



**TURUN
YLIOPISTO**

Matemaattis-luonnontieteellinen
tiedekunta

Erikoisetsintäkoiran käyttömahdollisuudet happamien sulfaattimaiden tunnistamisessa ja paikallistamisessa

Hanna Aarrekorpi

Maaperägeologia
Pro gradu -tutkielma
Laajuus: 30 op

21.6.2023

Turku

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Pro gradu -tutkielma

Pääaine: Maaperägeologia

Tekijä: Hanna Aarrekorpi

Otsikko: Erikoisetsintäkoiran käyttömahdollisuudet happamien sulfaattimaiden tunnistamisessa ja paikallistamisessa

Ohjaaja: Eila Hietaharju

Sivumäärä: 78 sivua + liitteet 18 sivua

Päivämäärä: 21.6.2023

Happamat sulfaattimaat aiheuttavat hapettuessaan merkittävää haittaa ympäristölle. Tästä syystä niiden olemassaolo hankealueilla tulee selvittää ennen kuivatus- ja maankaivuutoimien aloittamista. Selvitystyöt toteutetaan erilaisilla näytteenotoilla ja laboratorioanalyysillä. Näytteenottopisteiden valitseminen perustuu parhaassakin tapauksessa valistuneeseen arvioon happamien sulfaattimaiden mahdollisesta sijainnista. Saatujen näytteiden analysointi laboratoriossa on verrattain kallista ja aikaa vievää. Kentällä tehtävällä vetyperoksidihapetus-pikatestillä saadaan suuntaa antava tulos jo muutamassa tunnissa, mutta testi ei sovellu runsaasti orgaanista ainesta sisältäville materiaaleille, minkä lisäksi se vaatii erityisen välineistön ja kemikaalien mukana kuljettamista. Koiran hajuaistia on hyödynnetty useissa eri käyttökohteissa. Voisiko sitä hyödyntää myös happamien sulfaattimaiden paikallistamisessa?

Tämän työn tarkoituksena on ollut selvittää i) voiko koira oppia erottelemaan happamat sulfaattimaat muista maa-aineksista hajuerotteluradalla, ii) pystyykö koira paikallistamaan happamat sulfaattimaat jo valmiiksi läjitetyistä maamassoista ja iii) pystyykö koira paikallistamaan happamat sulfaattimaat koskemattoman maan pinnalta.

Työssä käytettiin Tunnistus-hankkeesta, GTK:lta, ja LUKE:lta saatuja hapan sulfaattimaa-näytteitä, sekä pääasiassa GTK:n Tikkurilan ja Östersundomin pehmeikkötutkimuksista saatuja ei-sulfidipitoisia verrokinäytteitä. Erilaiset ilmaisuun, etsintätarkkuuteen ja etsintäkuviioon liittyvät tekniikkaharjoitukset toteutettiin pääasiassa harjoitushajua (kong) käyttäen. Varsinaisen kohdehajun (happamat sulfaattimaat) opettaminen toteutettiin hajuerottelurataharjoituksilla. Hajuerottelurataharjoituksista siirryttiin maastoharjoitteluun, jossa harjoiteltiin sekä maanpinnalle kätkeytyjen, että maahan kaivettujen kätköjen etsimistä erilaisissa ympäristöissä. Myös autenttisilla happamien sulfaattimaiden yleiskartan mukaisilla kohteilla käytiin kokeilemassa, miten koira alueisiin reagoi.

Happamien sulfaattimaiden tunnistamiseen koulutettu erikoisetsintäkoira pystyy tunnistamaan ja erottelemaan happamat sulfaattimaat muista maa-aineksista hajuerotteluradalla yli 90 % todennäköisyydellä. Myös maanpinnalle piilotetut kätköt koira löytää helposti. Näin ollen erikoisetsintäkoiraa voidaan hyödyntää jo kentällä, paikallistamaan happamat sulfaattimaat valmiiksi läjitetyistä maamassoista tai näytteenottoa varten kairatusta materiaalista. Muiden maakerrosten alla sijaitsevien autenttisten happamien sulfaattimaa-esiintymien paikallistamismahdollisuutta ei tämän tutkimuksen puitteissa saatu selvitettyä.

Avainsanat: happamat sulfaattimaat, koira, erikoisetsintäkoira, hajuerottelu, maastoetsintä

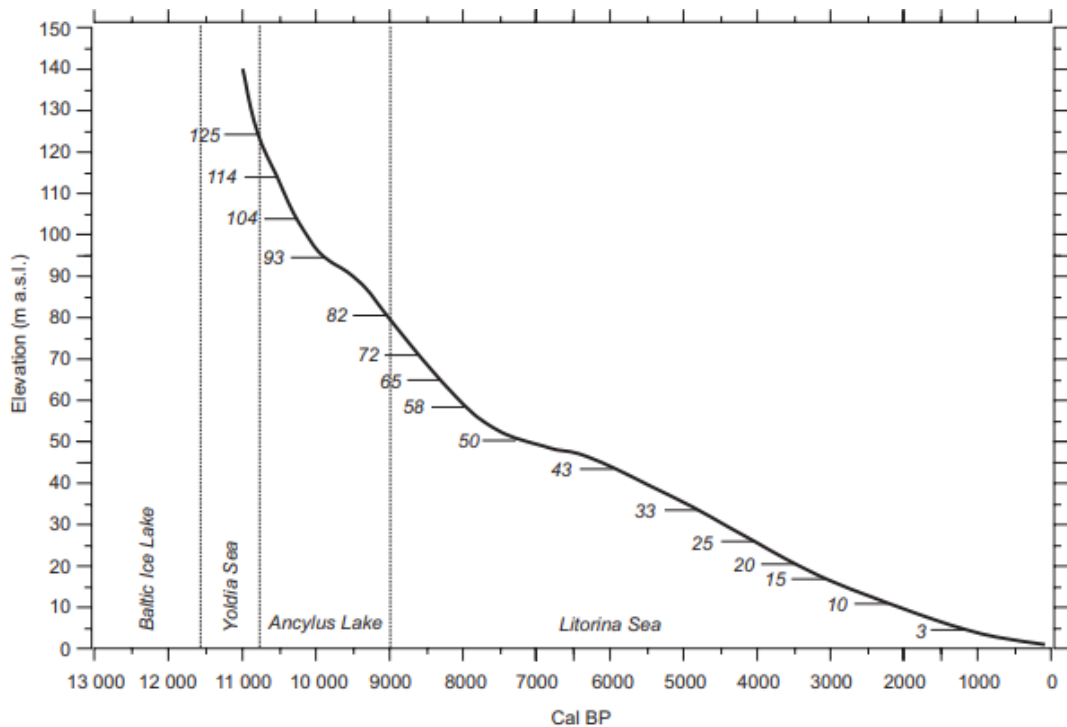
Sisällys

1. JOHDANTO	5
2. HAPPAMIEN SULFAATTIMAI DEN ESIINTYMINEN	7
2.1 Happamien sulfaattimaiden ominaisuudet	9
3. HAPPAMIEN SULFAATTIMAI DEN VAIKUTUKSET	12
3.1 Happamuuden ajalliset vaihtelut	12
3.2 Vaikutukset vesistöön	13
3.2.1 Vaikutukset vesistön metallipitoisuuksiin	13
3.2.3 Kalakuolemat	16
3.3. Teräs- ja betonirakenteiden korroosio	17
4. HAPPAMIEN SULFAATTIMAI DEN NÄYTTEENOTTO- JA TUNNISTUSMENETELMÄT SEKÄ RISKINARVIOINTI	18
4.1 Näytteenottomenetelmät	18
4.2 Tunnistus maastossa	20
4.2.1 Maasto-pH	21
4.2.2 Suotovesien pH ja niiden sähkönjohtavuus	22
4.2.3 Sähkönjohtavuus ja sulfaattipitoisuus maaperässä	22
4.2.4 Maanäytteen vetyperoksidihapetus	23
4.2.5 Maanäytteen haju ja suolahappokäsittely	23
4.3 Tunnistus laboratoriossa	24
4.3.1 Perinteinen pH inkubaatio	24
4.3.2 Tehostettu pH inkubaatio	25
4.3.3 Kokonaisrikkipitoisuuden analysointi	25
4.3.4 Maanäytteen sulfaattipitoisuus, kloridipitoisuus ja johtoluku	26
4.4 Riskinarviointi	27
5. SÄÄDÖKSET JA OHJELMAT	30
5.1 Vesipuidedirektiivi	30
5.2 Kansalliset vesienhoitosuunnitelmat ja toimenpideohjelmat vuosille 2022-2027	31

5.3 Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivat vuoteen 2020	32
6. MALMIKOIRAT	33
6.1 Malmikoiran kouluttaminen.....	34
6.2 Käytännön kokemuksia malmikoirien käytöstä	35
7. ERIKOISETSINTÄKOIRAN KOULUTTAMINEN HAPPAMIEN SULFAATTIMOIDEN TUNNISTAMISEEN	36
7.1 Hajut ja niiden käyttäytyminen	38
7.2 Koiran hajujaisti.....	38
7.3 Palkkiomerkki ja palkkio	39
7.4 Kriteeri ja vahvistetiheys.....	42
7.5 Ilmaisu.....	43
8. AINEISTO JA MENETELMÄT	45
8.1 Hajuerotteluratatyöskentely	47
8.1.1 Alkukoulutus	52
8.1.2 Koiran osaamisen testaus.....	54
8.2 Etsiminen maastossa	56
8.3 Maanpinnan alle kätkeytyvät kohteet	61
8.4 Autenttiset kohteet.....	63
9. TULOKSET JA TULKINTA.....	64
9.2 Maastoetsintä.....	69
9.3 Maahan kaivettujen kätköjen etsintä.....	71
9.4 Autenttisten kohteiden etsintä	72
9.5 Virhelähteet.....	74
10. JOHTOPÄÄTÖKSET	74
11. KIITOKSET	75
12. LÄHTEET	76
LIITTEET 1-4	

1. JOHDANTO

Suomen rannikkoalueilla sijaitsevat happamat sulfaattimaat (myöh. HaSut) ovat syntyneet pääasiassa Itämeren altaan *Litorina*-merivaiheen aikana 9000-4000 cal BP (Kuva 1), runsasravinteisissa ja hapettomissa olosuhteissa, mikrobien hajottaessa orgaanista ainesta ja pelkistäessä meriveden sisältämiä sulfaatteja sulfideiksi (Sutela ym. 2012). Sulfaattien pelkistymisprosessissa sulfaattimuotoinen rikki pelkistyy sulfidimuotoon rikkivedyksi, joka yhdessä raudan kanssa saostuessaan muodostaa edelleen rautasulfideja (Goldhaber 2003). Maankohoamisen seurauksena nämä muinaiset merenalaiset sulfidikerrokset ovat nousseet merenpinnan yläpuolelle ja niitä on kuivattu sekä viljelykäyttöön, että rakentamisen tarpeisiin.



Kuva 1. Itämeren altaan rannansiirtymiskäyrä, sekä Itämeren vaiheiden iät muokattu perustuen Eronen ym. (2001) ja Ojala ym. (2013).

Joutuessaan kontaktiin hapen kanssa esimerkiksi maan kuivattamisesta johtuvan pohjavedenpinnan laskun tai maanrakennuksen maamassojen kaivuun seurauksena, sulfidikerrosten sisältämät rikkipitoiset mineraalit alkavat hajota happamoittaen maaperää ja liuottaen maaperässä olevia metalleja liukoiseen muotoon (Sutela ym.

2012). Runsaiden sateiden ja keväisten sulamisvesien maaperästä vesistöihin huuhtoma hapan ja myrkyllisen metallipitoinen valuma, aiheuttaa merkittävää ekologista haittaa vesieliöstölle (Beucher ym. 2014).

Haitallisuutensa vuoksi HaSut on otettava huomioon ja niiden mahdollinen esiintyminen hankealueilla on selvitettävä, ennen maanrakennus- ja kuivatustoiminnan aloittamista (Autiola ym. 2022). Esikartoituksen perustana käytetään Geologian tutkimuskeskuksen (myöh. GTK) 1:250 000 mittakaavaista yleiskarttaa happamien sulfaattimaiden esiintymisestä. Kartta ei sovellu kiinteistökohtaiseen tarkasteluun, joten tarkempi kartoittaminen on toteutettava erilaisilla näytteenotoilla ja laboratoriotutkimuksilla. Tutkimustarve sekä näytteenotopisteiden sijaintipaikkojen valinta perustuu edellä mainitun yleiskartan lisäksi GTK:n maaperäkarttoihin ja savialtaiden syvyystietoaineistoihin (Autiola ym. 2022). Kun näytteet on otettu, ne analysoidaan laboratoriossa. Analysointiin voi kulua aikaa useita viikkoja tai jopa kuukausia. Suuntaa antava tulos saadaan kuitenkin jo muutamassa tunnissa kentällä vetyperoksidihapetus-pikatestillä, joka ei kuitenkaan sovellu runsaasti orgaanista ainesta (> 20 %) sisältäville maa-aineksille, kuten liejusaville ja turpeille, minkä lisäksi kenttäkoe vaatii erityisten kemikaalien ja laitteistojen käyttöä.

Sulfaattien pelkistyminen sulfideiksi tuottaa rikkivetyä (H₂S). Myös rikki itsessään haisee voimakkaasti. Koiran erinomainen hajuaisti on valjastettu ihmisen käyttöön monissa erilaisissa käyttökohteissa, kuten esimerkiksi sulfidipitoisten malmien etsinnässä. Onko koiran mahdollista tunnistaa ja erotella myös HaSut muista maa-aineksista rikkivedyn tai jonkun muun hajun perusteella? Jos on, voidaanko koiran hajuaistia hyödyntää esimerkiksi paikallistamaan hankealueilla mahdollisesti esiintyvien HaSujen sijaintia ja osoittamaan potentiaalisten näytteenotopisteiden paikat? Näytteiden analysointi laboratoriossa on kallista ja aikaa vievää, joten olisi myös kustannustehokasta, jos koira pystyisi osoittamaan useiden näytteiden joukosta ne näytteet, jotka tulisi ottaa tarkempaan analyysiin.

Tämän työn tarkoituksena on selvittää erikoisetsintäkoiran käyttömahdollisuuksia HaSujen tunnistamisessa ja paikantamisessa. Työssä pyritään vastaamaan siihen i) voiko koira oppia erottelemaan HaSut muista maa-aineksista hajuerotteluradalla, ii) pystyykö koira paikallistamaan HaSut jo valmiiksi läjitetyistä maamassoista ja iii) pystyykö koira paikallistamaan HaSut koskemattoman maan pinnalta.

2. HAPPAMIEN SULFAATTIMAI DEN ESIINTYMINEN

Maankohoamisen seurauksena uutta maata paljastuu koko ajan ja sitä kuivatetaan erityisesti maanviljelyn tarpeisiin (Sutela ym. 2012). Maankuivatuksen seurauksena sulfidipitoiset sedimentit joutuvat kontaktiin hapen kanssa. Sulfidien hapettuminen vapauttaa rikkiä, joka alkaa muodostaa rikkihappoa maaveden kanssa (Sutela ym. 2012). Rikkihappo liuottaa maaperästä ympäristölle haitallisia metalleja, kuten esimerkiksi Al, Cd, Co, Cu, Ni, Zn ja U, jotka päätyvät sade- ja sulamisvesien mukana vesistöihin vahingoittaen niiden ekosysteemiä (Åström ja Björklund 1995). Tällaisia sedimenttejä voivat olla runsaasti orgaanista ainesta sisältävät maalajit, kuten lieju ja turve, sekä mineraaliaineksesta koostuvat savi ja moreeni (Autiola ym. 2022).

Mineraaliaineksesta koostuvilla HaSu-mailla rikki esiintyy hapettomissa olosuhteissa pääasiassa sulfidimuodossa, kun taas turpeessa valtaosa rikistä on sitoutuneena orgaaniseen muotoon, eikä näin ollen vaikuta välttämättä muodostuvaan happamuuteen (Autiola ym. 2022). Sulfaattimuodossa rikkiä esiintyy hapettuneissa maakerroksissa (Autiola ym. 2022).

Suomessa HaSuja on tutkittu erilaisissa tutkimus- ja kartoitusprojekteissa jo vuosikymmenten ajan ja ilmiönä se on tunnistettu jo ainakin 1900-luvun alkupuolelta lähtien (Auri ym. 2022). Yhtenäiset käytänteet happamien sulfaattimaiden määrittämiseksi ja luokitteluksi ovat kuitenkin puuttuneet, samoin kuin laajempiin tutkimuksiin pohjautuvat arviot niiden yleisyydestä (Auri ym. 2022). GTK toteutti valtakunnallisen yleiskartoituksen happamien sulfaattimaiden esiintymisestä vuosina 2009-2021 ja julkaisi koko rannikkoaluetta koskevan valmiin yleiskartan niiden esiintymisalueista (Auri ym. 2022).

Pääosa HaSuista esiintyy *Litorina*-merivaiheen korkeimman rannan ja nykyisen rantaviivan välisellä alueella, ylimmillään noin 100 m korkeudella nykyisen merenpinnan tason yläpuolella (Sutela ym. 2012). *Litorina*-merivaiheen aikaiset ja sen jälkeen kerrostuneet liejuiset sedimentit sisältävät rikkiä kaikkein eniten ja aiheuttavat tästä syystä eniten myös happamuusongelmia (Autiola ym. 2022). *Ancylus*-järvivaiheen sedimenttejä löytyy myös *Litorina*-merivaiheen korkeimman rannan tason yläpuolelta, mutta niissä rikkipitoisuus on usein varsin pieni, eivätkä ne ole muodostaneet HaSuja kuin satunnaisesti (Auri 2015).

HaSujen aiheuttamat ympäristöhaitat, EU:n vesipolitiikan puitedirektiivi (2000/60/EY), kansalliset vesienhoitosuunnitelmat sekä toteamus HaSujen kartoitustiedon tarpeesta maa- ja metsätalousministeriön sekä ympäristöministeriön laatimassa happamien

sulfaattimaiden strategiassa, loivat lähtökohdan Geologisen tutkimuskeskuksen vuosina 2009-2020 toteuttamalle HaSujen yleiskartoitukselle (Auri ym. 2022).

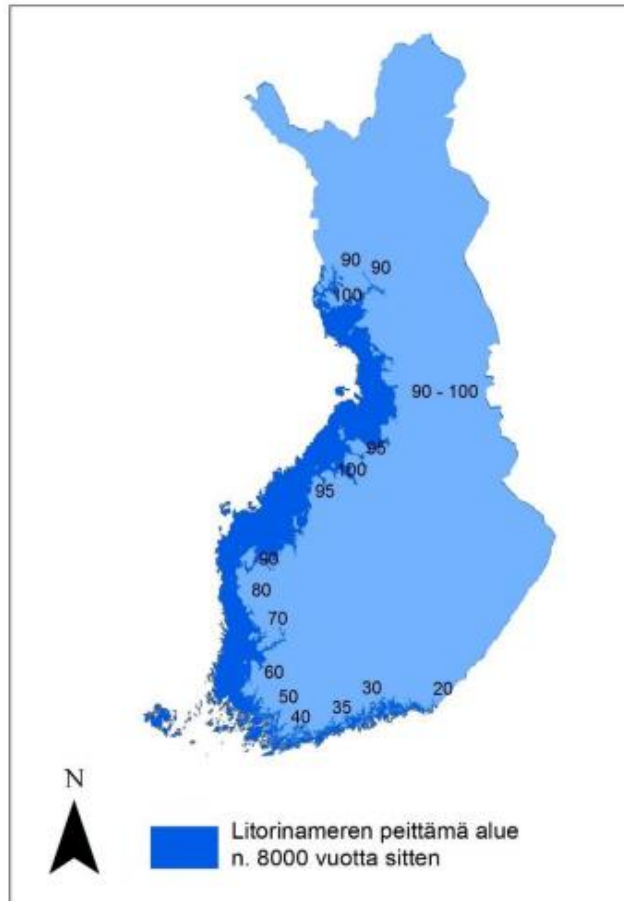
1:250 000 mittakaavainen happamien sulfaattimaiden yleiskartta on karkea kuvaus HaSujen esiintymisestä ja ominaisuuksista Suomen rannikkoalueilla ja se kattaa muinaisen *Litorina*-meren peittämän, noin 50 000 km² laajuisen alueen (Auri ym. 2022). Tutkimusten perusteella Suomen HaSu-esiintymien on todettu olevan Euroopan laajimmat (Auri ym. 2022).

GTK:n tekemä HaSujen yleiskartoitus on pyritty toteuttamaan mahdollisimman yhdenmukaisin menetelmin, yleisesti hyväksytyjen ja ajantasaisten tunnistus- ja luokittelukriteerien mukaisesti (Auri ym. 2022). Pitkäkestoisesta kartoitusjaksosta kertyneen kokemuksen pohjalta, kartoitusmenetelmiä on kuitenkin jouduttu muokkaamaan ja kehittämään hankkeen aikana paremmiksi, vastaamaan kattavammin muuttuneita tietotarpeita (Auri ym. 2022). Kartoituksen aikaisista muutoksista huolimatta karttojen vertailukelpoisuutta ja yhdenmukaisuutta on pidetty hankkeessa hyvin tärkeänä (Auri ym. 2022).

Yleiskartoituksen pohjalta HaSuja voidaan todeta olevan koko Suomen rannikkoalueella (kuva 2.), laajimpien alueiden sijoituessa Pohjois-Suomessa Kemijoen valuma-alueelle, Pohjois-Pohjanmaalla Oulun ympäristöön ja Hailuodon alueelle, Pohjanmaalla rannikkoalueelle ja Satakunnassa Kokemäenjoen valuma-alueelle (Auri ym. 2022). Eteläisessä Suomessa HaSuja on kartoitettuun alueeseen suhteutettuna huomattavasti vähemmän (Auri ym. 2022).

Satunnaisesti rikkiptoisia sedimenttejä tavataan muinaisen merenpohjan lisäksi myös kalliooperän mustaliuskevyöhykkeillä sekä järvien pohjilla (GTK 2020). Tänäkin päivänä rikkiptoisia sedimenttejä muodostuu rannikkoalueen merenlahdissa sekä jokisuistoissa ja aikanaan, kohottuaan meren pinnan yläpuolelle, niistä muodostuu HaSuja (GTK 2020).

