otettu näyte happamoituu Peuransarven kohdalla välittömästi ja Läpimurron kohdalla 2 viikon jälkeen inkuboinnissa, hapontuottokapasiteetti on alhainen. Alapuolella - 3 metrissä oleva siltti (silttinen hiekka) kerros ei happamoidu.

Alueella valitsevaa pohjaveden tasoa ei suositella alennettavaksi, edes hetkellisesti, ilman mahdollisuutta valumavesien säätelyyn ja tarkkailuun. Pohjavettä ei suositella pysyvästi alennettavan alle luontaisen tason ilman massanvaihtoa tai neutralointia. Happamoitumisriski on hiekkamaakerroksissa.

6.3 Katualueet ja kunnallistekniikka

Happamien sulfaattimaat on otettava huomioon myös alueen kunnallistekniikan suunnittelussa. Teiden korkotaso on suunniteltava siten, että pohjavesitason alentaminen voidaan välttää tai että syntyvät hulevedet ja paljastuvat maamassat voidaan neutraloida. Heikosti kantavilla alueilla pohjamaata voidaan vahvistaa massanvaihdolla, esikuormittamalla maata tai, laajoilla alueilla, stabiloinnilla. Stabilointi toimii sekä pohjanvahvistajana että neutraloivana aineena. Sulfaattimaan happamuus heikentää stabiloinnin lujuusominaisuuksien kehittymistä, joten stabilointi on parempi suorittaa pohjaveden pinnan alapuolelle.

Viemäreille ja johtolinjoille tehtävien syvien kaivantojen sijasta rakenteet voidaan vaihtoehtoisesti suojata routaeristeellä. Pohjanvahvistuksena voi käyttää tarvittaessa arinarakennetta tai alueen esikuormitusta.

Kaivantojen yhteydessä on huomioita myös tilapäisestä veden alentamisesta aiheutuva happamoituminen ja sen hallinta. Karkeassa maalajissa happamoituminen tapahtui kokeiden perusteella nopeammin.

Tehty sulfaattimaaselvitys antaa yleiskuvan alueen pohjasuhteista ja on suositeltavaa tehdä tarkentavia tutkimuksia, kun kuivatettavan alueen koko, tulevien rakenteiden ja pohjaveden korkotaso on tiedossa.

Katu- ja kunnallistekniikan kohteiden suunnittelun toteutuksen yhteydessä on huomioitava kuivatuksen ja maankäsittelyn mahdollinen luvanvaraisuus.

MAVEPLAN OY

Oulun toimisto, Kiilakiventie 1, 90250 Oulu,
puh. (08) 534 9400, faksi (08) 373 307

Kuopion toimisto, PL 1096 (Minna Canthin katu 25),
70111 Kuopio, puh.(017) 288 8130, faksi (017) 288 8131
www.maveplan.fi

Oulussa 9.4.2021



Suunnittelija:
Paula Lempiäinen



Tarkastaja:
Topi Malinen

Lähteet:

- Becher, M&A1 (2018) Happamat sulfaattimaat rannikon vesistöjen valuma-alueilla, Loppuraportti Perämereen laskevia vesistöjä, Menetelmien kehittäminen ja ekologinen kunnostaminen Yhteenveto 6/2019, Luleå [pdf-dokumentti] Saatavissa: https://www.lansstyrelsen.se/download/18.2c68b08d16d25a1884e9ee5/1569394209818/Kustmyynnande%20vattendrag_Loppuraportti%20Per%C3%A4mereen%20laskevia%20vesist%C3%B6j%C3%A4_finsk%20version_2019_6.pdf
- Kerko, E., Rantanen, T., Patjas, E. & Huhtonen, S. (2014) Sulfaattimaat väylähankkeissa, esiselvitys, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 49/2014, Helsinki, Liikennevirasto. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2014-49_sulfaattimaat_vaylahankkeissa_web.pdf
- Liikennevirasto (2017). Eurokoodin soveltamisohje Geotekninen suunnittelu – NCCI 7 Siltojen ja pohjarakenteiden suunnitteluohjeet 21.4.2017, Liikenneviraston ohjeita 13/2017, Helsinki, Liikennevirasto. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-13_ncci7_web.pdf
- Liikennevirasto (2018) Syvästabiloinnin suunnittelu, Liikenneviraston ohjeita 17/2018, Helsinki, Liikennevirasto. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-17_syvastabiloinnin_suunnittelu_web.pdf
- Pousette, K., Eriksson L. G., Knutsson S. (2008) Acidification properties of sulphide soil - a classification system based on leaching tests, Norsk Geoteknisk Forening , 2008. s. 415-422 [pdf-dokumentti] Saatavissa: <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:1005635/FULLTEXT01.pdf>
- SYKE (2017) Maastokäyttöisten tunnistusmenetelmien kehittäminen happamille sulfaattimaille - TUNNISTUS hanke [www-sivu] <https://www.syke.fi/hankkeet/tunnistus>:
- Nystrand, M (2020) Happamien sulfaattimaiden tunnistaminen ja riskinarviointi pikamenetelmin Kenttädemon vaiheiden läpikäynti
- Österholm, P (2020) Sulfaattimaat Tunnistaminen ja riskinarviointi
- Boman, A (2021) Happamat sulfaattimaat ja niiden luokittelu
- Maastokäyttöisten tunnistusmenetelmien kehittäminen happamille sulfaattimaille (Tunnistus) – hankkeen maastodemonstraatio (2020)
- Ramboll (2018) Esiselvitys happamien sulfaattimaiden kartoitusmenetelmistä ja suosituksia toimenpiteiksi infrahankkeissa pääkaupunkiseudulla, Selvitys 20.9.2018
- Vertanen E. (2016) Sulfaattimaiden tunnistaminen, riskienhallinta ja käsittely väylähankkeissa, opinnäytetyö 7/2016, Helsinki, Liikennevirasto [pdf-dokumentti] Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/opin_2016-07_sulfaattimaiden_tunnistaminen_web.pdf

MAVEPLAN OY

Oulun toimisto, Kiilakiventie 1, 90250 Oulu,
puh. (08) 534 9400, faksi (08) 373 307

Kuopion toimisto, PL 1096 (Minna Canthin katu 25),
70111 Kuopio, puh.(017) 288 8130, faksi (017) 288 8131
www.maveplan.fi