Tyypillisesti happamia sulfaattimaita on käytetty viljelysmaana, sillä ne ovat yleensä erittäin tuottavia muokkauskerroksen neutraloimisen jälkeen (Autiola ym. 2022). Tämän lisäksi happamia sulfaattimaita esiintyy yleisesti turvepeitteisillä metsäalueilla, suoalueilla sekä maaston painanteissa pienempien soistuma-alueiden alla (Autiola ym. 2022).



Kuva 2. *Litorina*-meren peittämä happamien sulfaattimaiden yleiskartoituksen alue. *Litorina*-meren korkein rantataso on merkitty karttaan metreinä, nykyisen merenpinnan yläpuolella (Autiola ym. 2022 Ojalaa ym. mukailleen 2013).

2.1 Happamien sulfaattimaiden ominaisuudet

Tyypillisimmät sulfidisedimentit ovat väriltään usein mustan- tai tummanharmaita liejuisia ja hienorakeisia silttejä tai savia (Auri ym. 2021). Tumma väri johtuu rikin esiintymisestä rautamonosulfidina (FeS) (Boman ym. 2008). Etenkin Etelä-Suomessa rikki esiintyy sedimenteissä pääasiassa kuitenkin rautasulfidina eli pyriittinä (FeS_2), jolloin se on väriltään yleensä vaaleampi (Autiola ym. 2022). Myös sellaiset maat, joissa sulfidipitoisuus on alhainen ja maalaji on karkearakeinen (hienoa hiekkaa tai karkeampaa ainesta), voivat muodostaa happamuutta huonon puskurikyvyn vuoksi, sillä maaperän pH voi laskea voimakkaasti pienestäkin määrästä hapettuvaa sulfidia (Autiola ym. 2022).

Happamien sulfaattimaiden määrittämisessä käytetään maamateriaalin maasto-pH-tason ja inkubaatio-pH-tason arvoja alla olevan mukaisesti (kuva 3.) (Boman ja Auri 2021).

Maa-aines on **sulfaattimaamateriaalia** eli varsinaista hapanta sulfaattimaamateriaalia, jos

- maasto-pH mineraalimaissa on < 4,0 tai
- maasto-pH orgaanisessa materiaalissa on < 3,0 (esim. turve ja lieju, joissa LOI > 20 %) sulfidien hapettumisen seurauksena

Maa-aines on **hypersulfidimateriaalia** eli potentiaalista hapanta sulfaattimaamateriaalia, jos

- näytteen inkubaatio-pH mineraalimaassa on < 4,0 (inkubaatio: 9-19 viikon hapettuminen kosteana huoneenlämmössä) tai
- inkubaatio-pH orgaanisessa materiaalissa on < 3,0 ja muutos pH-tasossa (mineraalimaassa ja orgaanisessa aineksessa) vähintään 0,5 yksikköä.

Poikkeuksena kansainvälisiin luokituksiin, Suomessa ja Ruotsissa on otettu käyttöön termi **pseudo hapant sulfaattimaamateriaali**. Termiä käytetään maamateriaalille, joka ei täytä happaman sulfaattimaamateriaalin kriteerejä, mutta jossa sulfidien hapettumisesta johtuva hapontuottopotentiaali voi olla korkea (Boman ja Auri 2021). Myös pseudo happamat sulfaattimaat voidaan jakaa aktiivisiksi ja potentiaalisiksi seuraavin kriteerein (Boman ja Auri 2021):

Maa-aines on **pseudosulfaattimateriaalia** eli aktiivista pseudo hapanta sulfaattimaamateriaalia, jos

- maasto-pH mineraalimaassa on 4,0-4,5 ja
- maasto -pH orgaanisessa materiaalissa on 3,0-3,5

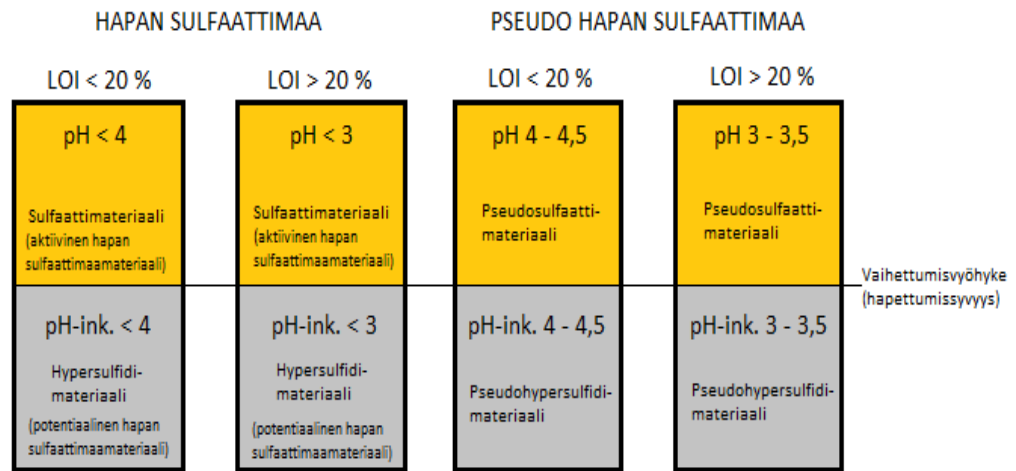
Maa-aines on **pseudohypersulfidimateriaalia** eli potentiaalista pseudo hapanta sulfaattimaamateriaalia, jos

- inkubaatio-pH mineraalimaissa on 4,0-4,5 ja
- inkubaatio-pH orgaanisessa materiaalissa on 3,0-3,5.

Koska hienorakeisen pseudo happaman sulfaattimaamateriaalin hapontuottopotentiaali voi olla karkearakeista hapanta sulfaattimaamateriaalia selvästi korkeampi, on termin käyttöönotto koettu tärkeäksi sulfaattimaita luokiteltaessa (Boman ja Auri 2021). Pseudo happamien sulfaattimaiden nimitystä ollaan muuttamassa parahappamiksi sulfaattimaiksi (Boman 2023, henkilökohtainen tiedonanto).

Sulfidimateriaaliksi kutsutaan maa-ainesta, jossa sulfidimuotoista rikkiä on yli 0,001 % (Autiola ym. 2022). Mikäli materiaalissa ei esiinny merkittävästi sulfideja eli näytteen pH ei täytä hypersulfidi- tai pseudohypersulfidimateriaaleille määritettyjä kriteerejä,

luokitellaan materiaali **hyposulfidimateriaaliksi** tai ei-happamaksi sulfaattimaamateriaaliksi (Boman ja Auri 2021).



Kuva 3. Happamien sulfaattimaiden luokituksen mukaiset raja-arvot mineraalimateriaaleille (LOI < 20 %) ja orgaanisille materiaaleille (LOI > 20 %) sekä pseudo happamille sulfaattimaamateriaaleille (Autiola ym. 2022).

Happamien sulfaattimaiden määrittämisen yhtenä menetelmänä voidaan käyttää myös maan kokonaisrikkipitoisuutta, sillä hapettumattomassa maaperässä se korreloi verraten hyvin sulfidipitoisuuden kanssa (Visuri ym. 2021). Vaikka kokonaisrikkipitoisuutta on käytetty happamien sulfaattimaiden tunnistusmenetelmänä, sekä myös riskiluokittelussa, se ei sovellu yksinään luotettavaan happamoitumisen määrittämiseen, sillä esimerkiksi liejuissa ja turpeissa kokonaisrikki voi esiintyä pääosin orgaanisessa muodossa, josta ei aiheudu vastaavaa happamoitumisen vaaraa (Visuri ym. 2021). Toisaalta taas karkearakeisissa maalajeissa puskurikyky on yleensä varsin alhainen, joten pienikin sulfidipitoisuus voi aiheuttaa merkittävää happamoitumista (Mattbäck ym. 2017).

3. HAPPAMIEN SULFAATTIMOIDEN VAIKUTUKSET

3.1 Happamuuden ajalliset vaihtelut

HaSuista aiheutuviissa happamuusvaikutuksissa ja metallien huuhtoutumismäärissä on hyvinkin paljon merkittävää ajallista vaihtelua (mm. Österholm ja Åström 2008). Jokivesien pH-arvot voivat vaihdella vuoden mittaan paljonkin ja monessa joessa pH laskee lähes vuosittain alle viiden (Sutela ym. 2012). Pahimmilta HaSu-alueilta vetensä saavat virtavedet voivat kärsiä kroonisesta happamuudesta ympäri vuoden, jonka seurauksena vesistön ekologinen tila heikkenee pysyvästi (Sutela ym. 2012).

HaSujen osuus valuma-alueesta, sekä happamuuspotentiaalista kertova sulfidikerrosten syvyys ja rikkipitoisuus ovat yhteydessä siihen, kuinka paljon haittaa hapan sulfaattimaa voi aiheuttaa (Yli-Halla 2003). Joillakin maa-alueilla ongelmaa aiheuttavat sulfidikerrokset ovat edelleen pohjaveden kyllästämässä kerroksessa, jolloin ne voivat hapettuessaan aiheuttaa vakavaa haittaa ympäristölle, kun taas toisaalla happamat maa-ainekset ovat jo pääosin hapettuneet ja sulfaattivarat ovat huuhtoutuneet niistä pois, jolloin niistä ei enää aiheudu ympäristölle haittaa (Sutela ym. 2012).

Maaperän vuosituhansien ikäiset rikkivarastot pienenevät erittäin nopeasti maakerroksen hapettuessa maan kuivatuksen seurauksena (Sutela ym. 2012). Rikkivarastojen tyypillinen puoliintumisaika hapettumiselle altistuneilla sulfaattikerroksilla on noin 30 vuotta, joskaan ne eivät tämänkään jälkeen muutu vielä pitkään aikaan haitattomaksi ympäristölle (Österholm ja Åström 2004). Laskelmien mukaan maankohoamisella ei ole yksinään merkittävää vaikutusta sulfaattimaiden aiheuttamiin ongelmiin vaan, ongelmat muodostuvat nimenomaan ihmistoiminnan seurauksena, kun maata ryhdytään ojittamaan, kuivattamaan tai vaihtamaan maamassoja (Österholm ja Åström 2004).

Epäedullisimmat olosuhteet happamuuden ja metallien huuhtoutumisen lisääntymisen kannalta sijoittuvat hydrologisen vuoden ylivirtaamajaksoihin, keväiseen lumien ja syvän roudan sulamisen ajankohtaan, syksyllä runsaisiin sateisiin, sekä kesällä kuivan kauden jälkeisiin rankkasateisiin (Sutela ym. 2012). Kaikkein ongelmallisimmat tilanteet syntyvät silloin, kun pitkän kuivan kauden jälkeen pohjaveden pinta on laskenut sulfidikerrosten alapuolelle, uomissa on alhainen virtaama ja äkilliset rankat sateet iskevät. Sateen seurauksena pääuomiin huuhtoutuu suuri määrä happamuutta ja metalleja sivu-uomien kautta, eikä alhainen pääuoman virtaama riitä laimentamaan sivu-uomista tulevaa hapanta ja metallipitoista valuntaa, kuten normaaleina vesivuosina (Sutela ym. 2012). Toksisuusvaikutukset voivat olla voimakkaita ja ulottua laajalle.

3.2 Vaikutukset vesistöön

Erilaisia vedenlaadun indikaattoreita voidaan käyttää arvioitaessa HaSujen vaikutusta vesistön vedenlaatuun ja sen ekologisiin muutoksiin (Sutela ym. 2012). Tärkeimmät happamuustilaa kuvaavat indikaattorit ovat pH-arvo sekä alkaliniteetti. Jos keskimääräinen pH-arvo alittaa 5,5 voidaan vesistön happamuustilannetta pitää kriittisenä (Palko ym. 1988). Täytyy kuitenkin muistaa, että pH voi vaihdella paljonkin seurantajakson eri aikoina esimerkiksi sateiden vaikutuksesta, joten seurantajakson keskimääräinen pH ei anna välttämättä riittävän tarkkaa kuvaa vesistön happamuustilanteesta (Sutela ym. 2012). Tästä syystä vesien ekologisen tilan ja vesieliöstön kannalta kriittisten olosuhteiden arvioinnissa ei käytetä seurantajakson keskimääräistä pH-arvoa, vaan pH-arvojen vuotuisia minimiarvoja (Sutela ym. 2012).

Alkaliniteetti ilmaisee heikkojen emästen määrää vedessä eli kertoo veden puskurointikyvystä happamoitumista vastaan (Sutela ym. 2012). Vesistön muuttuminen happamammaksi näkyy ensin alkaliniteetin laskuna ja sen jälkeen vasta pH:n alenemisena ja tästä syystä happamuustilanteen muutoksien tarkastelussa käytetään sekä alkaliniteettia että pH-arvoa (Sutela ym. 2012).

Myös asiditeettia voidaan käyttää kuvaamaan valumavesien happamuustilaa. Asiditeetti kuvaa valumavedestä neutraloitavissa olevaa happamuuden määrää (Sutela ym. 2012).

Vakavista happamuusongelmista kärsivät vedet ovat usein hyvin kirkkaita (Sutela ym. 2012). Happamuuden lisääntyessä rauta muodostaa saostumia yhdessä humusaineiden kanssa, jolloin vesi kirkastuu (Sutela ym. 2012).

Jotta HaSujen happamoittava vaikutus voidaan erottaa turve- ja metsämailta tulevasta happamasta vaikutuksesta, täytyy vedestä mitata vielä sähkönjohtavuus sekä sulfaattien ja metallien määrä (Sutela ym. 2012). Sähkönjohtavuus kertoo veden kokonaisonipitoisuuden eli veteen liuenneiden suolojen määrän, joka on happamilta sulfaattimailta peräisin olevissa valumavesissä tavallisia valumavesiä korkeampi (Sutela ym. 2012). HaSujen vaikutuksen piirissä olevissa jokivesissä sekä sulfaattien että metallien, erityisesti alumiinin määrä kasvaa (Sutela ym. 2012).

3.2.1 Vaikutukset vesistön metallipitoisuuksiin

On arvioitu, että HaSuista huuhtoutuu vesistöön jopa suurempi määrä myrkyllisiä metalleja, erityisesti Al, Cd, Co, Mn, Ni, Zn ja Cu, kuin Suomen teollisuusjätevesistä yhteensä (Sundström ym. 2002). Metallionien kemiallinen esiintymismuoto vedessä on

vahvasti sidoksissa niiden myrkyvaikutukseen eli siihen, kuinka hyvin ne kykenevät tunkeutumaan eliöiden soluihin (Sutela ym. 2012). Tutkimusten mukaan esimerkiksi alumiini on kaikkein myrkyllisintä vesieliöille pH:n ollessa 4,5 (Sutela ym. 2012). Myös humusaineet vaikuttavat metallien kulkeutumiseen ja toksisuuteen muodostamalla niiden kanssa kompleksiyhdisteitä, jolloin metallien biosaatavuus vähenee (Sutela ym. 2012).

Metalliyhdisteet, kuten esimerkiksi raudan- ja mangaanin yhdisteet, voivat muodostaa metallikomplekseja ja samalla vaikuttaa myös muiden metallien kulkeutumiseen ja biosaatavuuteen (Sutela ym. 2012). Alumiinilla sekä Suomen maaperässä runsaasti esiintyvällä raudalla on happamoitumisen kannalta suurempi merkitys, kuin monella muulla metallilla (Palko ym. 1985).

Happamalla sulfaattimailla sijaitsevien jokien suistojen sedimenttikerrostumiin muodostuu pitkäaikaisia metallivarastoja, metallien sitoutuessa hanakasti kiintoainepartikkeleihin sekä orgaaniseen ainekseen ja sedimentoituessa suiston pohjalle (Sutela ym. 2012). Näiden metallivarastojen ympäristövaikutuksia ei tunneta kunnolla (Sutela ym. 2012).

Happamilta sulfaattimailta peräisin olevien valumavesien happamuuden ja metallipitoisuuksien ekosysteemivaikutukset vaihtelevat sekä ajallisesti että paikallisesti (Fältmarsch ym. 2008). Happamuusaltistus voi olla äkillistä, pitkäkestoista tai kasautuvaa (Sutela ym. 2012). Yksittäiset äkilliset happamuuspiikit ja niiden mukanaan tuoma metallikuormitus voivat uhata erityisesti uhanalaisia, harvinaisia ja herkkiä lajeja. Happamuudesta aiheutuvat haitat voidaan kiteyttää seuraaviin vaikutuksiin (Sutela ym. 2012):

- happamuus lisää metallien toksisten olomuotojen esiintymistä
- happamuuden seurauksena metallien biosaatavuus lisääntyy
- happamuus lisää pienimolekyylisten liuenneiden humusaineiden biosaatavuutta
- humus-metallisakan muodostuminen
- pohjaeliöstön aineenvaihdunta hidastuu
- ionitasapainon ja hengitysaineenvaihdunnan häiriintyminen herkillä lajeilla

Haittavaikutukset ulottuvat yksittäisistä yksilöistä koko ekosysteemitasolle (Sutela 2012). Yksilö- ja populaatiotasolla vaikutukset näkyvät tyypillisesti heikentyneenä kasvuna ja lisääntyneenä kuolleisuutena, eliöyhteisötasolla lajiston köyhtymisenä, herkkien lajien häviämisenä ja korvautumisena vähemmän herkillä, sekä ikärakenteen muutoksena (Sutela ym. 2012). Ekosysteemitasolla koko systeemin tuottavuus laskee ja energiaa, sekä ravinteita vuotaa ekosysteemin ulkopuolelle (Sutela ym. 2012).

3.2.2 Metallien vaikutukset eliöstöön

Vesikasveista erityisesti sarakasvit, mesiangervo sekä isonäkingsammal kykenevät ottamaan metalleja tehokkaasti suoraan vedestä ja vastaavat nopeasti metallien pitoisuusmuutoksiin (Sutela ym. 2012). Isonäkingsammalien avulla on kartoitettu happamien sulfaattimaiden metallikuormituksia, sillä sammalien on havaittu ilmentävän sekä tuore- että kokoversoillaan alueellisia metallipitoisuuksia tehokkaasti (Sutela ym. 2012). Esimerkiksi happamuudesta kärsivien kolmen joen, Kyrön, Perhon- ja Lestijoen, isonäkingsammalista määritettiin metallipitoisuuksia ja erityisesti raudan, alumiinin ja kuparin pitoisuudet olivat hyvin suuret (Vuori 2002). Alumiinipitoisuus sammalissa korreloi vahvasti jokien kokonaisalumiinipitoisuuksien, kiintoainepitoisuuksien, johtokyvyn ja pH:n kanssa, ilmentäen selkeästi happamien sulfaattimaiden aiheuttamaa vaikutusta (Vuori 2002). Tutkimuksessa todettiin myös, että isonäkingsammalet kuvastavat happamuudesta johtuvia rautapitoisuuksia paremmin kuin veden rautapitoisuus, sillä rauta saostuu pH:n laskiessa ja rautasaostumia laskeutuvat sammalten pinnalle, erityisesti happamuuspiikkien aikana (Vuori 2002). Happamuuden lisääntyessä sammalet siis ilmentävät pohjahabitaattiin kohdistuvia ja ekologisesti merkittäviä raudan vaikutuksia tästä syystä vesinäytteitä paremmin (Vuori 2002).

Happamille sulfaattimaille tyypilliset korkeat magnesium-, natrium- ja vetyionipitoisuudet vähentävät sinkin biosaatavuutta, jolloin sulfaattimaille tyypilliset suuret sinkkipitoisuudet eivät näy vesisammalissa (mm. Vuori 2002). Suuret rauta- ja mangaanipitoisuudet voivat estää kadmiumin oton vesikasveissa, jolloin vesisammalet eivät heijasta myöskään kadmiumin korkeita pitoisuuksia (Vuori 2002).

Pohjaeliöstössä metallit päätyvät pohjaeläimien elimistöön joko imeytymällä ruuansulatuselimistön kautta tai ulkokuoren läpi (Sutela ym. 2012). Vuoren ja Kukkosen (1996) siiviläsirvikäillä (*Hydropsyche pellucidula*) tekemän tutkimuksen mukaan, toukan kudoksiin imeytyviä metalleja ovat erityisesti kadmium, alumiini, kupari ja sinkki, raudan kertyessä suurimmaksi osaksi toukan nahan pinnalle. Siiviläsirvikään toukat luovat nahkansa useamman kerran kasvaessaan aikuisiksi ja tästä syystä tutkijat käyttivät metallipitoisuuksien vertailussa sekä juuri nahkansa luoneita yksilöitä, että toukkanahaltaan vanhempia yksilöitä. Tutkijat eivät havainneet ryhmien välillä merkittäviä pitoisuseroja sinkin ja lyijyn suhteen, mikä viittaa ilmeisesti sinkin ja lyijyn nopeaan imeytymiseen. Sen sijaan juuri nahkansa luoneilla yksilöillä havaittiin selkeästi suurempia kadmiumin ja kuparin pitoisuuksia, kuin toukkanahaltaan vanhemmilla yksilöillä (Vuori ja Kukkonen 1996). On ajateltu, että nahanluonti itsessään altistaa toukan metallien tehokkaammalle imeytymiselle, sillä uusi ja pehmeä ulkokuori läpäisee

metalleja ikääntynyttä nahkaa paremmin (Sutela 2012). Toisaalta on mahdollista, että nahanluontiprosessi nopeutuu juuri metallialtistuksen vuoksi (Sutela ym. 2012).

Elimistöön kertynyt alumiini aiheutti epämuodostumia muun muassa siiviläsirvikkäiden anaalipapilleissa ja kasvatti merkittävästi toukkien alumiinipitoisuutta (Sutela ym. 2012). Suurin osa eliöiden kokonaisrautapitoisuudesta on peräisin pääasiassa ulkokuoren kautta tulleesta raudasta (Sutela ym. 2012). Erityisesti happamissa olosuhteissa rauta voi muodostaa erilaisia rautaoksiidi- ja rauta-humus-komplekseja toukkien pinnoille, mitkä nostavat niiden kokonaisrauta- ja kokonaismetallipitoisuuksia sekä lisäävät toukkien kuolleisuutta (Vuori ja Kukkonen 1996).

3.2.3 Kalakuolemat

Näkyvin seuraus HaSujen aiheuttamista ympäristövaikutuksista lienevät laajat kalakuolemat pitkän, kuivan ja sateettoman jakson jälkeen, kun kovat sateet tai lumien sulamisvedet huuhtovat maaperässä muodostuneen happamuuden ja metallit vesistöihin (Sutela ym. 2012). Valuma-alueella toteutettu kuivatustoiminta voimistaa vaikutuksia entisestään, hapelle altistuneen maakerroksen syventyessä kuivatuksen seurauksena ja kuivatusojien johtaessa happamuus- ja metallikuorman nopeasti vesistöön. Happamoitumisen vaikutuksesta kalalajien määrä vesistöissä vähenee lajikohtaisen sietokyvyn mukaisesti, särjen, kuhan ja planktonsiian ollessa todennäköisesti ensimmäisinä ja hauen, kiiskin ja ahvenen, viimeisinä katoavien lajien joukossa (Tuunainen ym. 1991).

Se, kuinka voimakkaasti happamuuden ja metallien yhteisvaikutus kaloihin vaikuttaa, riippuu lajin lisäksi kalojen iästä ja kehitysvaiheesta, sekä vastaanottavan vesistön puskurointikyvystä ja humusaineiden määrästä (Sutela ym. 2012). Humusaineet sitovat itseensä metalleja, humushappojen muodostaessa komplekseja happamuuden mukanaan tuomien liukoisten metallien kanssa, jolloin metallien biosaatavuus vähenee, vaikka metallipitoisuus olisikin korkea (Gensemer ja Playle 1999). Kirkkaissa vesissä happamuuden ja metallien yhteisvaikutus on voimakkaampi. Aikuiset kalat sietävät happamuutta paremmin, kuin poikaset ja pienet poikaset huonommin, kuin isommat poikaset (Tuunainen ym. 1991). Kun pH-taso laskee neljään, kaikki kalat kuolevat (Sutela ym. 2012).

Liian happamassa ja alumiinipitoisessa ympäristössä eläminen vaikuttaa merkittävästi kalojen ionitasapainoon, sillä kala ei pysty ottamaan ympäröivästä vedestä niin paljon suoloja, kuin mitä se niitä menettää (Keinänen ym. 1998). Hapan ja alumiinipitoinen vesi

vähentää myös kalojen uintiaktiivisuutta ja kuolevuus lisääntyy (Keinänen ym. 1998). Kalat voivat sopeutua elämään lievästi happamassa vedessä, mutta äkilliset muutokset happamuudessa aiheuttavat kaloille hengitysvaikeuksia ja johtavat jopa kuolemaan (Sutela ym. 2012). Happamuuden lisääntyminen erityisesti alumiini- ja rautapitoisissa vesissä voi johtaa laajoihin kalakuolemiin, sillä alumiini ja rauta sakkautuvat kidusten pinnoille vaikeuttaen hengitystä merkittävästi (Sutela ym. 2012). Kidusten limaneritystä lisäämällä kala pystyy suojautumaan haitallisten aineiden vaikutukselta jonkin verran, mutta tällöin hengityskaasujen diffuusiomatka lisääntyy ja hengitys vaikeutuu (Exley ym. 1991).

Veden happamuus- ja kohonneet metallipitoisuudet aiheuttavat ongelmia myös kalojen lisääntymiselle, häiriten muun muassa sukupuolihormonien tuotantoa, munasolujen kypsymistä, koiraiden testisten kehittymistä, kudusta palautumista, mädin hedelmöittymistä, sekä alkion kehitystä (Sutela ym. 2012). Happamassa ja metallipitoisessa vedessä poikasten kuoriutuminen viivästyy tai estyy, ruskuaispussipoikasten aineenvaihdunta hidastuu ja poikanen passivoituu, kehitys viivästyy, poikasten uintikyky heikkenee ja kuolleisuus kasvaa (Sutela ym. 2012). Edellä mainitut seikat johtavat viiveellä kalansaaliiden romahtamiseen ja näkyvät muun muassa ikäluokkien puuttumisina, vaihteluna yksilömäärissä ja tiettyjen kalakantojen taantumisena tai jopa häviämisenä kokonaan (Leskelä ja Hudd 1993).

3.3. Teräs- ja betonirakenteiden korroosio

Happamille sulfaattimaille rakentaminen asettaa erityisiä vaatimuksia käytettäville rakenteille ja rakennusmateriaaleille. Hapan ympäristö lisää muun muassa teräs- ja betonirakenteiden korroosionopeutta merkittävästi, mikä tulee ottaa huomioon käytettäviä rakennusmateriaaleja valittaessa. Kun HaSuja tarkastellaan korroosioympäristöinä, tulee aktiivinen HaSu ja potentiaalinen HaSu erottaa toisistaan, sillä korroosioympäristöinä ne poikkeavat toisistaan merkittävästi.

Aktiivisen HaSun pääasiallinen syöpymistä aiheuttava vaikutus on seurausta pääasiassa alhaisesta pH:sta ja paikallisista happikonsentraatioeroista (Autiola ym. 2022). HaSujen synty-ympäristöstä peräisin olevat, maaveteen liuenneet sulfaatti- ja kloridi-ionit, lisäävät maaperän sähkönjohtavuutta aktiivisilla happamilla sulfaattimilla, mikä taas on tyypillinen korroosionopeutta lisäävä tekijä (Carpen ja Törnqvist 2014). Toisaalta, myös sulfaatti- ja kloridi-ioneja puskuroivat bikarbonaatti-, karbonaatti-, kalsium- ja hydroksidi-ionit nostavat maaperän sähkönjohtavuutta ja tästä syystä maaperän sähkönjohtavuudesta ei voida suoraan määrittää maaperän korroosio-ominaisuuksia

(Carpen ja Törnqvist 2014). Maalajin raekokojakauma on yksi maaperän sähkönjohtavuuteen vaikuttavista tekijöistä. Tyypillisesti mitä hienorakeisempi maalaji on kyseessä, sitä korkeampi on sen sähkönjohtavuus, verrattaessa karkearakeisempiin maalajeihin (Carpen ja Törnqvist 2014). Hapettunutta ympäristöä edustavien aktiivisten HaSujen korroosioriskiä voidaan arvioida happamuuden, sulfaatti- ja kloridipitoisuuden, sähkönjohtavuuden sekä redox-potentiaalin perusteella (Carpen ja Törnqvist 2014).

Potentiaalinen HaSu edustaa pelkistynyttä, rikkipitoista, hapettomassa tilassa olevaa ympäristöä. pH-taso potentiaalisesti happamilla sulfaattimailla on neutraali tai hieman emäksinen, johtuen vanhan meriveden vaikutuksesta huokosvedessä (VESI.fi). Potentiaalisessa happamassa sulfaattimaassa orgaanisen aineksen hajottamiseen erikoistuneet SRB-bakteerit (sulfate reducing bacteria) käyttävät hengittämiseensä hapen sijaan sulfaatteja, pelkistäen niitä sulfideiksi. Samalla muodostuu rikkivetyä, vettä ja hiilidioksidia (Carpen ja Törnqvist 2014). Rikkivety vetää puoleensa erityisesti rautaa ja kalkofiilisiä alkuaineita, muodostaen rautasulfideja (FeS ja FeS₂). Rautasulfideilla on merkittävä katodinen vaikutus vedyn pelkistysreaktioissa ja tästä syystä maahan upotettujen raudasta ja teräksestä valmistettujen materiaalien korroosionopeus lisääntyy (Videla ym. 1998).

4. HAPPAMIEN SULFAATTIMAIKEN NÄYTTEENOTTO- JA TUNNISTUSMENETELMÄT SEKÄ RISKINARVIOINTI

4.1 Näytteenottomenetelmät

HaSuja tutkittaessa on tärkeää valita useammasta vaihtoehdosta tarkoitukseen soveltuva oikeanlainen näytteenottomenetelmä. Menetelmää valittaessa tulee huomioida millä menetelmällä juuri kyseisen laatuudesta maaperästä voidaan ottaa näytesyvyydeltään riittävä ja edustava näyte, miten näytteen hapettuminen saadaan estettyä tai pidettyä minimissään, minkälainen näyteastia on soveltuva näytteen säilyttämiseen, kuinka näytteitä käsitellään myöhemmin ja minkälaisia tietoja niistä on tarpeen saada myöhemmin selville (Autiola ym. 2022).

Soveltuvia näytteenottomenetelmiä HaSujen tutkimiseen ovat muun muassa näytteen ottaminen kairakoneella, iskuporakoneeseen kiinnitettävällä näytteenottimella, sekä käsikäyttöisellä suokairalla tai suurempimittakaavainen kaivinkoneella tehtävä koekuoppatutkimus (Autiola ym. 2022). HaSuja tutkittaessa suositaan pääsääntöisesti häiriintymättömiä näytteitä, joissa maalajin kerrosrakenteet ovat vielä ehjiä ja eri

maalajikerrokset, sekä rakenteet selkeästi nähtävillä (Autiola ym. 2022). Edustavin näyte saadaan, kun se otetaan syvyyssunnassa jatkuvana sarjana (Autiola ym. 2022).

Koekuoppatutkimuksen avulla voidaan ottaa näytteitä lähellä maanpintaa olevista, näytesyvyydeltään maksimissaan 3-4 m syvyisistä maakerrostumista, jotka sijaitsevat pohjavedenpinnan yläpuolella (Autiola ym. 2022). Koekuoppatutkimuksen avulla voidaan myös selvittää pohjavedenpinnan korkeus, sekä saada selville mm. maaperän läpäisevyydestä kertovia tietoja, maalajikerrosten ja rakenteiden tunnistamisen lisäksi (Autiola ym. 2022). Koekuoppamenetelmän toteuttaminen on helppoa ja se mahdollistaa myös suurten näytemäärien ottamisen. Menetelmän avulla näytteiden otto on mahdollista myös tiivistä ja kivisestä moreenista (Autiola ym. 2022). Tarkkojen näytesyvyyksien määrittäminen on tällä menetelmällä haasteellista, minkä lisäksi näytteet voivat helposti häiriintyä kaivutyön yhteydessä (Autiola 2022).

Jos näytteitä on otettava syvältä, jopa kymmenien metrien syvyydestä tai pohjavedenpinnan alapuolelta, soveltuu kairakoneella toteutettava näyteenottomenetelmä tarkoitukseen erityisen hyvin (Autiola ym. 2022). Happamille sulfaattimaille soveltuvia kairakone-näyteenottimia ovat esimerkiksi erilaiset mäntänäyteenottimet ja ns. dual tube-näyteenotin, joita käyttämällä on mahdollista määrittää tarkkoja ja suuriakin näytesyvyyskokoja ja ottaa niistä häiriintymättömiä näytesarjoja (Autiola ym. 2022). Happamilla hienorakeisilla sulfaattimaille voidaan käyttää myös kierrekairaa sekä lapio- ja kannukairaa, joskaan näillä menetelmillä ei aina onnistuta saamaan häiriintymättömiä maanäytteitä (Autiola ym. 2022).

Maa-ainekseltaan suhteellisen pehmeiltä sekä helposti läpäiseviltä savisilta ja hiekkaisilta maa-alueilta voidaan ottaa näytteitä myös käsikäyttöisillä tai iskuporakoneavusteisilla näyteenottimilla. Käsikäyttöisillä menetelmillä otetut näytteet ovat pääsääntöisesti häiriintymättömiä, ne voidaan ottaa halutusta kerroksesta ja syvyysuuntaisen jatkuvan sarjan ottaminen on myös mahdollista toteuttaa (Autiola ym. 2022).

Olipa näyteenottomenetelmä mikä tahansa edellä mainituista, tulisi näytteet ottaa aina jatkuvina, noin 20 cm pituisista osista koostuvina sarjoina (Autiola ym. 2022). Jos yksittäiset maalajit muodostavat paksuja yli 2 m paksuisia kerroksia, voidaan näytteitä ottaa pidemmissä, kuitenkin maksimissaan 50 cm pitkissä osissa, kunhan varmistetaan siitä, että näytteet otetaan kaikista mahdollisista maaperän tunnistetuista kerrosyksiköistä (Autiola ym. 2022). Erityisen tärkeää on tunnistaa mahdollinen

hapettumisrajapinta hapettuneen ja hapettumattoman maa-aineksen välillä ja välttää sekoittamasta tämän kerroksen yläpuolelta tai alapuolelta otettuja näytteitä keskenään (Autiola ym. 2022). Käytännössä hapettumisrajapinnan tunnistaminen voi olla maastossa varsin haastavaa ja tästä syystä riittävästä näytemäärästä huolehtiminen on erityisen tärkeää (Autiola ym. 2022).

Kenttätutkimukset ja näytteistä tehtävät laboratorioanalyysit määrittävät sen, kuinka suuri määrä näytteitä tarvitaan. Sulfidipitoisuuden määrittämiseksi näytteen hapettuminen maastossa ja laboratoriossa on estettävä esimerkiksi jäädyttämällä näyte kuivajään avulla jo maastossa (Autiola ym. 2022). Näytteet tulee pakata muoviputkiin siten, että putkeen jätetään ainoastaan pieni paisumisvara ja ne tulee säilyttää joko pakastimessa tai hapettomassa astiassa (Autiola ym. 2022).

HaSuihin perehtyneen näytteenottajan tulee kirjata ylös maastossa tehdyt havainnot mm. maaperän ominaisuuksista, kuten väristä, rakenteista, maalajista ja hajusta, sekä dokumentoida otetut maanäytteet valokuvaamalla (Autiola ym. 2022). Näytteet tulee pakata ilmatiiviisiin näyteastioihin mahdollisimman nopeasti jo maastossa, minkä lisäksi ne tulee säilyttää jääkaappilämpötilassa ja lähettää vuorokauden sisällä laboratorioon mahdollisten pH-muutosten välttämiseksi (Autiola ym. 2022). Jos pH-tasot on mitattu näytteistä jo kentällä, lähettämällä ja pakastamisella ei ole niin suurta kiirettä (Autiola ym. 2022).

4.2. Tunnistus maastossa

Kentällä tehtävä maaperän ominaisuuksien havainnointi on olennainen osa HaSujen tutkimista, tunnistamista ja alueellisten esiintymien kartoitusta (Autiola ym. 2022). Mahdollisen hapettumissyvyyden havainnointi on avainasemassa soveltuvien tutkimus- ja tunnistusmenetelmien valinnassa sekä arvioitaessa minkälaisia riskejä maankäytön kuivatus- ja kaivuutyöt voivat aiheuttaa (Autiola ym. 2022).

Maastossa havaittavia ja ylös kirjattavia asioita ovat muun muassa eri maalajien kerrosjärjestykset, haju, maalajien värit, sekä mahdolliset rakenteet ja saostumat, orgaanisen aineksen määrän ja liejupitoisuuden arviointi mahdollisuuksien mukaan, sekä pohjaveden pinnankorkeuden ja maaperän kuivatustason arviointi (Autiola ym. 2022).

Vaikka HaSujen aistinvarainen tunnistaminen on yleisesti ottaen varsin karkeaa ja tarkempi tunnistaminen on tehtävä erilaisilla analyyseillä, on maastohavainnoinnin tarkkuuden usein todettu riittävän HaSujen tutkimuksiin (Autiola ym. 2022).

4.2.1. Maasto-pH

Maastossa mitattavaa maasto-pH:ta voidaan käyttää yhtenä apukeinona HaSujen tunnistuksessa, sillä sen avulla voidaan tarkastella sekä maaperän happamoitumisen, että maaperän hapettumisen tasoa (Autiola ym. 2022). Jos mineraalimaanäytteestä mitattu maasto-pH on alle 4 ja orgaanispitoisessa maanäytteissä alle 3, voidaan maaperä luokitella happamaksi sulfaattimaaksi tämän perusteella (Autiola ym. 2022). Usein kuitenkin aktiivisilta mineraaliaineksesta koostuvilta sulfaattimailta mitattu maasto-pH minimi voi olla hieman yli neljän, jolloin tunnistus täytyy tehdä analysoimalla hapettumattomia sulfidipitoisia kerroksia (Autiola ym. 2022). Syynä korkeammalle maasto-pH pitoisuudelle voivat olla esimerkiksi alueen luonnollinen puskurointikyky, epätäydellisesti hapettunut maaperä, se että happamuus on ehtinyt huuhtoutua alueelta pois tai viljelyalueen ollessa kyseessä maan kalkitseminen (Autiola ym. 2022). Turvemaileda pH-arvot voivat laskea orgaanisten happojen vaikutuksesta alle neljään, mutta pH-arvon laskiessa kolmen alapuolelle, lasku viittaa usein sulfidien aikaansaamaan hapetukseen (Thomas 2006).

Tyypillinen maaperän hapettumissyvyys on karkeasti ajateltuna pohjavedenpinnan kanssa samalla syvyydellä (Autiola ym. 2022). Vaikka hienorakeisissa maalajeissa pohjavedenpinnantaso ei ole välttämättä kovinkaan selkeästi erottuva, on maalajin värissä ja kosteudessa yleensä selkeä ero hapettumisvyöhykkeen yläpuolisen osan ja alapuolisen osan välillä (Autiola ym. 2022).

Maaperän hapettumissyvyyttä määritettäessä, määrittäminen tehdään maastossa yleensä joko kaivinkoneella tehdyn kaivuukuopan maaleikkauksesta tai jatkuvasta kairanäytesarjasta pH-mittausten ja aistinvaraisten havaintojen perusteella (Autiola ym. 2022). pH-mittaukset otetaan maaprofiilin ylemmästä hapettuneesta osasta noin 10-20 cm välein, jotta syvyysuuntainen happamuusprofiili saadaan selvitettyä, kun taas pelkistyneestä kerroksesta mittauksia voidaan ottaa pidemmin, noin 50 cm välein (Autiola ym. 2022). Mittaukset tulisi tehdä mahdollisimman nopeasti näytteen ottamisesta, mutta jos tämä ei jostain syystä onnistu, näyte tulee säilyttää ilmatiiviisti pH-mittaukseen saakka, joka tulee suorittaa 24 h sisällä näytteen ottamisesta (Autiola ym. 2022). pH-arvo voidaan mitata suoraan deionisoidulla vedellä kostutetusta

maanäytteestä, maanäytteen ja veden seoksesta tai maanäytteen ja kalsiumkloridiliuoksen seoksesta (Autiola ym. 2022). pH-arvoja mitattaessa on syytä huomioida, että pH-mittausten desimaalin tarkka toistaminen on usein mahdotonta ja kahden rinnakkaisnäytteen mittauskerran välinen poikkeama on tyypillisesti 0,2 yksikköä (Autiola ym. 2022).

4.2.2 Suotovesien pH ja niiden sähkönjohtavuus

HaSujen olemassaolon karkeaan arviointiin voidaan käyttää myös suotovesistä tehtäviä mittauksia (Autiola ym. 2022). Mittaamalla ojavesistä niiden pH, sähkönjohtavuus ja sulfaattien määrä, voidaan päätellä, löytyykö lähietäisyydeltä happamia sulfaattimaita (Autiola ym. 2022). Österholmin ja Åströmin (2008) mukaan, suotoveden sähkönjohtavuuden ylittäessä 200 uS/cm ja pH laskiessa alle 4,5, indikoi se vahvasti HaSujen läheisyyttä. Korkeat sulfaattipitoisuudet ovat yleisesti vahva merkki sulfidiperäisestä maaperän happamoitumisesta, joskin poikkeuksena ovat merivedellä kyllästyneet maa-ainekset, joissa sulfaattipitoisuus ja sähkönjohtavuus voivat olla luonnollisestikin varsin korkeita (Autiola ym. 2022). Kaikki edellä mainitut mittaukset voidaan suorittaa jo maastossa tarkoitukseen soveltuvalla mittalaitteistolla (Autiola ym. 2022).

Suotovesien kenttämittauksia tehtäessä tulee huomioida myös lähipäivien sääolosuhteet. Mikäli vettä on satanut rankasti, maaperästä suotautunut hapan valuma voi laimentua ja mittaustulokset vääristyä pintavalunnan osuuden korostuessa. Päinvastainen tilanne voidaan saavuttaa kuivien jaksojen aikana, kun vesi ojassa seisoo ja pitoisuudet konsentroituvat seisovassa vedessä. pH-lukemiin tämä ei kuitenkaan juurikaan vaikuta, sillä konsentroitumista tapahtuu samassa suhteessa myös happamuutta puskuroivissa elementeissä (Visuri ym. 2021). Myös meriveden mahdollisuus ja sen vaikutukset ojaveden sulfaattipitoisuuksiin, sekä sähkönjohtavuuteen on otettava huomioon (Visuri ym. 2021).

4.2.3. Sähkönjohtavuus ja sulfaattipitoisuus maaperässä

Sulfidipitoisen maa-aineksen hapettuessa, maaperään rikkiyhdisteet alkavat hajota muodostaen rikkihappoa ja vapauttaen sulfaatteja (Autiola ym. 2022). Maaperän sähkönjohtavuus kohoaa sulfaattien muodostumisen seurauksena (Autiola ym. 2022). Sähkönjohtavuuden kohoaminen ei yksistään riitä paljastamaan maaperän

happamuustilannetta, vaan tulosta pitää tulkita yhdessä pH-mittausten kanssa, meriveden sulfaattien mahdollista vaikutusta unohtamatta (Autiola ym. 2022).

4.2.4 Maanäytteen vetyperoksidihapetus

Vetyperoksidia voidaan käyttää maastossa apukeinona potentiaalisen happaman sulfaattimaan määrittämisessä (Autiola ym. 2022). Maanäytteen pH tulee määrittää ennen vetyperoksidin lisäystä. Näytteeseen lisätty vetyperoksidi hapettaa näytteessä olevat sulfidit nopeasti, jolloin hapettuneen näytteen pH_{FOX} päästään mittaamaan uudelleen jo maastossa (Visuri ym. 2021). Vetyperoksidin voimakkaan hapetusominaisuuden vuoksi happaman sulfaattimaan luokittelun pH-raja on alhaisempi, kuin luonnollisesti hapettuneen maan ollessa kyseessä (Visuri ym. 2021). Jos vetyperoksidihapetuksen jälkeinen pH laskee näytteessä alle 3,0, tai alle 4,0 muutoksen ollessa hapetuksen jälkeen yli 2,5 yksikköä, voidaan näyte määrittää potentiaalisesti happamaksi sulfaattimaaksi (Visuri ym. 2021). Vetyperoksidihapetus ei sovellu runsaasti orgaanista ainesta (> 20 %) sisältäville maamateriaaleille, sillä se reagoi myös orgaanisen aineksen kanssa vääristäen tulosta (Visuri ym. 2021). Vetyperoksidihapetus voidaan tehdä myös vasta laboratoriossa.

Vetyperoksidi on voimakas hapetin ja hapetusreaktiossa muodostuu kaasuja ja huomattava määrä lämpöä, joten käytettyjen suojarusteiden ja työvälineiden tulee olla tarkoitukseen soveltuvia (Visuri ym. 2021). Erityisosaamista tarvitaan myös vetyperoksidin pH-tasoa säätämässä natriumhydroksidilla (Visuri ym. 2021).

4.2.5 Maanäytteen haju ja suolahappokäsittely

Maa-aineksen hajua voidaan käyttää yhtenä apukeinona HaSuja tunnistettaessa. Rikki haisee sulfidipitoisessa maa-aineksessa usein selkeästi, joten sitä voidaan pitää hyvänä merkinä sulfidipitoisuudesta (Visuri ym. 2021). Erityisesti liejuisista sedimenteistä voi joskus havaita myös rikkivedyn (H_2S) aikaansaaman pilaantuneen kananmunan hajun (Visuri ym. 2021). Rikkivetyä muodostuu pelkistävässä olosuhteissa, rikkibakteerien hajottaessa rikkiyhdisteitä ja orgaanista ainesta (Visuri ym. 2021). Rikkivetyä voidaan saada muodostumaan kenttäolosuhteissa myös keinotekoisesti, lisäämällä laimeaa suolahappoa (HCl) monosulfidipitoiseen maa-ainekseen, jolloin aistinvarainen tunnistaminen maastossa helpottuu (Visuri ym. 2021). Tällä menetelmällä ei saada kuitenkaan selville kuinka paljon rikkiä sedimentissä on, eikä suolahappo reagoi myöskään pyriittimuotoisen rikin kanssa, joten menetelmää ei voida käyttää HaSujen ainoana tunnistuskeinona (Visuri ym. 2021).

4.3 Tunnistus laboratoriossa

Koska kenttäolosuhteissa maanäytteistä tehtävät aistinvaraisesti tehdyt arviot eivät ole tarkkoja, tehdään laboratoriossa tarkentavia tutkimuksia ja analyyskejä. Maanäytteistä tehtäviä yleisiä määrittämyksiä ovat maalajin rakennetta ja koostumusta kuvaava raekoko, raekokojen suhde, hehkutushäviö (LOI), joka kertoo orgaanisen aineksen määrän, kuiva-ainepitoisuus ja irtotiheys (Visuri ym. 2021).

Orgaanisen aineksen määrän selvittäminen on tärkeää HaSuja tutkittaessa. Jos orgaanista ainesta on runsaasti ja hehkutushäviön osuus on korkea, orgaanisen aineksen puskuroiva vaikutus kasvaa ja happamoittava vaikutus pienenee (Visuri ym. 2021). Koska HaSujen todetaan olevan usein liejuisia (LOI 2-20 %) tai liejuja (LOI 20-40 %), niillä on myös jonkinasteinen kyky puskuroida happamuutta (Visuri ym. 2021).

LOI (loss of ignition) eli hehkutushäviö kertoo näytteessä olevan orgaanisen aineksen osuuden (Visuri ym. 2021). Hehkutushäviötä määritettäessä esikuivatusta punnitusta näytteestä (kuivatetaan 105 °C uunissa 4 h) poltetaan 550 °C lämpötilassa orgaaninen aines kokonaan pois, jonka jälkeen näyte punnitaan uudelleen ja painojen erotus eli hehkutushäviö kertoo tarkasti maanäytteessä olleen orgaanisen aineksen määrän (Visuri ym. 2021).

4.3.1 Perinteinen pH inkubaatio

Inkubaatio pH:n määrittäminen on olennaisin yksittäinen laboratorioanalyysimenetelmä kokonaisrikkipitoisuuden määrittämisen lisäksi, kun tunnistetaan potentiaalisia happamia sulfaattimaita (Visuri ym. 2021). Inkubaation perusteella on mahdollista sekä tunnistaa hapan sulfaattimaita, että arvioida ja ennustaa sen tuottamaa happamoitumista maaperässä (Visuri ym. 2021). Hapontuottopotentiaalinen määrään vaikuttaa maan rikkipitoisuuden lisäksi myös sen kyky puskuroida happamuutta (Visuri ym. 2021).

Perinteinen inkubaatio kestää 9-19 vikkoa, jona aikana pelkistyneen maanäytteen annetaan hapettua huoneilmassa löyhästi suljetuissa muovipusseissa, muovirasioissa tai näytteenottopurkeissa (Creeper ym. 2012). Maanäyte hapettuu tänä aikana vastaavasti, kuin se hapettuisi luonnollisessa tilanteessa (Visuri ym. 2021). Näytteiden kosteudesta tulee huolehtia ja tarvittaessa niihin tulee lisätä deionisoitua vettä, näytteen liiallista vettymistä varoen (Visuri ym. 2021).

Näytteiden inkubointi voidaan lopettaa ennen kuin 19 viikkoa on kulunut, mikäli näytteen pH on stabiloitunut tietylle tasolle tai pH on laskenut mineraalimaissa alle 4 ja orgaanispiteisissä maissa (LOI >20 %) alle 3 ja lasku on ollut vähintään 0,5 yksikköä maastossa mitattuihin arvoihin verrattuna (Auri ym. 2018). Jos näytteen pH on 9 viikon inkuboinnin jälkeen vielä yli 6,5, ei kyseessä ole potentiaalisesti hapan sulfaattimaa ja inkubointi voidaan lopettaa (Autiola ym. 2022). Jos pH-arvo sijoittuu 9 viikon jälkeen 4,0 (orgaanisessa aineksessa 3,0) -6,5 välille, jatketaan inkubaatiota vielä 10 viikkoa (Autiola ym. 2022). Mikäli inkubaation jälkeinen pH-arvo on mineraalimaissa laskenut < 4 ja orgaanispiteisissä maissa < 3, on kyseessä hypersulfidimateriaali ja aines voidaan luokitella happamaksi sulfaattimaaksi (Autiola ym. 2022). Maa-aines määritetään pseudo happamaksi sulfaattimaaksi, jos inkubaation jälkeinen pH on mineraalimaissa 4,0-4,5 välissä ja orgaanispiteisissä materiaaleissa 3,0-3,5 (Autiola ym. 2022).

4.3.2 Tehostettu pH inkubaatio

Koska perinteinen pH inkubaatio on hidas prosessi ja hankaloittaa monen toimijan hankkeiden etenemistä, pyrittiin Visurin ym. (2021) toteuttamassa Tunnistus- projektissa selvittämään millä keinoin perinteistä inkubaatiota voitaisiin nopeuttaa. Tutkimuksissa havaittiin, että käyttämällä 2-3 mm paksuisia näytteitä, säätämällä inkuboinnin lämpötilaa 20-30 °C ja sekoittamalla näytettä 2 kertaa viikossa, inkubointi tapahtui kaikkein nopeimmin ja tarvittava hapettumisaika saatiin lyhenemään 5 viikon alapuolelle (Visuri ym. 2021). Nopeutettu inkubointi voitiin lopettaa, kun pH mineraalimaanäytteissä saatiin laskemaan alle 4,0 ja turvemaissa vastaavasti alle 3,0 ja maanäyte todettiin happamaksi sulfaattimaaksi (Visuri ym. 2021).

4.3.3 Kokonaisrikkipitoisuuden analysointi

Kokonaisrikkipitoisuus on yksi tärkeimmistä yksittäisistä HaSujen tunnistusmenetelmistä, sillä se korreloi hyvin hapettumattoman maaperän sulfidipitoisuuden kanssa (Visuri ym. 2021). Kokonaisrikkipitoisuutta käytetään yhdessä asiditeettimäärityksen kanssa myös määrittäessä maa-aineksen riskiluokittelua eli hapontuottopotentiaalia (Visuri ym. 2021). Yksinään kokonaisrikkiä ei tähän tarkoitukseen voida käyttää, sillä sen esiintymismuoto vaihtelee maalajin mukaan, eikä se välttämättä aiheuta vastaavaa happamoitumista esimerkiksi orgaanisessa muodossa turve- ja liejumaissa esiintyessään (Visuri ym. 2021). Toisaalta taas karkearakeisissa maalajeissa jo vähäinenkin sulfidipitoisuus voi aiheuttaa merkittävää happamoitumista, sillä puskurikyky on karkearakeisissa maalajeissa usein varsin heikko (Visuri ym. 2021).

Tunnistus-projektissa (Visuri ym. 2021) saatujen tulosten perusteella on todettu, että mikäli kokonaisrikkipitoisuus alittaa hienorakeisissa maalajeissa 0,03 %, kyseessä ei todennäköisesti ole hapanta sulfaattimaamateriaali. Jos taas kokonaisriikki ylittää 0,2 % kyseessä mitä todennäköisimmin on hapanta sulfaattimaamateriaali (Autiola ym. 2022). Vastaavasti karkeissa sulfaattimaamateriaaleissa arvot ovat 0,01 % ja 0,06 %, liejuissa (LOI > 20 %) alle 0,5 % ja yli 0,5 %. Turpeissa yli 1 % kokonaisrikkipitoisuutta pidetään merkinä happamasta sulfaattimaasta (Autiola ym. 2022).

4.3.4 Maanäytteen sulfaattipitoisuus, kloridipitoisuus ja johtoluku

Kun maaperässä olevat sulfidit hapettuvat, maaperässä alkaa muodostua sulfaattia ja rikkihappoa, minkä seurauksena myös maaperän sähkönjohtavuus nousee (Visuri ym. 2021). Happamia sulfaattimaita tunnistettaessa korkea sulfaattipitoisuus ja sähkönjohtavuus ovatkin hyviä indikaattoreita happamille sulfaattimaille (Visuri ym. 2021). Mitä suurempia sulfaattipitoisuus ja sähkönjohtavuus ovat, sen todennäköisemmin tunnistettava maa-aines on hapanta sulfaattimaata (Visuri ym. 2021).

Johtoluku voidaan laskea mitatusta sähkönjohtavuudesta jakamalla tulos uS/cm sadalla tai mS/m kymmenellä (Visuri ym. 2021). Peltomaiden korkea johtoluku kertoo liiallisen suurista lannoitusmääristä tai happamista sulfaattimaista, mikäli jälkimmäisten kohdalla ravinnepitoisuudet ja pH ovat alhaisia (Visuri ym. 2021).

Maanäytteen maalaji ja puskurikyky on otettava huomioon näytteen johtolukua ja sulfaattipitoisuutta tutkittaessa (Visuri ym. 2021). Johtoluvun kohdalla meriveden mahdollinen vaikutus on erityisen tärkeää huomioida, sillä meriveden vaikutuksesta maan kloridi- ja sulfaattipitoisuudet ovat korkeita heijastuen näin ollen myös korkeina johtolukuina (Visuri ym. 2021). Tällainen tilanne voi tulla vastaan merenrannan läheisyydessä sijaitsevia maita tai merestä ruopattuja maamassoja tutkittaessa (Visuri ym. 2021). Merivedelle altistuneet maa-ainekset voidaan erottaa happamista sulfaattimaista, niiden korkean kloridipitoisuuden sekä korkean SO_4/Cl^- -suhteen perusteella (Beucher ym. 2015). Hienojakoisten maiden sulfidipitoisuudet ovat yleensä karkearakeisia maita korkeampia ja tästä syystä hapetuksen aikaansaama sulfaattipitoisuus ja johtoluku ovat hienorakeisissa maissa selkeästi korkeampia (Visuri ym. 2021).

Vaikka korkea sulfaattipitoisuus ja johtoluku indikoivatkin usein hapontuottopotentiaalin korkeutta, ei pelkästään niiden perusteella voida arvioida maaperän tai veden happamuusriskiä, vaan riskinarviointiin on liitettävä mukaan aina myös joko pH tai asiditeettimääritys tai molemmat (Visuri ym. 2021). Maaperän sulfaattipitoisuuksien raja-arvoksi korroosiotutkimuksia tehdessä on asetettu 200 mg/l tai 500 mg/kg (Liikennevirasto 2017). Mikäli nämä arvot ylittyvät, tulkitaan maapohjan poikkeavan tavanomaisesta.

Määritettäessä sulfaattipitoisuutta ja johtolukua maastossa maaperän luonnollisesti hapettuneesta kerroksesta, on syytä muistaa, että sulfaattia on voinut huuhtoutua maaperästä jo pois, jolloin sulfaattipitoisuus ja johtoluku ovat mahdollisesti tässä kerroksessa paljon matalammalla ja potentiaalinen sulfaatintuotto alapuolisessa sulfidikerroksessa merkittävästi korkeampi (Visuri ym. 2021). Toisaalta taas aktiivisilla tai potentiaalisilla happamilla sulfaattimailla sulfaattipitoisuus ja johtoluku voivat olla varsin alhaisia, mikäli hapan sulfaattimaa ei ole ehtinyt vielä kunnolla hapettumaan (Visuri ym. 2021). Tällaisissa tapauksissa sulfaattipitoisuuden ja johtoluvun selvittämistä varten mineraalimaa- ja turvenäytteet voidaan hapettaa vetyperoksidihapetuksella (Visuri ym. 2021).

4.4 Riskinarviointi

Happamien sulfaattimaiden kyky tuottaa happamuutta vaihtelee merkittävästi rikkipitoisuuden ja maan puskurointikyvyn mukaan (Nystrand ym. 2021). Happamuus on seurausta pääasiassa pyriitin FeS_2 ja muiden rautasulfidien (mono- ja metarautasulfidien) hapettumisesta (Nystrand ym. 2021). Suomalaisissa potentiaalisissa happamissa sulfaattimaissa sulfidirikki onkin yleensä pyriitin ja monosulfidien sekoitusta (Nystrand ym. 2021). Maaperässämme yleisesti esiintyvät monosulfidit antavat happamille sulfaattimaille niiden tyypillisen mustan värityksen (Nystrand ym. 2021). Myös happamuuden vapauttamat maaperän mineraaliaineksen metallit, kuormittavat ja aiheuttavat haittaa ympäristölle. Vapautuneiden metallien ja happamuuden yhteisvaikutus aiheuttaa ympäristölle haittaa paljon suuremmassa mittakaavassa, kuin mitä pelkkä happamuus yksistään aiheuttaisi (Nystrand ym. 2021). Maa-aineksen hapontuottomäärän ja hapontuottopotentiaalin määrittäminen on avainasemassa happamien sulfaattimaiden riskiluokittelua tehtäessä (Nystrand ym. 2021).

Sulfidin sisältämät rikki ja rauta muodostavat molemmat maaperään happamuutta hapettuessaan (Nystrand ym. 2021). Koska jokaista rikkimoolia kohden vapautuu kaksi

moolia happamuutta rautasulfidin muodosta riippumatta, voidaan sulfidin tuottaman happamuuden määrä määrittää teoreettisesti rikin osuuden perusteella, vaikka todellisuudessa maaperän happamuusmäärä onkin useimmiten pienempi (Nystrand ym. 2021). Vähentävästi sulfideista aiheutuvaan happamuusmäärään vaikuttavia tekijöitä ovat:

1. Rikin esiintymismuoto (kaikki rikki ei ole happamuutta muodostavassa sulfidimuodossa)
2. Epätäydellinen hapettuminen (muodostuu rautasakkoja, kuten jarosiittia tai schwertmanniittia, joista loppu asiditeetti voi vapautua ajan kuluessa)
3. Mineraalien rapautuminen. Kun pH-arvo laskee, erityisesti happamuutta neutraloivien karbonaattimineraalien rapautuminen nopeutuu.
4. Kationinvaihdossa suuria määriä happamuutta (H^+ ja Al^{3+}) sitoutuu erityisesti runsaasti orgaanista ainesta sisältäviin saviin, sekä turpeisiin (Nystrand ym. 2021).

Maaperä voi sisältää sulfidien lisäksi myös suuret määrät orgaanista ainesta, joka muodostaa hapettuessaan orgaanisia happoja, lisäten osaltaan maaperässä olevan happamuuden määrää. Orgaanisella aineksella on myös suuri kationinvaihtokapasiteetti, joka tasoittaa maaperässä tapahtuvia pH muutoksia, lisäten kuitenkin näennäisesti happamuuden määrää asiditeettia tai alkaliniteettia titrattaessa (Nystrand ym. 2021).

Koska happamien sulfaattimaiden happamuuskuormitus korreloi hyvin maa-aineksen sisältämän rikkipitoisuuden, sekä metallipitoisuuden kanssa, voidaan teoreettinen asiditeetti eli hapontuottokyky määrittää kokonaisrikkipitoisuuden perusteella seuraavan kaavan mukaisesti (Nystrand ym. 2021):

$$a = \frac{c_1}{m_1} \times 2 ,$$

missä

a = rikin perusteella laskettu asiditeetti (mmol H^+ /kg)

c_1 = rikki (g) = rikki (%) * 10000

m_1 = rikin moolimassa (32,066 g/mol)

Kokonaisrikkipitoisuuden perusteella voidaan myös teoreettisesti määrittää, kuinka paljon vapautuvan happamuuden neutraloimiseksi tarvitaan kalsiumkarbonaattia (kg CaCO₃/t) (Nystrand ym. 2021):

$$m_2 = \frac{c_1}{m_1} \times \frac{c_2}{1000}$$

missä

c_1 = rikki (g) = rikki (%) * 10000

m_1 = rikin moolimassa (32,066 g/mol)

m_2 = rikin perusteella laskettu neutralointimateriaalitarve (kg CaCO₃/t)

c_2 = CaCO₃ moolimassa (100,0869 g/mol)

Tavallisesti ainoastaan noin puolet maahan levitetystä kalkista liukenee (mm. Boman ym. 2008), joten tämä on syytä ottaa huomioon maan neutralointitarvetta ja siihen tarvittavan kalkin määrää arvioitaessa. Myös maa-aineksen tiheys vaihtelee, eikä näin ollen vastaa täysin kaavassa käytettyä tiheyden arviota 1 tonni/m³. Erityisesti turpeissa ja liejuissa rikki saattaa esiintyä suureksi osaksi orgaanisessa muodossa, eikä aiheuta happamoitumista, jolloin kokonaisrikkipitoisuus ei korreloi happamuusriskin kanssa kovinkaan hyvin (Nystrand ym. 2021).

Riskiluokituksen tarkoituksena on pyrkiä erottelemaan happamilla sulfaattimaillo jo toteutunut ja potentiaalisesti toteutuva hapontuottomäärä toisistaan, jotta maaperän todellinen hapontuottomäärä pystytään määrittämään. Tämä toteutetaan asiditeettianalyysillä (kuva 4), jossa kaliumkloridiliuoksen (KCl) ja hapettuneen maanäytteen suspension pH titrataan natriumhydroksidiliuoksella (NaOH) 5,5 ja/tai 6,5 (Nystrand ym.2021). Kaliumkloridi irrottaa kaiken olemassa olevan happamuuden (H⁺ - ionit) maanäytteen kationinvaihtopaikoilta, jonka jälkeen suspension pH titrataan natriumhydroksidilla vastaamaan Suomen vesistöjen laadun raja-arvoa 5,5 ja/tai kansainvälisesti käytettyä asiditeettititrauksen arvoa 6,5 (Nystrand ym. 2021). Hapontuottomäärä lasketaan käytetyn NaOH-liuoksen ja näytteen kuiva-ainepitoisuuden avulla (Nystrand ym. 2021). Potentiaalista hapontuottomäärää määritettäessä maanäyte tulee hapettaa ensin joko inkubaatiolla, tai vetyperoksidihapetuksella (Nystrand ym. 2021)

ASIDITEETTIANALYYSI

TAA (Titratable Actual Acidity)	TIA (Titratable Incubated Acidity)	TPA (Titratable Peroxide Acidity)
= toteutunut asiditeetti	= potentiaalinen asiditeetti	= potentiaalinen asiditeetti
<ul style="list-style-type: none">• Maanäyte + KCl• Titraataan natriumhydroksidilla pH 5,5 ja/tai 6,5	<ul style="list-style-type: none">• Maanäytettä inkuboidaan 9-19 viikkoa• Maanäyte + KCl• Titraataan natriumhydroksidilla pH 5,5 ja/tai 6,5• Luotettavin arvio potentiaalisesta asiditeetista → huomio maaperän luonnollisen puskurikyvyn	<ul style="list-style-type: none">• Maanäyte hapetetaan vetyperoksidilla• Maanäyte + KCl• Titraataan natriumhydroksidilla pH 5,5 ja/tai 6,5• Nopea. Tulos saadaan kahdessa päivässä• Ei soveltu orgaanista ainesta (< 20 %) sisältäville maanäytteille

Kuva 4. Asiditeettianalyysi Nystrand ym. 2021 mukailten.

5. SÄÄDÖKSET JA OHJELMAT

5.1. Vesipuitedirektiivi

Vesiä on suojeltava ja niiden kunnosta on huolehdittava yli kansallisten rajojen, sillä vesi on edellytys kaikelle elolliselle ja myös taloudellisesti korvaamaton resurssi. EU:n vesipuitedirektiivi (2000/60/EY) määrittää lainsäädännölliset raamit sekä puhtaiden vesien suojelemiseksi ja vesistöjen ennallistamiseksi, että pyrkii varmistamaan vesien kestävän käytön pitkällä aikavälillä (Kurrer 2021).

Vesipuitedirektiivi luo puitteet ja edellytykset rannikko- ja pohjavesien, jokisuiden vaihtumisalueiden, sekä sisämaan pintavesien suojelulle (Kurrer 2021). Tavoitteena on kestävän kehityksen mukaisen veden käytön edistäminen, saastumisen vähentäminen ja ehkäisy, vesiympäristöjen suojelu ja tilan parantaminen, sekä tulvien ja kuivuuden vaikutusten vähentäminen (Kurrer 2021). Yleisen tavoitteen mukaisen kaikkien vesiympäristöjen hyvän tilan saavuttaminen vaatii jäsenvaltioilta vesienhoitosuunnitelmien laatimista maantieteellisten vesistöalueiden pohjalta sekä tavoitteiden saavuttamiseksi laadittuja erityisiä toimenpideohjelmia (Kurrer 2021).

Vesipuitedirektiivin tavoitteiden tukena toimivat suppeampialaiset direktiivit, joita ovat mm. juomavesidirektiivi, pohjavesidirektiivi, uimavesidirektiivi, ympäristölaatunormeja

koskeva direktiivi, nitraattidirektiivi, yhdyskuntajätevesiä koskeva direktiivi sekä tulvadirektiivi (Kurrer 2021).

5.2 Kansalliset vesienhoitosuunnitelmat ja toimenpideohjelmat vuosille 2022-2027

ELY-keskusten valmistelemissa ja valtioneuvoston hyväksymissä seitsemässä alueellisessa vesienhoitosuunnitelmassa ja merenhoitosuunnitelmassa vuosille 2022-2027 on määritelty toimenpiteitä happamien sulfaattimaiden vaikutusten vähentämiseksi (Suomen ympäristökeskus 2021).

Alueelliset vesienhoitosuunnitelmat nojaavat ympäristöministeriön, maa- ja metsätalousministeriön, ELY-keskusten, Maa ja metsätaloustuottajain Keskusliiton, Luonnonvarakeskuksen ja Suomen ympäristökeskuksen edustajista koostuvan maatalouteen, turkiseläintalouteen ja happamiin sulfaattimaihin keskittyneen työryhmän tarkentamaan loppuraporttiin vesienhoidon kolmannen kauden, sekä merenhoidon toisen kauden alueellisten toimenpiteiden suunnittelusta (Pyykkönen ym. 2021). Pyykkösen ym. (2021) koostamassa loppuraportissa todetaan happamien sulfaattimaiden huomioimisesta ja torjunnasta muun muassa seuraavaa:

GTK:n yleiskartta happamista sulfaattimaista osoittaa potentiaaliset happamien sulfaattimaiden esiintymisalueet rannikkoseudulla. Ongelmallisimmat sulfaattima-alueet on jatkossa tarpeen tunnistaa happamuutta ehkäisevien toimien mahdollisimman suuren vaikutuksen ja kustannustehokkuuden saavuttamiseksi (Pyykkönen ym. 2021). Koska sulfaattimaiden ominaisuudet vaihtelevat alueellisesti paljonkin, voidaan kuormitusta arvioida muun muassa happamuuspotentiaalın suuruuteen, maaperän hapettumissyvyyteen, hydrologiaan ja maankäyttöön pohjautuvalla riskikartoituksella Pyykkönen ym. (2021) toteavat.

Happamista sulfaattimaista ja niiden kuivatuksesta ei ole olemassa erillistä lainsäädäntöä, vaan kuivatuksesta säädetään pääsääntöisesti vesilain puitteissa (Pyykkönen ym. 2021). Happamille sulfaattimaille tehtävästä ojituksesta on kuitenkin aina tehtävä ELY-keskukselle ojitusilmoitus esimerkiksi metsämaiden ja turvetuotantoalueiden, infrastruktuurin rakentamisalueiden sekä muiden isojen alueiden maankuivatuksen yhteydessä (Pyykkönen ym. 2021).

Raportissa esitetään tarve kehittää järjestelmä yksittäisten peltolohkojen happamuusanalyysitulosten tallentamiseksi maaseutuviranomaisten tietojärjestelmiin, joiden tietoja voidaan hyödyntää jatkossa alueellisesti ja valtakunnallisesti mm.

maaseutuohjelmien valmistelussa, tutkimuksessa, vaikutusten seurannassa ja tilastoinnissa (Pyykkönen ym. 2021).

Säätösalaajituksen automaatio-ohjausta tulee kehittää säätösalaajituksen hoidon helpottamiseksi ja työn vähentämiseksi raportissa todetaan. Kehitystä tarvitaan myös alueellisten sademäärien ennustamiseen säätösalaajituksen tehokkuuden lisäämiseksi (Pyykkönen ym. 2021).

Raportin mukaan happamien sulfaattimaiden haittojen vähentämiseksi täytyy kehittää ja ottaa käyttöön uusia tutkimustietoon pohjautuvia kustannustehokkaita menetelmiä, kuten esimerkiksi PRECIKEM-käsittely, jossa salaajaputkistoon pumpataan kalsiumkarbonaatti- ja kalsiumhydroksidiliuosta säätökaivojen kautta neutraloimaan maahuokosissa olevaa happoa sekä hidastamaan sulfidien hapettumista katalysoivien happamissa olosuhteissa viihtyvien mikrobien toimintaa (Pyykkönen ym. 2021).

Pyykkösen ym. (2021) muodostama työryhmä toteaa myös tarpeen laatia ohjeistuksen happamien sulfaattimaiden huomioimiseen, sekä niihin liittyvän tiedotuksen ja neuvonnan lisäämiselle.

5.3 Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivat vuoteen 2020

EU:n vesipuidedirektiivin edellyttämän vesienhoitosuunnitelman toteuttamisen ja edistämisen tueksi maa- ja metsätalousministeriö yhdessä ympäristöministeriön kanssa laativat strategian happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämiseksi (Maa- ja metsätalousministeriö, myöhemmin MMM 2011). Strategiatyössä keskeisimmiksi asioiksi nousivat happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen ehkäisy ja niiden torjunta sekä happamien sulfaattimaiden kartoitus ja luokittelu (MMM 2011). Eriyisen olennaiseksi asiaksi strategiassa nostettiin myös happamiin sulfaattimaihin liittyvä neuvonnan ja tiedottamisen lisääminen sekä sulfaattimaiden huomioiminen lainsäädännössä, maankäytön suunnittelussa, erilaisissa ohjelmissa ja tukijärjestelmissä (MMM 2011). Strategian tavoitteeksi asetettiin valtion viranomaisten, maakunnan liittojen, kuntien ja toiminnanharjoittajien päätöksentekoon vaikuttaminen (MMM 2011).

Strategia luotiin vesipuidedirektiivin toimeenpanon ensimmäisellä kuusivuotiskaudella ja tavoitteet asetettiin vahvistamaan ja linjaamaan happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämistä (MMM 2011).

6. MALMIKOIRAT

Sulfidimalmeja etsineet malmikoirat ovat lähimpänä tämän työn selvityksen kohteena olevia happamia sulfaattimaita ja niiden etsimistä koiran kanssa. Malmikoiratoiminta loi myös pohjan laaja-alaiselle erikoisetsintäkoirien käytölle.

Maailman ensimmäisen malmikoiran, saksanpaimenkoira Rajan Lari (Kuva 5.) koulutus aloitettiin vuonna 1962 (Valkama 2008). Kouluttajana toimi pitkän linjan palveluskoiraharrastaja ja Suomen Kennelliiton aktiivijäsen Pentti Mattsson (Valkama 2008).



Kuva 5. Pentti Mattsson ja malmikoira Rajan Lari (Valkama 2008).

Jo vuonna 1964 päästiin käyttämään Juvan -Virtasalmen alueella kokeiluluontoisesti sulfidipitoisten lohkareiden etsintään koulutettua koiraa (Valkama 2008). Erinomaisten tulosten seurauksena malmikoirien määrää lisättiin ja niitä käytettiin aktiivisesti GTK:ssa malminetsinnän apuna vuodesta 1964 alkaen (Valkama 2008). GTK:n malmikoirien koulutusyksikkö perustettiin Mikkelin kaupungin läheisyyteen ja sieltä valmistui kaiken kaikkiaan pitkälti toistakymmentä malmikoiraa (Outokummun Sanomat 1979). Sittemmin malmikoirien koulutus jatkui Ylivieskassa (Valkama 2008). Vuonna 1965 malmikoiratoiminta nousi laajemmin julkisuuteen saatuaan valtion myöntämän tunnustuspalkinnon hyvien tulosten saavuttamisesta (Valkama 2008). Malmikoiria

käytettiin GTK:ssa aktiivisesti malminetsinnän apuna vuosina 1964-1994 (Valkama 2008).

6.1 Malmikoiran kouluttaminen

Kaikki malmikoirat olivat rodultaan saksanpaimenkoiria, koska niiden rotuominaisuuksien katsottiin soveltuvan koulutukseen ja raskaaseen kenttätyöskentelyyn mahdollisimman hyvin (Valkama 2008).

Koulutus toteutettiin kolmivaiheisesti. Ensimmäisessä vaiheessa tarkan pennun valinnan jälkeen, pentua alettiin kasvattaa huolellisesti. Pennun kontakteja muihin ihmisiin supistettiin mahdollisimman pieneksi, sillä mielihyvää tuottavien ihmiskontaktien koettiin kiinnostavan koiraa enemmän mukavaan kotiympäristöön ja vähentävän sen halukkuutta työskennellä kentällä (Valkama 2008). Ohjaajan ja koiran välinen leimautuminen vahvistui koiran asuessa ja eläessä ohjaajansa kanssa. Samalla ohjaaja opetteli tuntemaan koiransa luonteenpiirteet ja käytöksen mahdollisimman hyvin.

Pennun ravinnon oikeaan tasapainoon kiinnitettiin paljon huomiota, elinvoimaisen ja vahvan työkoiran aikaansaamiseksi (Valkama 2008). Kuntoliikuntaa lisättiin asteittain koiran ikäkehityksen mukaisesti hyvän fyysisen työkunnan saavuttamiseksi (Valkama 2008).

Koiran ollessa noin vuoden ikäinen, siirryttiin seuraavaan koulutusvaiheeseen, jossa painopiste kohdistettiin tottelevaisuuskoulutukseen (Valkama 2008). Koulutusta muokattiin perinteisestä tottelevaisuuskoulutuksesta vastaamaan paremmin kenttätyön tarpeita (Valkama 2008). Koira opetettiin esimerkiksi risteilemään edestakaisin ja etsimään esineitä, jotka sen tuli tuoda suoraan eteenpäin kulkevalle ohjaajalle. Täsmällisyyttä ja tarkkuutta haettiin niihinkin tilanteisiin, jossa ohjaaja oli jossakin kauempana (Valkama 2008). Fyysisen kunnan kohottamiseen kiinnitettiin edelleen huomiota (Valkama 2008).

Kenttäkoulutukseen ja varsinaisen työn opettamiseen keskityttiin kolmannessa vaiheessa koiran ollessa noin kahden vuoden iässä (Valkama 2008). Koulutuksen tavoitteena oli saada koira etsimään ja ilmaisemaan sulfidimalmipitoiset jääkauden kuljettamat lohkarieet ja kalliopinnot (Valkama 2008).

Ohjaajan oli tunnistettava etsintäympäristöstä koiran etsintää, hajujen erottelua ja ilmaisua vaikeuttavat seikat, kuten muiden ärsykkeiden esiintyminen, haihduntaa vähentävä liiallinen kuivuus ja toisaalta taas liian kostea ja sateinen ilma, koiran

väsyminen, pidempi tauko koiran koulutuksesta tai käytöstä, oikeiden kohteiden puuttuminen etsittäväältä alueelta (Valkama 2008).

Alkuun opetuksessa käytettiin ohjaajan maastoon piilottamia leluja ja esineitä (Valkama 2011). Myöhemmässä koulutusvaiheessa siirryttiin käyttämään oikeita malmilohkareita. Kun koira löysi ja toi malmilohkareen, se palkittiin jollain mielihyvää tuottavalla asialla (Valkama 2008). Yrityksen ja erehdyksen kautta koira oppi haistamaan ja löytämään oikean hajuisen malmilohkareen muiden hajujen joukosta.

Liian isojen kivien, kallioesiintymien ja irtonaisten maalajien alla olevien esiintymien ilmaisemiseksi koiralle opetettiin ilmaisukäytös (Valkama 2008). Koira pyrki luontaisesti kaivamaan maata, jos sen syvyyksistä löytyy koira kiinnostavaa hajua. Tätä ominaisuutta käytettiin hyväksi kaivamis- ja haukkumisilmaisua opettaessa (Valkama 2008). Jotta koira saatiin ilmaisemaan näkyvän kohteen sijaan pelkkää hajua, piilotettiin lohkarkeitä ohuen maakerroksen alle tai siroteltiin maaperään malmikivijauhetta (Valkama 2008).

Koira sai kulkea koulutusvaiheessa ohjaajan mukana kentällä. Koska etsiminen on koiralle sekä fyysisesti että henkisesti erittäin rasittavaa, pidettiin aktiiviset etsintäjaksot verrattain lyhyinä erityisesti nuorilla koirilla (Valkama 2008). Jos etsintäalue oli tyhjä etsittävästä hajusta, tuli ohjaajan järjestää koiralle sellainen harjoitus, jossa koira pystyi löytämään kohteen ja ilmaisemaan saadakseen palkkion (Valkama 2008). Tämä oli erittäin tärkeää etsintämotivaation säilyttämisen kannalta. Koirat saavuttivat valmiin työkuoron noin 3- vuotiaina (Valkama 2008).

6.2. Käytännön kokemuksia malmikoirien käytöstä

Koirien osaamista testattiin erilaisilla järjestetyillä koeasetelmilla, joista koirat selviytyivät erinomaisesti (Valkama 2008). Koirat onnistuivat löytämään kaikki piilotetut sulfidia sisältävät luonnonkivet, mukaan lukien kupari-, magneetti- ja rikkikiisu sekä molybdeeni ja lyijyhohde (Valkama 2008). Koirat haistoivat kohteet saven, turpeen, moreenin ja veden alta jopa usean metrin syvyyteen asti (Valkama 2008). Erityisesti maapeitteisillä, metsäisillä ja soisilla alueilla malmikoirien kyvyt tulivat parhaiten esiin ja koirien huomattiinkin olevan huomattavasti kokenutta lohkarkeitetsijää tehokkaampia (Valkama 2008).

Malmikoirat työskentelivät isäntiensä kanssa noin 8 h päivässä sulan maan aikaan, parhaan ajankohdan sijoituessa myöhäiseen kesään ja syksyyn (Valkama 2008). Koirat työskentelivät noin 6-7 kk vuodessa ja työikä kesti noin kuusi vuotta (Valkama 2008).

Koska tulokset ja kokemukset malmikoirista olivat Suomessa varsin positiivisia, alettiin koiria kouluttaa malminetsintään myös Ruotsissa, Kanadassa ja Neuvostoliitossa (Valkama 2008).

Kun maine malmikoirien erinomaisista etsintäkyvyistä levisi maailmalle, englantilaiset kouluttajat oivalsivat, että koirien käyttömahdollisuuksien olisi mahdollista ulottua myös laajemmalle muiden etsittävien hajujen piiriin (Valkama 2008). Jos koira pystyy etsimään malmia, niin miksei yhtä hyvin myös huumeita. Mattsonin tutkimustulosten, raporttien ja filmien pohjalta englantilainen huumekoirien koulutus sai alkunsa hyvin tuloksin (Valkama 2008). Sittemmin erilaisten erikoisetsintäkoirien käyttö on lisääntynyt ja monipuolistunut valtavasti.

7. ERIKOISETSINTÄKOIRAN KOULUTTAMINEN HAPPAMIEN SULFAATTIMOIDEN TUNNISTAMISEEN

Koiran erinomainen hajuaisti on valjastettu ihmisen käyttöön monessa erilaisessa käyttötarkoituksessa. Erikoisetsintäkoirat etsivät muun muassa räjähteitä, ruumiita, huumeita, verta, siemennestettä, rahaa, lutikoita, homeita, ruokaa, aseita, malmia, kaukolämpövuotoja jne. Koirat kertovat omistajansa verensokerin heilahteluista ja kipujen alkamisesta, ennen kuin omistaja ehtii sitä itse edes huomata. Porin prikaatissa erikoisetsintäkoiraa käytetään öljyvuotojen paikallistamiseen (Halkio 2020). Swerockin työmailla koirat etsivät kalliolouhinnassa räjähtämättömiksi jääneitä räjähteitä, parantaen Swerockin työntekijöiden työturvallisuutta (Swerock 2022). Kaikki edellä mainitut käyttömuodot perustuvat koiran hajuaistiin ja kykyyn erotella eri hajuja toisistaan.

Jokaisella maa-aineksella on oma ominaishajunsa, riippuen siitä mistä mineraaleista ne ovat muodostuneet, kuinka paljon ja minkälaista eloperäistä ainesta ne sisältävät ja mitkä molekyylit kyseisistä yhdisteistä haihtuvat. Ympäristö, josta maa-aines on peräisin jättää ainekseen oman hajujälkensä, samoin se minkälaisissa olosuhteissa ja missä maa-ainesta näytteenoton jälkeen säilytetään. Millä perusteella koira voi erottaa HaSut muista maa-aineksista?

Orgaanisen aineksen hajottamiseen hapettomissa oloissa erikoistuneet sulfaattien pelkistäjäbakteerit käyttävät hengittämiseensä hapen sijaan sulfaatteja, pelkistäen ne sulfideiksi (Sutela ym. 2012). Voidaan olettaa, että happamilla sulfaattimaidella pelkistävässä olosuhteissa muodostuvaa rikkivetyä vapautuu jossain määrin koko ajan. Maaperän redox-olosuhteiden muuttuminen hapettomasta hapelliseen ja päinvastoin pohjavedenpinnan korkeuden muutosten seurauksena, sekä kasvillisuuden juuriston

johtaessa happea syvemmälle maahan, pumpppaa rikkivetyä maahuokosissa ylöspäin (Österholm 2023, henkilökohtainen tiedonanto). Rikkivetyä voi muodostua niin kauan, kun maassa on sulfaattimuotoista rikkiä, joka pelkistyy sulfideiksi. Myös lämpötilan lisääntyminen vaikuttaa lisäävästi rikkivedyn kohoamiseen maahuokosissa. Näin ollen voidaan ajatella, että rikkivety voi olla yksi HaSujen tunnistusperuste koiralle.

Veikon (kuva 6) koulutus toteutettiin koirien hajuerottelukoulutuksen yleisiä pääpiirteitä noudattaen, käyttäen positiivista vahvistamista. Kohdehaju, joka koiran halutaan tunnistavan, opetetaan koiralle hajuerotteluradalla. Hajuerottelurataharjoitukset aloitetaan ensin pelkkää kohdehajua käyttäen. Harjoitusten edetessä mukaan otetaan verrokkihajut vahvistamaan koiran käsitystä oikeasta etsittävästä kohdehajusta. Koulutuksen vaiheisiin kuuluu myös väärille kohteille/verrokkihajuille tapahtuvien virheilmaisujen sammuttaminen, jossa koiraa ei vedetä väärältä purkilta pois, vaan odotetaan sen keksivän itse, ettei kohde ole oikea.

Kun koira pystyy tunnistamaan hajun hajuerotteluradalla, voidaan siirtyä vaiheittain harjoittelemaan maastoon. Maastoharjoittelu pyritään suunnittelemaan vastaamaan mahdollisimman hyvin autenttista etsintäympäristöä. Koulutuksen edetessä, myös autenttiset harjoituskohteet tulee lisätä harjoituksiin mukaan. Veikon koulutuksessa käytettiin sekä harjoitushajua (kong-lelu, myöh. kongi), että varsinaista kohdehajua (happamat sulfaattimaat), koulutuksen edetessä Aineisto ja menetelmätosiossa kuvattun mukaisesti.



Kuva 6. Tässä tutkimuksessa happamien sulfaattimaiden hajutunnistuksesta vastaa käyttölinjainen labradorinnoutajauros Veikko eli Metsäsuharin Kuusenkerkkä. s. 25.2.2021. (Kuva Veli-Matti Suhonen 2022)

7.1 Hajut ja niiden käyttäytyminen

Asian ymmärtämisen helpottamiseksi tässä asiayhteydessä hajumolekyylien ilmaan nousemista kuvataan sanalla *haihtuminen*. Kyseessä ei siis varsinaisesti ole tapahtuma, jossa neste muuttuu höyryksi kiehumispistettä alemmassa lämpötilassa.

Materiaasta ilmaan haihtuva molekyylikoostumus määrittää sen, miltä kyseinen materia haisee (Hormila ja Romppainen 2019). Haihtuvat molekyylit eroavat voimakkuudeltaan toisistaan ja osa niistä voi haihtua hyvin nopeasti, jolloin hajun koostumus muuttuu ajan kuluessa (Hormila ja Romppainen 2019). Haasteena hajujen opettamisessa koiralle onkin juuri se, että vaikka tiedettäisiinkin haistettavan materiaalin koostumus, ei voida tarkasti tietää, mitä koira materiaalista loppujen lopuksi haistaa.

Mitä puhtaampaa alkuhajua käytetään opettamiseen, sitä paremmin koira halutun hajun oppii. Huumeiden hajua opetettaessa puhdas haju tarkoittaa huumetta, jota ei olla katukaupalle tyypilliseen tapaan jatkettu millään ylimääräisellä aineella. Mutta mitä se tarkoittaa HaSujen kohdalla, sillä HaSu-materiaalit eivät ole keskenään homogeenisiä. Jotta koira pystyisi tunnistamaan happamat sulfaattimaat, tulee sen tunnistaa jokin kaikkia HaSu-materiaaleja yhdistävä tekijä hajuseoksesta.

Varsinaisen aineen haihtuvuuden lisäksi moni ulkopuolinen tekijä vaikuttaa siihen, kuinka hyvin hajumolekyylit liikkuvat ja kuinka helposti ne voidaan tunnistaa. Tällaisia tekijöitä ovat ilman, sekä maaperän kosteus ja lämpötila, ilmanpaine, tuuliolosuhteet, hajulähteen pinta-ala, hajulähteen sijainti, kuinka kauan hajulähde on ollut paikoillaan, sekä ympäristö, jossa hajulähde sijaitsee (Hormila ja Romppainen 2019). Mitä matalampi lämpötila, sitä hitaammin molekyylit liikkuvat ja päinvastoin.

7.2 Koiran hajuisti

Hajujen maailmassa elävä koira tunnistaa, erottelee ja analysoi ympäristössään esiintyviä hajuja jatkuvasti. Voimakkaan nuuhkimisen seurauksena hajut päätyvät syvällä koiran nenän sisällä olevaan hajuepiteeliin, jossa hajureseptorisolujen (Olfactory Receptor Cells, ORC) hajureseptorit (Olfactory Receptors) reagoivat hajumolekyyleihin ja lähettävät signaalin hermosoluja pitkin aivojen eri osiin käsiteltäväksi (Hormila ja Romppainen 2019). Hajuja tunnistava hajuepiteeli on koiran rodusta riippuen laajuudeltaan 92-200 cm² ja se sisältää noin 125-300 miljoonaa hajureseptorisolua, kun vastaava hajuepiteelin laajuus ihmisenänessä on noin 4-5 cm² ja hajureseptorisolujen määrä noin 5 miljoonaa (Hormila ja Romppainen 2019). Tarkkaa tietoa koirien hajureseptorisolujen sisältämien hajureseptoreiden kokonaismäärästä on vaikea löytää,

mutta mitä tuoreemmasta tutkimuksesta on kyse, sitä suuremmaksi hajureseptoreiden määrä arvioidaan (Hormila ja Romppainen 2019).

Merkityksettömämpi hajumolekyylin kulkeutumisreitti koiran nenäonteloon ja hajureseptoreille on suun ja nielun kautta (Hormila ja Romppainen 2019). Jos koira on liian stressaantunut, kiihtynyt tai peloissaan, viestit eivät kulkeudu aivoihin asti, eikä koira voi työskennellä (Hormila ja Romppainen 2019).

Hajureseptorisolussa on useita toistensa kanssa samankaltaisia hajureseptoreita, jotka ovat erikoistuneet reagoimaan ainoastaan yhteen hajumolekyyliin (Hormila ja Romppainen 2019). Koska hajut koostuvat useiden hajumolekyylin sekoituksesta, stimuloi yksi haju useampaa reseptoria. Noin 30-60 vrk välein vanha hajureseptorisolu kuolee ja korvautuu uudella (Hormila ja Romppainen 2019). Uuden hajureseptorisolun hajureseptorit eivät välttämättä muodostu samoiksi, kuin vanhassa hajureseptorisolussa, vaan hajureseptoreiden tyyppi määräytyy koiran usein haistelemien ja sille tarpeellisten hajujen mukaan (Hormila ja Romppainen 2019). Toisin sanoen koiran hajuaistin herkkyys jollekin hajulle lisääntyy, jos koira haistelee sitä usein ja toisaalta taas heikkenee, jos hajun haistelu on vain satunnaista.

7.3 Palkkiomerkki ja palkkio

Koiran koulutuksessa ensiarvoisen tärkeää on löytää palkkio, jota koira oikeasti haluaa ja tavoittelee innokkaasti. Mitä houkuttelevampi palkkio, sitä tehokkaammin koira työskentelee sen saadakseen. Oikein ajoitettu palkkio tai palkkiomerkki, kertoo koiralle juuri sen hetken, jossa koiran käyttäytyminen mahdollisti palkkion saamisen, jolloin käytös vahvistuu (Hormila ja Romppainen 2019). Koska palkkion kaivaminen taskusta ja antaminen koiralle vie aikaa, ei koira välttämättä osaa yhdistää tiettyä käyttäytymistä ja palkkiota toisiinsa. Tästä syystä palkkiomerkin opettaminen koiralle on hyödyllistä. Palkkiomerkkinä käytetään usein klikkeriä eli naksutinta, mutta merkki voi olla yhtä hyvin jokin lyhyt sana tai äännähdys (zip, hip, hyvä, jep, jne.). Tässä tutkimuksessa palkkiomerkkinä käytetään suun naksautusta.

Kuten Pavlovin koirat, ehdollistuessaan muun muassa kellon kilautukseen ennen ruuan saamista, myös hajutunnistuskoulutuksessa koira ehdollistuu klassisesti sille opetettuun hajuun (Hormila ja Romppainen 2019). Klassisessa ehdollistumisessa koiralle luodaan miellelyhtymä jonkin ehdollisen ärsykkeen ja ehdottoman ärsykkeen välillä (Gerritsen ym. 2013). Kun koiralle opetetaan, että tietyn hajun kohtaamisesta seuraa sen tavoittelema palkkio (ruoka tai lelu) se alkaa yhdistää asian niin, että kyseinen haju tarkoittaa samaa,

kuin palkkio. Eli kun koira haistaa hajun (ehdollinen ärsyke), se yhdistää sen kohta saatavaan palkkioon (ehdoton ärsyke). Koira ehdollistuu klassisesti myös palkkiomerkkiin eli koira oppii palkkiomerkin tarkoittavan palkkiota. Palkkiomerkin kuuleminen kertoo koiralle sen, että se juuri palkkiomerkin kuulemisen hetkellä koira on tehnyt jotain, josta se ansaitsee palkkion. Näin varsinaiselle palkkion antamiselle saadaan koulutuksessa muutama sekunti lisäaikaa.

Operanttia ehdollistumista käytettäessä, koiralle annetaan vahviste eli palkkio oikeasta käytöksestä, jolloin käytös vahvistuu, kun taas ei toivotusta käytöksestä seuraa jokin rangaistus (Gerritsen ym. 2013). Nykyaikaisessa koirankoulutuksessa ollaan siirrytty käyttämään pitkälti pelkästään positiivista vahvistetta rankaisuun pohjautuvien vahvisteiden sijaan. Edward L. Thorndike (1874-1949) kuvaili operantin ehdollistumisen peruskäsitteitä jo 1800-luvun loppupuolella, mutta varsinaisena operantin ehdollistumisen kehittäjänä pidetään B. F. Skinneriä (1904-1990), joka tutki operanttia ehdollistumista tarkkailemalla erityisesti kyyhkysten ja rottien käyttäytymistä (Gerritsen ym. 2013).

Operantin ehdollistumisen laatikkokokeessa eli Skinnerin laatikossa, joka lienee tunnetuin Skinnerin tekemistä kokeista, rottien ja kyyhkysten käyttäytymiseen vaikutettiin antamalla eläimelle tietystä käyttäytymisestä palkkio ja tietystä käyttäytymisestä rangaistus (Gerritsen ym. 2013). Skinnerin laatikko sisälsi reaktiovivun, ruokaannostelijan, kovaäänisen, valot ja sähköistetyn verkkoalustan, joita käyttämällä tai sammuttamalla eläin saatiin käyttäytymään tietyllä tavalla (Gerritsen ym. 2013). Kun eläin painoi reaktiovipua, Skinner palkitsi sen ruualla tai juomalla tai esimerkiksi sammuttamalla verkkolattiasta sähkövirran (Gerritsen ym. 2013). Reaktioiheys eli tapahtuneiden reaktioiden määrä tietyssä ajassa, tallennettiin jokaisen Skinnerin positiiviseksi tai negatiiviseksi vahvisteeksi nimeämän palautteen antamisen jälkeen (Gerritsen ym. 2013).

Yksinkertaistettu operantin ehdollistumisen malli perustuu neljään pääkohtaan eli käyttäytymistä muokkaavaan vahvisteeseen (Gerritsen ym. 2013):

1. Positiivinen vahviste
2. Negatiivinen vahviste
3. Positiivinen rankaisu
4. Negatiivinen rankaisu

Positiivisella vahvisteella koira saavuttaa jotain, mitä se arvostaa.

Esimerkki: Koira istuu ja saa palkkioksi makupalan tai lelun.

Negatiivisella vahvisteella jokin epämiellyttävä asia poistuu käyttäytymisen aikana.

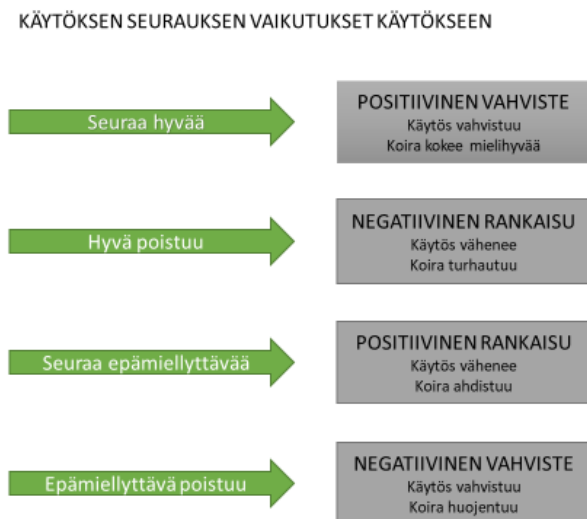
Esimerkki: Koiraa opetetaan istumaan painamalla sen takapäätä alaspäin. Kun koira istuu, paine takapäätä poistuu. Koira siis oppii, että istumalla päästään eroon ikävästä takapäähän kohdistuvasta paineesta.

Positiivinen rankaisu tarkoittaa jonkin epämiellyttävän asian, esimerkiksi kivun tai uhkan lisäämistä koiralle. Esimerkki: Koira hyppää sängylle, jossa omistaja ei halua koiran oleskelevan. Omistaja tarttuu koiraan niskasta ja vetää koiran pois sängystä.

Negatiivisessa rankaisussa jokin miellyttävä asia poistuu.

Esimerkki: Koira istutetaan ruokakupin ääreen odottamaan lupaa syömiseen. Jos koira yrittää ottaa varaslähdön ja syöksyy ruokakupille ilman lupaa, kuppi nostetaan pois lattialta, jolloin koira menettää sen asian, jota se arvostaa ja tavoittelee.

Käyttäytymisestä aiheutuvat seuraukset sekä niihin liittyvät tunnetilat vaikuttavat koiran motivaatioon vahvasti (Kuva 7). Paras tulos saavutetaan positiivisen vahvistamisen keinoin eli silloin, kun koiralle tarjotaan käytöksestä jotain, mitä se arvostaa ja tavoittelee, kun taas positiivista rankaisua käyttämällä eli tuottamalla kipua tai pelkoa, tulos on kaikkein heikoin (Hormila ja Romppainen 2019).



Kuva 7. Käytöksen seurauksen vaikutukset käyttökseen (Hormila & Romppainen 2019).

Veikko on koulutettu pääasiassa positiivista vahvistetta käyttäen eli oikeasta käytöksestä seuraa palkkio. Joissain tilanteissa on käytetty myös negatiivista rankaisua eli Veikko on menettänyt mahdollisuuden ansaita palkkion. Esimerkiksi jos Veikko on ottanut

etsittävän kohteen suuhunsa, kohde on otettu suusta pois ja kyseinen etsintä on päättynyt siihen ja palkkio on jäänyt saamatta.

7.4 Kriteeri ja vahvistetiheys

Ennen harjoituksen suorittamista, kouluttajan on määritettävä kriteeri, jolla koira voi ansaita palkkion. Kriteerin on oltava niin helppo, että koira yltää siihen. Mitä monimutkaisempi lopullinen tavoite on, sitä pienempiin osiin eli kriteereihin tehtävä tulee pilkkoa. Esimerkiksi, jos koiran halutaan etsivän ja ilmaisevan 1 mm kokoista kongin palaa (Kuva 8.) talon jalkalistoista, ensimmäiseksi kriteeriksi riittää, että koira katsoo lattialla olevaa kokonaista kongia. Kongin katsomisesta koiralle annetaan palkkio. Seuraavassa vaiheessa koira saa palkkion katsottuaan kongia vähän kauemmin ja seuraavassa vaiheessa vielä kauemmin. Pienin kriteerin nostoin edetään kohti kokonaisen kongin kätkemistä tuolinjalan taakse koiran nähden ja siitä edelleen kongin kätkemistä tuolinjalan taakse koiran näkemättä, puolikkaan kongin kätkemiseen ja niin edelleen konginpalaa pienentäen. Jos edistystä ei tapahdu, on kriteeri ollut koiralle liian korkea ja on palattava askel taaksepäin.



Kuva 8. Hajulähteestä irtoavan hajun määrää on helppo säädellä kätketyn palan kokoa muuttamalla. Kuvassa kokonainen kongi ja siitä leikattuja pienempiä paloja. (Kuva Veli-Matti Suhonen 2023)

Vahvistetiheydestä puhuttaessa tarkoitetaan sitä aikaa, mikä kuluu kahden vahvisteiden antamisen välissä (Hormila ja Romppainen 2019). Mitä useammin koira saa vahvisteiden eli palkkion, sitä nopeammin se oppii. Jos vahvistetiheys on liian suuri eli koira saa palkkion vain harvoin, se joko oppii hitaasti tai oppiminen voi pysähtyä kokonaan

(Hormila ja Romppainen 2019). Kriteeri ja vahvistetiheys kulkevat käsikädessä. Jos kriteeri on liian korkea, vahvisteväli kasvaa, eikä koira opi. Toisaalta taas, jos kriteeri on liian matala, koira saa olla palkkaamassa hyvin tiheästi, jolloin oppiminen voi hidastua liian helpon kriteerin vuoksi (Hormila ja Romppainen 2019).

7.5 Ilmaisui

Koiralle opetetaan jokin ilmaisu, jolla se kertoo ohjaajalle löytäneensä halutun kohteen. Ilmaisun tulee olla selkeä ja helposti tulkittavissa. Koiralle luontainen ilmaisu on aktiivinen ilmaisu, jossa koira esimerkiksi raapii hajulähdettä tai kaivaa maata, jos hajulähde on maassa. Koska Veikon tuleva työympäristö voi tulevaisuudessa olla myös sisätiloissa, jossa raapiminen tai kaivaminen ei ole suotavaa, on ilmaisuksi valittu jähmettyminen eli seisominen paikoilleen jähmettyneenä kuono kohti hajulähdettä (Kuva 9).



Kuva 9. Veikko ilmaisee jähmettymällä kohdehajun sisältävää purkkia. (Kuva Claudia Erälahti 2023).

Tämä kyseinen ilmaisukäytös rakennetaan harjoitushajua, esimerkiksi kongia käyttäen seuraavasti:

1. Kongi asetetaan lattialle ja kun koira katsoo sitä, annetaan palkkiomerkki ja palkitaan koira kongin luota. Koiralle annetaan palkkiomerkki ja palkkio jokaisesta kongin suuntaan katsomisesta. Tätä toistetaan, kunnes koira ymmärtää palkan tulevan kongin katsomisesta.

2. Kun koira ymmärtää kongin merkityksen ja alkaa hakeutumaan kongin lähelle, voidaan siirtyä palkitsemaan koira pudottamalla palkkionameja koiran pään yläpuolelta kongin viereen. Tässä vaiheessa palkkiomerkki voidaan jättää pois katsekontaktin herpaantumisen välttämiseksi. Kongin viereen putoilevat palkkionamit vahvistavat jo itsessään koiran katsekontaktia kongiin ja koira alkaa odottaa kongin läheisyyteen putoavia palkkionameja hievahtamatta kongia tuijottaen.

3. Kun koiralle on saatu vahvistettua käytös, jossa se seisoo hievahtamatta tuijottaen kongia, otetaan palkkiomerkki uudelleen käyttöön. Kun koira taas tuijottaa kongia annetaan tästä palkkiomerkki ja palkkio heitetäänkin kongista poispäin, jolloin koira joutuu palaamaan kongin luo seuraavan palkkion saadakseen. Tällä tavalla vahvistetaan koiran hakeutumista kongin luokse aina uudelleen ja uudelleen.

4. Seuraavassa vaiheessa ilmaisuun lisätään kestoja. Sekunti sekunnilta odotetaan aina pidempään, ennen palkkiomerkin antamista. Tätä ei kuitenkaan tehdä suoraviivaisesti ilmaisun kestoja lisäämällä, vaan kesto vaihtelee esimerkiksi sekunnin ja viiden sekunnin välillä seuraavasti: 1 s, 3 s, 2 s, 4 s, 1 s, 5 s, 3 s. Tällä varmistetaan, ettei koira ala ennakoita, kuinka kauan sen halutaan ilmaisevan, vaan se pysyy ilmaisussa palkkiomerkkiin asti.

5. Kun ilmaisun kestoja on saatu lisättyä useampaan sekuntiin, liitetään harjoituksiin mukaan häiriöitä, jotta koira kykenee ilmaisemaan selkeästi myös erilaisissa keskittymistä häiritsevissä ympäristöissä. Häiriöitä ovat esimerkiksi liikkuvat ihmiset ja ajoneuvot, koiralle oudot äänet, muut eläimet jne.

Häiriöharjoituksissa erilaisia häiriöitä lisätään vähitellen koiran sietokyvyn mukaan. Tällaisia ovat esimerkiksi ohjaajan liikkuminen, kevyt vastustaminen taluttimesta koiran tehdessä ilmaisua, silittäminen, koiran tassujen nostaminen yksitellen ilmaan jne. Vaikeusastetta lisätään pikkuhiljaa. Koiralle annetaan palkkiomerkki sillä hetkellä, kun

häiriötä tehdään koiran ilmaistessa ja koiran keskittyminen pysyy kohteessa. Jos koiran keskittyminen kohteesta herpaantuu, keskeytetään häiriöliike ja odotetaan koiran jatkavan ilmaisua uudelleen. Heti kun koira jatkaa ilmaisua jatketaan myös häiriöliikettä ja palkitaan koira mahdollisimman nopeasti, ennen keskittymisen uudelleen herpaantumista. Ilmaisuharjoituksia on hyödyllistä tehdä myös muissa, koiralle vieraisissa ympäristöissä, jolloin sietokyky häiriöihin kasvaa ja koira pystyy työskentelemään hyvin ja keskittyneesti erilaisissa ympäristöissä.

Koiran ilmaisu ei tule koskaan valmiiksi tai oikeastaan se ei pysy valmiina, vaan ilmaisukäytökseen saattaa tulla matkan varrella kaikenlaista ei-toivottua muutosta, vaikkapa pään kääntämistä ohjaajan suuntaan tai herpaantumista kohteelta liian pian. Ohjaaja päättää viime kädessä kriteerin ilmaisulle eli sen minkälaisen ilmaisun hän koiralta hyväksyy. Ilmaisua tulee harjoitella aina silloin tällöin omana ylläpitoharjoituksena, jotta se pysyy toivotun kaltaisena. Loppujen lopuksi tärkeintä on ainoastaan se, että ohjaaja tunnistaa koiran käytöksestä, koska se on tehnyt löydön. Itse haluan, että myös muille koiran ilmaisukäytös on selkeä.

8. AINEISTO JA MENETELMÄT

Tekniikkaharjoituksissa käytettiin eri kokoisia kongeja tai niiden paloja sen mukaan, mitä haluttiin kullakin kerralla harjoitella suurimman kokonaisen kongin koon ollessa XL (korkeus 13 cm) ja pienimmän palan noin 3 mm x 3 mm halkaisijaltaan.

Alkukoulutuksessa eli opetusvaiheessa hajuerotteluradalla käytettiin seitsemästä eri paikasta olevaa, Tunnistus-hankkeesta (Visuri ym. 2021) saatua potentiaalista HaSu-näytettä (Liite 1). Kun 50 ml Falcontube näyteputki otettiin harjoituksia varten sulatukseen, annettiin harjoituksista yli jääneen näytteen jäädä hapettumaan huoneenlämpöön ennen seuraavaa harjoituskertaa. Hapettumisen seurauksena hajukuva on koiran kannalta katsottuna muuttunut harjoitusten edetessä. Näin ollen voidaan ajatella, että näytteitä on koiran näkökulmasta katsottuna ollut mainittua seitsemää näytettä enemmän.

Verrokkihajuina käytettiin ei-sulfidipitoisia savia, erilaisia hiekkvoja, soraa, pieniä kiviä, humusta, puutarhamultaa, heinää, puiden lehtiä, sammalta, puunoksia, hamppupurua, tulitikkuja, näyteputkia (Falcon tube, Eppendorf tube), ruokaa, eläimenkarvoja, kolikoita ja höyheniä.

Suurin osa HaSu-näytteistä (5 kpl) oli tuoreita (kosteita, ei kuivattuja) pakastettuja näytteitä. Osa näytteistä (2 kpl) oli pakastamattomia ja niitä säilytettiin ainoastaan jääkaapissa. Näytteet oli pakattu joko näyteputkiin (Falcontube), uudelleen suljettaviin näytepusseihin (Amegrip) tai ämpäriin (Orthex).

Varsinaisessa testausvaiheessa käytettiin GTK:lta ja Luonnonvarakeskukselta (LUKE) saatuja HaSu-näytteitä. Näytteitä oli yhteensä 71 kpl; potentiaalisia HaSuja, aktiivisia HaSuja, pseudo HaSuja ja ei-aktiivisia HaSuja (taulukko 1).

LUKElta saadut näytteet olivat jo valmiiksi 1,5 ml näyteputkissa (Eppendorf). GTK:lta tulleet isommissa näytepurkeissa olleet näytteet sulatettiin huoneen lämmössä ja jokaisesta siirrettiin osanäyte 1,5 ml näyteputkeen (Eppendorf). Näytteet jäädytettiin uudelleen annostelun jälkeen ja säilytettiin pakastimessa.

Taulukko 1. Testausvaiheessa käytettyjen näytteiden pH-arvot (kenttä-pH ja inkubaatio-pH), kokonaisrikkipitoisuus, sekä orgaanisen aineksen määrä.

NÄYTTEET	kpl	pH-kenttä min/max	pH-inkubaatio min/max	S (kok.) mg/kg	Org. Aines LOI %
Aktiivinen HaSu	13	3,5/3,9	3,0/3,7	144-6140	0,13-3,76
Potentiaalinen HaSu	45	4,4/8,5	2,2/3,8	432-14500	0,19-4,19
Pseudoaktiivinen HaSu	7	4/4,5	3,5/3,8	350-1430	0,32-3,69
Ei-aktiivinen HaSu	6	5,4/7	5,1/6,6	53-182	0,17-0,82
VERROKKIHAIJUT: Ei-sulfidipitoiset savet (16 kpl), soraa, hiekkaa, silttiä, hietaa, moreenia, rapakiveä, simpukankuorirouhetta, turvetta, piimaata, lehtiä, sammalta, humusta, puutarhamultaa ja puunpaloja					

Verrokinäytteinä käytettiin 15 kpl ei-sulfidipitoisia savia GTK pehmeikkötutkimuksista Tikkurilan (Kosonen ym. 2015. Liite 2) ja Östersundomin (Kosonen ym. 2015. Liite 3) alueilta, Åbo Akademiilta saatua savinäytettä, opintoretellä kaivattua *Ancylus*-savea, Turun yliopiston geologianlaitoksen opetusmateriaalinäytteistä saatua soraa, hiekkoja, silttejä, moreeneja, rapakiveä, simpukankuorirouhetta, turvetta, piimaata sekä maastosta kerättyjä aineksia, kuten humusta, puutarhamultaa, sammalta, puunlehtiä, heinää ja pieniä puun paloja. Myös tulitikkuja, sekä tyhjiä Eppendorf- ja Falcon tube-

näyteputkia käytettiin verrokkihajuina, näytteiden säilytysastioiden sekä annostelijoiden hajun poissulkemiseksi.

Maastoharjoittelussa käytettiin pääasiassa samoista paikoista eli Tunnistus-hankkeesta (Visuri ym. 2021) saatuja näytteitä, kuin hajuerotteluradan alkukoulutusvaiheessa, sillä näitä näytteitä oli runsaimmin saatavilla. Maan sisään piilotetut näytteet olivat pääasiassa Pukkila 2 -näytettä. Verrokkihajuina käytettiin myös samoja materiaaleja, kuin hajuerotteluradalla.

8.1 Hajuerotteluratatyöskentely

Hajuerotteluradan avulla koiralle opetetaan se haju, joka koiran halutaan tunnistavan ja opetetaan erottamaan kyseinen haju muista hajuista. Tätä kutsutaan hajuerotteluksi. Perinteinen hajuerottelurata koostuu useammasta yksittäisestä purkkikonsolista eli purkkilineestä ja purkista, jotka on asetettu peräkkäin jonoksi, kaareksi, ympyräksi tai rykelmäksi (Kuvat 10 ja 11).



Kuvat 10 ja 11. Purkkikonsolit metallipurkeilla, sekä lasipurkeilla. Yksittäisten konsolien kanssa hajuerotteluradan muotoa voi muokata tarpeen mukaan. (Kuvat Veli-Matti Suhonen 2023)

Hajuerottelurata voi olla myös yhtenäinen teline tai karusellin muotoinen rata, jossa on paikat tietylle määrälle purkkeja (Kuvat 12 ja 13). Purkit ovat yleensä lasisia tai metallisia, reikäkansilla varustettuja tai kannettomia. Koira ei ymmärrä purkkikonsolilta toiselle kulkemista automaattisesti vaan se opetetaan koiralle erikseen. Hajuerottelurataa voi myös varioida omien tarpeiden mukaan. Purkkien lisäksi hajuerotteluradalla voi käyttää esimerkiksi ämpäreitä, pesuvateja tai ylösalaisin käännettyjä savisia kukkapurkkeja, joiden pohjassa on reikä.



Kuvat 12 ja 13. Vasemmalla yhtenäinen hajuerottelurata lasisilla purkeilla ja oikealla karuselli. (Kuva 11 Veli-Matti Suhonen 2023. Kuva 12 Central Engineerin Desingn LTD 2023)

Kuten ilmaisukin, myös hajuerotteluradalla liikkuminen sekä kaikki muut etsintään liittyvät tekniikkaharjoitukset kannattaa tehdä aluksi harjoitushajua käyttäen. Punainen kongi on yleisesti käytetty harjoitushaju erilaisissa etsintäharjoituksissa. Kongia käytetään myös virkakoirien koulutuksessa poliisissa, vankiloissa ja rajavartiolaitoksella. Kongin etuja ovat tunnistettava haju ja helppokäyttöisyys, sillä sitä on helppo kantaa mukana, helppo puhdistaa, sitä voidaan pilkkoa pienempiin osiin tarpeen mukaan ja punaisen värinsä vuoksi se on helpompi erottaa etsintäympäristöstä. Kongin tai konginpalan voi käydä kätkemässä etukäteen, vaikka lentokentän odotustiloihin ja käydä etsimässä sen koiran kanssa vasta muutaman viikon kuluttua. Kongin olemassaolo ei häiritse ketään lentokentällä olijaa, kuten monet oikeat työhajut, esimerkiksi huumeet, räjähteet, veri tai lutikat todennäköisesti tekisivät.

Ihmisillä on tapana tehdä virheitä koiria kouluttaessaan. Virheen seurauksena etsittävästä hajusta voi tulla koiralle hyvin epämiellyttävä, jos koira esimerkiksi loukkaantuu tai säikähtää etsintää tehdessään, jos ohjaaja laittaa koiran liian haastavaan tilanteeseen tai käyttäytyy siten, että koira paineistuu voimakkaasti. Koira voi yhdistää epämiellyttäväksi kokemansa tilanteet etsittävään hajuun, eikä se välttämättä halua etsiä kyseistä hajua enää ollenkaan. Jos harjoituksessa on käytetty harjoitushajua, on tilanne vielä mahdollisesti korjattavissa, sillä koira ei välttämättä yhdistä epämiellyttäviä tunteuksiaan varsinaiseen työhajuun.

Kun koira on oppinut, kuinka hajuerotteluradalla kuljetaan, voidaan siirtyä oikean kohdehajun harjoitteluun. Tutkimuksessa mukana olleelle koiralle halutun hajun tunnistaminen opetettiin seuraavalla tavalla:

1. Neljä purkkikonsolia asetellaan neliön muotoon. Yhteen niistä on laitettu kohdehaju, muut ovat tyhjiä. Koira tuodaan purkkien eteen, pyydetään istumaan ja annetaan vihjesana purkkeja osoittaen. Tässä tutkimuksessa vihjesanana on "etsi". Kun koira haistelee purkkeja, palkkiomerkki annetaan sen haistellessa kohdehajua sisältävää purkkia. Palkkio annetaan purkin päältä, mikä voimistaa koiran ehdollistumista kohdehajuun (Hormila ja Romppainen 2019). Koira pyydetään purkeilta pois siksi ajaksi, kun purkkien paikkaa vaihdetaan, minkä jälkeen se ohjataan purkeille uudelleen. Palkkiomerkki annetaan heti, kun koira haistaa kohdepurkkia ja palkka annetaan taas purkin päältä. Tätä toistetaan muutaman kerran, minkä jälkeen palkkamerkkiä ei annetakaan heti, vaan odotetaan, että koira kertoo eleillään erottavansa kohdehajupurkin muista purkeista esimerkiksi haistelemalla purkkia kauemmin, pysähtymällä kohdepurkin kohdalle tai palaamalla takaisin siihen, haisteltuaan ensin muita purkkeja. Muutama toisto yleensä riittää.

2. Seuraavaksi konsolit asetellaan jonoksi. Yhdessä purkissa on kohdehaju, muut ovat tyhjiä. Koira lähetetään radalle vihjesanaa ja käsimerkkiä käyttäen. Ohjaaja kävelee ainakin alkuun koiran vierellä radan läpi. Koiralle annetaan palkkiomerkki, kun sen havaitaan tunnistavan kohdehaju ja palkkio annetaan kohdehajupurkin päältä. Koira otetaan pois radalta konsolien järjestyksen muuttamisen ajaksi ja lähetetään radalle uudelleen. Kun koira osaa edetä hajuerotteluradalla, lisätään radalle vielä muutama purkkikonsoli.

Koira alkaa yleensä myös aika nopeasti tarjoamaan opetettua ilmaisukäytöstä hajuerotteluradalla. Erityisesti silloin, jos ilmaisukäytöksen opettamiseen käytettyä Kongia käytetään myös hajuerotteluradan opettamiseen. Tähän tutkimukseen osallistuneelle koiralle kongin haju oli jo tuttu ja sitä on käytetty varsinaisen kohdehajun rinnalla harjoituksissa säännöllisesti.

3. Verrokkihajut, joita kutsutaan yleisesti myös häiriöhajuiksi, otetaan käyttöön, kun edellinen vaihe on hallussa. Verrokkihajut ovat siis sellaisia näytteitä, esineitä tai aineita, joihin koiran ei kuulu reagoida ja joiden joukosta koiran on kyettävä poimimaan oikea kohdehaju. Verrokkihajut voidaan jakaa kolmeen kategoriaan; koiralle merkityksettömät verrokkit (esim. puutappi, kumilenkki, vanulappu, kolikko, jne.), koira kiinnostavat verrokkit (ruoka, lelut, eläinten karvat, eläinten kuivikkeet, jne.) ja kohdehajun kanssa samankaltaiset verrokkit, joihin koira voi törmätä etsintöjään tehdessään (tässä tutkimuksessa, erilaiset ei-sulfaattipitoiset maa-ainekset, sammalet, lehdet, heinät

jne.). Koiralle merkityksettömät ja koira kiinnostavat verrokkihajut vaihtelevat koirayksilön kiinnostuksen mukaan.

Verrokkihajujen käyttö auttaa selkeyttämään halutun kohdehajun hajukuvaa, jolloin koiran on helpompi erotella se muista hajuista. Koira joutuu haistelemaan ja analysoimaan purkkien sisältöjä tarkemmin erottaakseen kohdehajun niiden joukosta. Verrokkihajujen käyttö voi altistaa erityisesti alussa virheilmaisujen tekemiselle eli koira ilmaiseekin jotain sellaista hajua, jota sen ei haluta ilmaisevan. Kun koira tekee virheilmaisun eli ilmaisee purkkia, jossa ei ole kohdehajua, odotetaan rauhallisesti paikallaan, että koira lopettaa ilmaisun. Koiralle ei kerrota purkin olevan väärä, vaan sen on mietittävä itse miksi kyseisen purkin ilmaisemisesta ei annetakaan palkkiota. Koira todennäköisesti ilmaisee saman purkin uudelleen seuraavallakin kerralla ja ohjaaja toimii samoin eli odottaa rauhallisesti paikoillaan ja antaa koiran tehdä pohdintatyön. Muutaman kerran jälkeen koira yleensä luopuu väärän purkin ilmaisemisesta. Tätä kutsutaan sammuttamiseksi eli näin toimien sammutetaan koiran kiinnostus väärään hajuun, johon se reagoi. Tämä vahvistaa koiran käsitystä oikeasta kohdehajusta.

4. Pian verrokkihajujen käyttöönoton jälkeen, otetaan harjoitteluun mukaan tyhjät radat. Tyhjällä radalla tarkoitetaan rataa, jossa ei ole haluttua kohdehajua ollenkaan. Tällä lisätään sekä koiran etsimistarkkuutta, sen yrittäessä haistella vielä paremmin seuraavan radan purkkeja löytääkseen kohdehajun ja ansaitakseen palkkion, että opetetaan koiralle, ettei etsittävää kohdehajua aina löydy hyvästä etsinnästä huolimatta. Todellisissa etsintätilanteissa suuri osa etsinnöistä voi olla sellaisia, ettei etsittävää kohdehajua ole edes mahdollista löytää ja koiran etsintämotivaation on siitä huolimatta pysyttävä hyvänä. Myös tyhjien ratojen käyttö voi altistaa koira alussa virheilmaisuille. Jossain vaiheessa koira ymmärtää, ettei joka radalla olekaan palkkionansaitsemahdollisuutta ja virheilmaisut loppuvat.

5. Koiran kanssa tulee harjoitella myös satunnaispalkkiota eli sitä, ettei palkkiota saa aina, vaikka oikea kohdehaju löytyisikin. Oikeassa työympäristössä ei aina päästä toteamaan koiran olevan oikeassa, eikä palkkiota voida tällöin antaa, vaikka koira ilmaisaisikin hienosti. Jos koira ei olekaan löytänyt oikeaa kohdehajua ilmaisusta huolimatta ja se palkitaan siitä, vahvistetaan tätä väärän hajun ilmaisua. Koira voi myös ruveta tekemään valeilmaisuja huomattessaan, ettei oikealla hajulla olekaan niin merkitystä, koska palkkion saa kuitenkin ilmaisun tekemällä.

Niin hajuerottelurataharjoittelussa kuin maastoetsintäharjoituksissakin koiralle opetetaan oletuksia siitä, mitä ja mistä sen kannattaa haistella ansaitakseen palkkion. Jos maastoetsintäharjoituksessa kohdehaju kätketään aina puuhun, koira olettaa, että kohdehajun täytyy löytyä aina puusta ja se jättää muut paikat etsimättä. Ja vastaavasti hajuerottelurataharjoituksissa, jos etsittävä kohdehaju laitetaan hajuradalle aina puhtaassa purkissa eli purkissa, jota koira ei ole vielä haistanut, voi koira olettaa oikean hajun löytyvän aina puhtaasta, juuri radalle tulleesta purkista ja se alkaa etsiä ja ilmaista puhtaita purkkeja varsinaisen kohdehajun sijaan tai vaihtoehtoisesti koira oppii yhdistelmähajun, jossa haisee oikea kohdehaju + purkki, jolloin se ei reagoikaan enää pelkkään kohdehajuun jo kertaalleen haistellussa purkissa. Etsittävä kohdehaju kannattaa lisätä tyhjään purkkiin, joka on ollut jo edellisellä radalla käytössä, jotta koiran täytyy analysoida kaikki purkit kunnolla. Toisaalta jos kohdehajun laittaa aina jo koiran haistelemaan purkkiin, koiralle voi muodostua oletus siitä, ettei radalle tulevissa puhtaissa purkeissa ole mitään, eikä niitä tarvitse haistella kunnolla. Koira voi merkitä oikean hajupurkin myös itse, jos samaa hajupurkkia pidetään useammalla radalla peräkkäin. Purkkiin jäävä kuola jättää purkkiin oman merkkinsä, jolloin koira voi tunnistaa purkista kohdehajun sijaan oman kuolansa ja tehdä ilmaisun sen perusteella. Koira pystyy haistamaan myös purkit, joihin on viimeiseksi koskettu ja käyttää koskemisesta jäävää hajua vihjeenä. Näin ollen hajuradan kanssa on oltava erityisen tarkkana, ettei koira opi tunnistamaan jotakin, mitä sen ei haluta tunnistavan.

Jokainen hajurataharjoituskerta jaetaan sarjoihin, joiden välillä koiralla on mahdollisuus pieneen lepoetkeen. Lepoetken pituus voi olla muutamista minuuteista pidempään taukoon. Jokainen sarja koostuu harjoituksen alussa päätetystä purkkien ja ratojen määrästä. Sarjojen määrittäminen on tarpeesta kiinni, mutta tärkeää on pitää sarjat suhteellisen lyhyinä, sillä purkkirataharjoittelu on koiralle rankkaa. Esimerkiksi kaksi tai kolme sarjaa, joissa purkkien määrä vaihtelee kolmen ja kuuden välillä ja ratojen määrä kolmesta viiteen, riittää hyvin. Jokaisesta sarjasta tehdään kirjanpito ja lasketaan onnistumisprosentti. Jos onnistumisprosentti on 80 tai sitä korkeampi, voidaan seuraavaa harjoitusta muuttaa vaikeammaksi esimerkiksi lisäämällä radoille vaikeampia verrokkihajuja tai tyhjien ratojen määrää.

Myös avustajan käyttö on erittäin toivottavaa ja jopa pakollista, jotta voidaan varmistaa koiran oppineen oikea kohdehaju, sillä silloin, kun ohjaajakaan ei tiedä missä purkissa oikea kohdehaju on, ei koira voi ottaa ohjaajan kehonkielestä vihjettä. Ohjaaja haluaa luonnollisesti koiransa onnistuvan ja löytävän kohdehajun ja näin ollen voi tahattomasti vihjata koiralle oikean purkin sijainnin. Tilannetta, jossa ohjaaja ei tiedä oikean purkin

sijaintia, mutta joku samassa tilassa olevista tietää, kutsutaan sokkoradaksi. Vahvin varmistus koiran osaamisesta saadaan kuitenkin vasta kaksoissokkotestissä eli tilanteessa, jossa kukaan paikalla olijoista ei tiedä kohdehajun sijaintia, sillä myös samassa tilassa oleva toinen ihminen voi antaa vihjeen oikeasta purkista tai kätkön sijainnista koiralle sen tietäessään.

8.1.1 Alkukoulutus

Tutkimuksen hajuerottelurataharjoitukset toteutettiin pääasiassa tutkimuksen tekijän kotona varsinaisen laboratoriotilan puuttuessa. Harjoittelu aloitettiin huhtikuun alussa 2022. Käytössä oli tutkimuksen alussa seitsemän erilaista HaSu-näytettä Tunnistus-hankkeessa (Visuri ym. 2021) käytetyistä HaSu-näytteistä. Näytteet olivat mineraaliaineksesta koostuvaa potentiaalista HaSu-materiaalia eri osista Suomen rannikkoaluetta, Espoosta Kempeleelle. Viisi näytteistä oli pakastettu punakorkkisiin FalconTube-näyteputkiin ja yksi näytteistä oli pakastamaton, jääkaapissa säilytetystä ämpäristä amerigrip- pussiin annosteltu näyte. Kutakin näytettä oli useampi putki tai pussi. Verrokkihajuna käytettiin kissan- ja koirankarvaa, marsuhäkin purua, chinchillan karvaa, munankuoria, mehupilliä, ei-sulfidipitoista savea, erilaisia hiekkvoja, puutarhamultaa, humusta, käpyjä, sammalta, ruohoa, FalconTube-putkea ja -korkkia, sekä tulitukkuja. Tyhjiä FalconTube-putkia käytettiin verrokkihajuna siitä syystä, että näytteet säilytettiin suurimmaksi osaksi niissä ja on mahdollista, että koira oppii tunnistamaan näytteen yhdistelmähajuna eli hajuna, jossa haisee sekä itse näyte, että sen säilytykseen käytetty näyteputki. Tulitukkuja käytettiin näytteiden annosteluun näyteputkesta hajupurkkiin, joten ne oli myös syytä karsia hajuerottelun avulla pois näytteiden sisältämästä hajuyhdistelmästä.

Kertaalleen sulatetut näytteet säilytettiin sulattamisen jälkeen jääkaapissa, jossa ne hapettuivat pikkuhiljaa muuttaen hajukuvaansa. Käytännössä hajunäytteiden määrä koiran kannalta katsottuna lisääntyi näytteiden hapettumisen edetessä. Hajuradalla käytettiin ainoastaan lasipurkkeja. Tutkimuksen tekijä ja koiran ohjaaja on suunnitellut kaikki harjoituksissa ja varsinaisessa testauksessa tehdyt hajuerotteluradat, sokkotestausta ja kaksoissokkotestausta lukuun ottamatta.

Verrokinäytteitä säilytettiin joko pakastimessa, jääkaapissa tai huoneenlämmössä. Verrokinäytteinä käytettyjä ei-sulfidisavia säilytettiin jääkaappilämpötilassa, minkä

lisäksi jokaisesta näyte-erästä pakastettiin osa uudelleen suljettavissa näytepusseissa. Pakastus tuo oman lisänsä näytteiden sisältämään hajuyhdistelmää.

Pakastetut näytteet sulatettiin juuri ennen Veikon kanssa tehtäviä hajurataharjoituksia. Näytteiden käsittelyssä noudatettiin erityistä varovaisuutta. Kontaminaation välttämiseksi näytteisiin ei koskettu käsin, vaan näytteet annosteltiin hajupurkkeihin tulitikkuja käyttäen. Jokaiselle näytteelle oli varattu oma tulitikku ristikontaminaation välttämiseksi. Jokaisen harjoituskerran jälkeen hajupurkit pestiin pesukoneessa 65 °C pesuohjelmalla hajuttomalla tiskiaineella. Pesun jälkeen purkit nostettiin niille varattuun koriin pyyhkeen päälle suuaukko alaspäin.

Kohdehaju opetettiin Veikolle neliön muotoon aseteltujen neljän hajukonsolin avulla. Oikealla purkilla käymistä vahvistettiin 11 kertaa, minkä jälkeen purkkikonsolit aseteltiin peräkkäin suoraksi radaksi. Kahdella ensimmäisellä harjoituskerralla käytettiin samaa HaSu-näytettä, näyteannosta vaihdellen. Jatkossa käytettiin vaihdellen kuutta eri HaSu-näytettä. Tyhjät radat otettiin käyttöön heti ensimmäisessä sarjassa, sillä Veikko oli tehnyt jonkin verran hajuerotteluratatyöskentelyä harjoitushajulla jo ennen tutkimuksen aloittamista. Verrokkihajut otettiin käyttöön heti toisen sarjan aikana.

Hajuerottelurataharjoituksissa radalla oli yksi kohdehaju rataa kohden, tai vaihtoehtoisesti kohdehaju puuttui radalta kokonaan. Kohdehajun lisäksi radoilla käytettiin vaihtelevaa määrää, 0-5 kpl, verrokkihajuja ja joskus rata koostui pelkistä tyhjästä purkeista. Näytteitä laitettiin sekä puhtaisiin että jo haisteltuihin lasipurkkeihin. Samaa ilmaistua kohdehajupurkkia saatettiin käyttää ensimmäisillä haistelukerroilla kahdesta kolmeen kertaan, mutta pian sen jälkeen jo kertaalleen ilmaistuja kohdehajupurkkeja ja purkissa olevaa näyteannosta ei käytetty enää uudelleen, vaan ne korvattiin uusilla. Ilmaisun jälkeen purkissa ollut näyteannos hävitettiin.

Jokaisen haistelukerran jälkeen rataa muutettiin. Radalle lisättiin välillä puhtaita tyhjiä purkkeja ja uusia verrokkihajuja. Myös verrokkihajujen annokset korvattiin uusilla ja siirrettiin uusiin purkkeihin. Jokaisen radan muuttamisen yhteydessä, kaikkiin radalla oleviin purkkeihin koskettiin. Kohdehajun sijainti hajuerotteluradalla, sekä verrokkihajujen määrä arvottiin välillä satunnaislukugeneraattorisovellusta käyttäen.

Koulutuksen alussa harjoituskerrat koostuivat kolmesta viiden purkin ja kuuden radan, sarjasta. Jokaiseen harjoituskertaan sisältyi pääsääntöisesti 18 hajuradan läpikäynti, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Määrä on verrattain suuri, eikä välttämättä

suositeltava, vaikka Veikko siitä hyvin selviytyikin. Jos harjoitus on koiralle liian raskas, voi se vähentää koiran motivaatiota työskennellä. Jokainen hajurata merkittiin kirjanpitoon ja niistä laskettiin onnistumisprosentti.

Alkukoulutuksen aikana käytiin läpi 648 lasipurkkia. Kun Veikko teki ilmaisun oikealle kohdehajupurkille, kyseinen rata lopetettiin siihen, eikä mahdollisia radalla olevia kohdehajupurkin jälkeisiä purkkeja enää haisteltu. Radalla edettiin suoraviivaisesti alusta loppuun. Veikko sai palata edelliselle purkille, mutta sitä lukuun ottamatta purkkeja sai haistella ainoastaan kerran. Veikon tekemät kohdehajun ilmaisut, kohdehajun ohitukset tai virheilmaisut merkittiin kirjanpitoon.

Kahdella ensimmäisellä harjoittelukerralla näytettä laitettiin purkkeihin noin 5 ml. Jatkossa näytteen määrää vähennettiin noin 0,5 ml kokoiseksi. Edellä mainituilla näytteillä harjoiteltiin pitkään uusien näytteiden puuttuessa. Jos kohdehajun kanssa ei harjoitella säännöllisesti, koiran herkkyys hajulle voi heiketä.

8.1.2 Koiran osaamisen testaus

Uusia HaSu-näytteitä saatiin syyskuussa 2022, samoin uusia ei-sulfidipitoista verrokkisavinäytettä. Osa pakastetuista HaSu-näytteistä oli jo valmiiksi 1,5 ml näyteputkissa (Eppendorf) ja osa suuremmissa näyteputkissa. Suuremmissa näyteputkissa olevat näytteet sulatettiin ja jokaisesta siirrettiin osanäyte pienempään, 1,5 ml näyteputkeen (Eppendorf). Näytteet pakastettiin uudelleen.

Veikon oletettiin jo tunnistavan HaSujen haju, kun uusia näytteitä ryhdyttiin käymään läpi. Jokainen näyte käytiin läpi korkeintaan kolme kertaa. Jos Veikko ei reagoinut näytteeseen ensimmäisellä tai vielä toisellakaan kerralla, laitettiin näyte radalle vielä kerran. Jos Veikko ohitti näytteen reagoimatta vielä kolmannen kerran, ei kyseiseen näytteeseen enää palattu, lukuun ottamatta näytteitä, jotka valikoituivat kaksoissokkotestaukseen. Kun Veikko ilmaisi näytteen ensimmäisen kerran, ei näytettä käytetty enää uudelleen. Muuten testaus toteutettiin samoin kuin alkukoulutuksessa, sokkoharjoituksia ja kaksoissokkoharjoituksia lukuun ottamatta.

Varsinaisessa Veikon osaamisen testausvaiheessa käytiin läpi yhteensä 780 purkkia, joista 110 käytiin läpi sokkotestauksen ja 69 kaksoissokkotestauksen yhteydessä. 85 % purkeista oli tyhjiä tai sellaisia, joissa oli jokin verrokkihaju, mutta ei kohdehajua. 11 % näistä purkeista sisälsi ei-sulfidipitoisia savia. HaSuja esiintyi 15 % purkeista.

Sokkotestaukset suoritettiin Veikolle vieraassa ympäristössä. Sokkotestauksessa assistentti valmisteli ja suunnitteli hajuerotteluradat, eikä ohjaajalla ollut tietoa mitä purkeissa oli. Hajuerotteluradalle laitettiin 5 purkkia, joista 0-1 purkkia sisälsi kohdehajun ja 0-5 purkkia jonkin verrokkihajun. Näytemäärät olivat samoja, kuin ohjaajan itse tekemässä testauksessa eli noin 0,5 ml. Kun Veikko teki radalla ilmaisun, antoi assistentti merkinaksautuksen klikkerillä, mikäli ilmaisu oli oikea. Jos ilmaisu oli virheellinen, kertoi assistentti tämänkin. Ilmaisun ollessa oikea, ei loppuradan purkkeja käyty enää läpi, vaan rata lopetettiin oikeaan ilmaisuun. Jos kyseessä oli virheilmaisu, purkkiradalla jatkettiin eteenpäin, joko seuraavaan ilmaisuun tai radan loppuun asti. Jokaisessa sokkoratatestauksessa käytiin läpi 2-3 viidestä purkista ja viidestä radasta koostuvaa sarjaa. Sarjojen välissä pidettiin muutaman minuutin tauko.

Kaksoissokkotestit tehtiin yhden viikonlopun aikana ympäristössä, jossa Veikko oli käynyt kerran aikaisemmin. Kaksoissokkotestin periaatteena on, ettei ohjaaja tai kukaan testiä seuraavista henkilöistä tiedä mitä hajuerotteluradalla on, eikä näin ollen pysty antamaan koiralle vihjettä siitä, missä purkissa oikea kohdehaju on. Koira käy purkit läpi ja assistentti merkitsee koiran tekemät ja ohjaajan hyväksymät ilmaisut kirjanpitoon. Kolmas taho tarkastaa tulosten oikeellisuuden ratojen suorittamisen jälkeen.

Koska Veikon kanssa ei ollut vielä harjoiteltu palkkaamattomuutta hajuerotteluradalla, päätettiin kaksoissokkotestaus toteuttaa hieman muunneltuna. Henkilö, joka suunnitteli ja valmisteli radat, jäi samaan tilaan näköesteen taakse istumaan selkä rataa kohden suunnattuna. Radan suunnittelija ei siis nähnyt Veikon suorittamista, eikä Veikko nähnyt suunnittelijaa, jolloin suunnittelija ei voinut antaa Veikolle mitään vihjettä. Kun koira teki ilmaisun, jonka koiranohjaaja hyväksyi, kertoi ohjaaja numeron, monenteenko purkkiin koira ilmaisi. Radan suunnittelija vastasi joko ”oikein” tai ”väärin” sen mukaisesti, mitä purkissa oli. Jos ilmaisu oli oikein, loppurata jätettiin tutkimatta ja jos väärin, jatkettiin radalla eteenpäin. Tällä menettelyllä varmistettiin, että Veikko sai palkkion jokaisen onnistumisen jälkeen, eikä palkkaamattomuus aiheuttanut sille hämmennystä ja lisähäiriötä testaukseen. Radan suunnittelija merkitsi Veikon ilmaisemat purkit sekä mahdolliset ohjaajan ilmoittamat muut reaktiot kirjanpitoon.

Kaksoissokkotestaus toteutettiin yksi setti kerrallaan. Setti koostui kolmesta viiden purkin radasta. Setin kaikki 15 purkkia oli valmisteltu valmiiksi ennen testauksen aloittamista. Radalla oli 0-1 HaSu-näytettä ja vaihteleva määrä verrokkihajuja. Sekä HaSujen, että verrokkihajujen näytemäärä oli noin 0,5 ml. Suunnittelija arpoi verrokkihajujen lukumäärät satunnaislukugeneraattorisovellusta käyttäen. Sekä varsinaiset HaSu-

näytteet, että verrokkihajut poimittiin satunnaisesti GTK:sta saatujen näytteiden joukosta. HaSu-näytteet olivat samoja, joita perustestauksessa oli jo kertaalleen käytetty. Verrokkihajujen joukosta löytyi muutamia näytteitä, joita Veikko ei ollut vielä kertaakaan haistanut. Ensimmäisenä päivänä Veikko kävi läpi yhden, toisena päivänä kaksi ja kolmantena päivänä kolme settiä. Lasipurkit pestiin pesukoneessa jokaisen setin jälkeen.

8.2 Etsiminen maastossa

Veikon kanssa maastoharjoittelut aloitettiin harjoitushajua (kong) käyttäen. Tietynlaisen etsintätekniikan harjoittelu, eli se kuinka tarkasti haistellaan ja minkälaista etsintäkuviota koira tekee etsiessään, oli oikeaa kohdehajua ajatellen järkevämpää toteuttaa alkuun harjoitushajulla. Veikon kanssa on jo aiemmin etsitty kongia sisätiloihin piilotettuna, joten se tietää mitä se etsii ja myös sen mitä vihjesana ”etsi” tarkoittaa. Maastoharjoittelu toteutettiin seuraavalla tavalla:

1. Kohde viedään tai heitetään piiloon muutamien metrien päähän koiran nähden ja pyydetään koira etsimään vihjesanaa ja käsisuuntausta, eli kohteen suuntaan osoittamista, käyttäen. Koira palkitaan löydöstä. Kun tätä on toistettu muutamia kertoja, voidaan kohde viedä etsintäalueelle koiran nähden, mutta myös hämäyspiilotuksia tehden eli koiralle toiminta näyttää siltä, että jotain piilotetaan moneen kohtaan, vaikkei niin tehdäkään. Alueella kuljetaan myös ristiin rastiin, ettei koira pysty seuraamaan ihmisen jälkiä kohteen luokse. Kohde piilotetaan siten, ettei koiralla ole suoraa näköyhteyttä siihen. Löydöstä palkitaan aina.

2. Kohde piilotetaan etsintäalueelle (pelto tai metsä) koiran ollessa vielä kotona tai autossa odottamassa ja annetaan kätkön eli piilotetun kohteen asettua muutamista minuuteista useampaan tuntiin, ennen sen etsimistä. Etsinnässä koira istuu ohjaajan sivulla etsittävän alueen reunalla, kädellä osoitetaan mihin suuntaan koiran halutaan lähtevän ja annetaan vihjesana ”etsi”. Kun koira löytää kätkön, sille annetaan palkkio. Kun koiralle on saatu rakennettua selkeä yleiskuva siitä, mitä ”etsi” vihjeellä maastossa tarkoitetaan, voidaan aloittaa keskittymään etsintätekniikan hiomiseen.

Hajulähdettä pienentämällä koiralle voidaan opettaa tarkempaa haistelua ja hitaampaa etenemistä, sillä juoksemalla ei pieniä hajuja pysty löytämään. Tämä tehdään vasta siinä vaiheessa, kun koira osaa etsiä isompaa kongia. Pienempiä hajulähteitä käytettäessä etsintäalueet pidetään alussa pieninä esimerkiksi 3 m x 3 m kokoisina tai tarpeen vaatiessa vielä pienempinä alueina, joita suurennetaan pikkuhiljaa. Pikkutarkkaa

etsintää harjoiteltaessa alueelle kannattaa laittaa alussa useampi kohde. Mitä useammin koira onnistuu ja saa palkan, sen nopeammin se ymmärtää tehtävän tarkoituksen.

Rauhallista etsintää voidaan harjoitella myös siten, että koira pyydetään etsimään tyhjää aluetta eli aluetta, jossa ei ole kohdetta ollenkaan. Kun koira etsii ohjaajan mielestä sopivalla vauhdilla ja tarkkuudella, ohjaaja pudottaa etsintäalueelle kohteen (konginpalan) koiran löydettäväksi. Kun koira löytää kohteen ainoastaan rauhallisesti kulkemalla, se ymmärtää, ettei juoksemalla pysty löytämään kohdetta ja ansaitsemaan palkkiota. Tässä työssä koettiin tarpeelliseksi opettaa koiralle myös tämä tarkempi ja rauhallisempi etsintä, sillä ei tiedetä, kuinka voimakkaasti HaSujen haju maasta nousee. Koiralle opetettiin, että kädellä maahan napauttaminen tarkoittaa rauhallisempaa lähietsintää ohjaajan edessä ja kädellä eteenpäin osoittaminen hieman vauhdikkaampaa etsintää ohjaajasta kauempana.

Veikon kohdehaju, happamat sulfaattimaat, esiintyy laajoina alueina maastossa. Tästä syystä Veikolle opetettiin etsintäkuvio, jossa se kulkee pitkässä liinassa tai vapaana ohjaajan edessä, tehden sivusuuntaista edestakaista risteilyä, tarkastaen mahdollisimman leveän kaistaleen kerrallaan. Tätä harjoitellaan seuraavasti:

1. Pienelle alueelle laitetaan useampi (7-10 kpl) pieni, noin 5 mm kongin pala. Koira istuu ohjaajan sivulla, josta se lähetetään etsintään ohjaajan eteen antamalla vihjesana "etsi" ja kopauttamalla tai osoittamalla maan pintaa kädellä. Ohjaaja seisoo paikoillaan. Koira palkitaan löydöstä ja löydetty pala otetaan maasta pois. Koira lähetetään uuteen etsintään samoilla alkuasetuksilla. Kun koira on ymmärtänyt, että nyt etsitään tarkasti pientä aluetta, voidaan siirtyä muokkaamaan tietynlaista etsintäkuviota piilojen sijoittelun avulla.

2. Konginpalat (noin 5-10 mm) sijoitetaan esimerkiksi vanhalle metsätielle siten, että suurin osa paloista löytyy reunoilta. Vain muutama pala jätetään keskialueelle. Tällä asettelulla yritetään korostaa reunoja ja saada sivusuuntainen edestakainen etsintäkuvio aikaan. Koiralle luodaan siis oletus siitä, että etsittävä kohde löytyy tien eri reunoilta ja edestakaista liikettä kannattaa tehdä. Muutamat keskialueelle jätetyt palat kertovat koiralle sen, ettei keskialuettakaan sovi jättää haistelematta, sillä sieltäkin voi löytää kätökön, josta voi ansaita palkkion. Ohjaajan tulee pysytellä tien keskivaiheilla, jotta koiran sivusuuntainen liike myös ohjaajan suhteen selkiytyy.

Veikko pidettiin harjoittelun ajan kytkettynä 10 m pitkään liinaan. Veikon annettiin etsiä tietyn kokoiselta tiealueelta (Noin 3 x 5 m) kaikki kätköt, ennen alueella eteenpäin siirtymistä. Jokaisesta löydöstä Veikolle annettiin palkkio. Löydetty konginpala poistettiin alueelta ja etsintä aloitettiin samasta paikasta, kuin ensimmäiselläkin kerralla. Kun koko alueen kaikki kätköt oli löydetty, siirryttiin etsintäalueella seuraavaan kohtaan. Jo etsitylle alueelle ei enää palattu. Etsintäalueet pidettiin alkuun hyvin maltillisina, maksimissaan 10 m pitkinä.

3. Muutaman harjoituskerran jälkeen siirrytään tekemään harjoitusta vähemmän rajatulle, avonaisemmalle alueelle, sillä metsätie itsessään luo koiralle vihjeen siitä, että kuljetaan reunasta reunaan. Etsintäkuvion tulee kuitenkin onnistua myös maastossa, josta ei luontaisia selkeitä reunoja löydy. Kätköt sijoitellaan edelleen samoin eli ohjaajasta katsottuna ohjaajan molemmille puolille, noin 5 m levyiselle ja 10-20 m pituiselle alueelle. Jos alueella on runsaasti aluskasvillisuutta, kannattaa käyttää hieman isompia hajulähteitä (konginpaloja).

Edestakaisin risteilevän liikkumisen harjoittelun jälkeen voidaan siirtyä kätkemään harjoitushajua isommalle alueelle suurempaa hajumäärää käyttäen. Noin 40 m x 40 m kokoiselle alueelle kätketään kokonainen keskikokoinen kongi. Ohjaaja valitsee kohdan, mistä reunasta aluetta etsintä aloitetaan. Järkevintä on aloittaa etsintä tuulen alapuolelta, sillä silloin etsittävän kohteen haju kantautuu koiran luokse kauempaakin ja koiran on helpompi paikallistaa kätkö. Aluetta edetään alueen etureunasta takareunaa kohti. Etsintälinjan leveys määräytyy sen mukaan, kuinka leveältä alueelta koira luontaisesti etsii. Veikko etenee noin 10-15 m leveää kaistaletta vapaasti etsiessään. Tämän katsottiin olevan sopiva leveys

Kongija on viittä eri kokoa XS-XXL. Pienimmän mitat ovat 5,5 cm x 3,5 cm ja suurimman 15 cm x 10 cm. Mitä suurempi kongi, sitä enemmän siitä irtoaa hajua. Veikon isomman alueen etsintäharjoituksissa käytettiin jotain kolmesta pienimmästä kongista (5,5 x 3,5 cm, 7,5 x 4,5 cm ja 9 x 5,5 cm). Jopa kaikkein pienimmästä kongista irtoaa hajua niin paljon, että koira kykenee paikallistamaan sen sopivalla tuulella muutamien metrien päästä.

Maastossa tapahtuvissa etsinnöissä verrokkihajut kannattaa ottaa käyttöön mahdollisimman nopeasti. Kun ympäristöön piilotetaan jokin sinne kuulumaton asia, joka poikkeaa selvästi ympäristön muusta hajumaailmasta, voi koira paikallistaa ja ilmaista kätkön siksi, että se ei kuulu sen mielestä kyseisen ympäristöön. Kun etsittäville alueelle kätketään oikean kohteen lisäksi myös muita, ympäristöön kuulumattomia asioita, joutuu

koira tekemään hajuerottelua tarkemmin myös maastoetsinnällä. Koira voi paikallistaa alueelta kaikki sinne tuodut näytteet ja muut materiaalit, mutta se joutuu tekemään jokaisen kohdalla valinnan ilmaistako vai ei. Mitä pidempään kätkö saa olla paikoillaan ennen etsintää, sitä paremmin se asettuu ympäristöön hajultaan sekä myös lämpötilaltaan. Viikon piilossa ollut kätkö erottuu huomattavasti heikommin ympäristöstään, kuin 15 min piilossa ollut kätkö.

Tyhjien alueiden etsinnän harjoittelu on tärkeää, sillä koiralla ei ole läheskään aina mahdollisuutta löytää etsittävää kohdetta. Erityisesti koiran koulutuksen alkupuolella, tyhjän alueen etsinnän jälkeen on tärkeää mahdollistaa koiralle löytö joltain toiselta alueelta, jotta motivaatio etsintöihin säilyy hyvänä. Tämä on helppo toteuttaa harjoitushajun avulla. Kun koira on etsinyt tyhjää aluetta toivotun ajan, kehutaan koira ja pyydetään se luokse. Tämän jälkeen ohjataan koira etsimään jotakin toista aluetta, jolle on jo valmiiksi piilotettu kohdehaju. Vaihtoehtoisesti kohdehaju voidaan tipauttaa etsintäalueelle koiran löydettäväksi hetken etsimisen jälkeen.

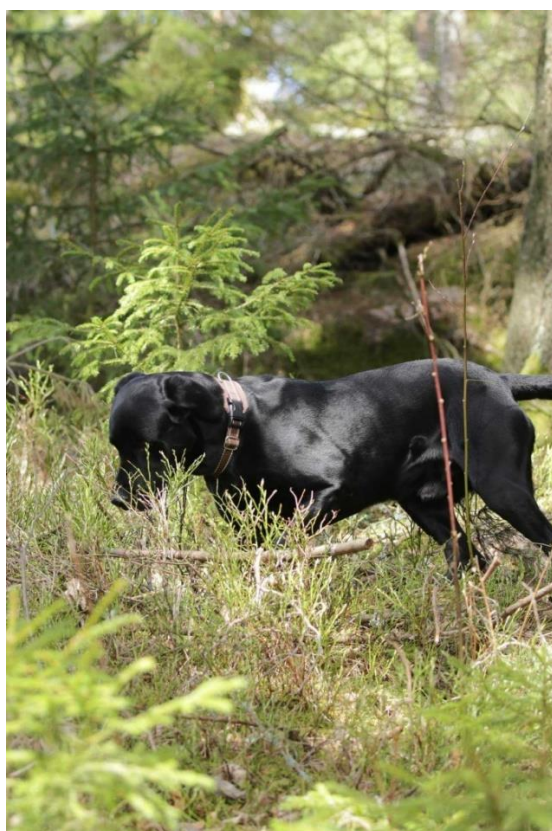
Kun harjoitushajun etsintä eri variaatioineen alkaa olla koiralla hallussa, voidaan siirtyä etsimään oikeaa kohdehajua. Tutkimuksen kolme ensimmäistä maastoetsintäharjoitusta tehtiin tutkimuksen tekijän ja koiran kotipihalla noin 3 x 8 m kokoisella hiekkaisella tienpohjalla. Etsinnöissä käytettiin kahta tai kolmea HaSu-näytettä. Piilotetut näytemäärät vaihtelivat 5 ml ja 15 ml välillä, mutta kuitenkin siten, että kullakin etsittävällä alueella käytettiin samankokoisia näytemääriä. Näytteet asetettiin maanpinnalle ja näytteiden annettiin asettua vähintään 15 minuuttia. Kolmanteen etsintään otettiin myös verrokkihaju mukaan. Tämän jälkeen siirryttiin etsimään isompia alueita lähiympäristöön. Etsinnöissä käytettiin 8:sta eri paikasta olevia näytteitä. Pääasiassa näytteet kätkettiin maastoon siirtämällä näyteputkesta näyte suoraan maan pinnalle, mutta kolmessa etsintäharjoituksessa kätköihin laitettiin koko näyteputki. Isommilla alueilla käytettiin isompia näytemääriä.

Etsittävien alueiden koot vaihtelivat 9 m² ja 2800 m² välillä. Käytetty näytemäärä valikoitui etsittävän alueen koon mukaan, vaihdellen 0,5 ml ja 50 ml välillä. Kohdehajuja kätkettiin 1-7 kpl etsittävää aluetta kohti. Myös tyhjän alueen etsintä sisältyi etsintöihin. Maastoetsintöjä tehtiin HaSuja käyttäen yhteensä 24 kertaa. Varsinaisten HaSu-etsintöjen lisäksi harjoitushajulla harjoiteltiin arviolta kolminkertainen määrä HaSu-etsintöihin verrattuna. Harjoitushajulla tehtäviä harjoituskertoja ei ole merkitty ylös.

Sokkoetsinnöissä assistentti teki kätköt Veikon ja ohjaajan näkemättä. Ennen etsinnän aloittamista assistentti osoitti ohjaajalle etsittävän alueen, joko kävelemällä sen rajoja

pitkin ympäri tai kertomalla ja käsin osoittamalla. Assistentti jäi seuraamaan koirakon työskentelyä alueen reunamille. Jos Veikko teki ohjaajan hyväksymän ilmaisun, ohjaaja ilmoitti assistentille löydöstä. Assistentti kertoi oliko löytö oikea. Oikeasta löydöstä ohjaaja antoi Veikolle palkkion. Virheilmaisuja Veikko ei tehnyt. HaSu-kätköjen lukumäärä etsittävällä alueella oli 0-1 kpl. Verrokkihajujen lukumäärä vaihteli 1-4 kpl välillä. Käytetty näytemäärä oli noin 15 ml/HaSu-kätkö. Etsintä suoritettiin 2-40 h kätköjen tekemisen jälkeen. Ohjaaja tiesi HaSu-kätköjen määrän ennakolta.

Kaksoissokkoetsinnöissä HaSu-näytteet sekä verrokkihajut kätkettiin alueelle assistentin toimesta ohjaajan ja Veikon ollessa muualla. Assistentti näytti tai kertoi etsittävän alueen ohjaajalle, joko juuri ennen etsintää tai heti kätköjen teon jälkeen. Ennen etsinnän aloittamista assistentti poistui paikalta, tai vaihtoehtoisesti Veikko ja ohjaaja menivät etsittävälle alueelle kahdestaan, mikäli etsittävä alue oli jo tiedossa. Jos Veikko teki alueella ilmaisun, ohjaaja kävi tarkistamassa silmämääräisesti mitä Veikko oli löytänyt (kuvat 14 ja 15). Tarkkaan katsomalla ja aluskasvillisuutta siirtämällä HaSu-kätköt oli mahdollista tunnistaa maastosta. Veikko sai palkkion oikeasta ilmaisusta.



Kuvat 14 ja 15. Veikko ilmaisee kaksoissokkoetsinnässä löytämänsä HaSu-kätköä. Ohjaaja käy katsomassa, mitä Veikko on löytänyt. (Kuvat Claudia Erälahti, 2023.)

Kaksoissokkoetsinnöissä alueelle oli kätetty 1-3 kpl HaSu-näytettä ja 0-2 kpl verrokkihajua. Käytetty näytemäärä oli noin 15 ml/HaSu-kätkö. Etsintä suoritettiin 1-48 h kätköjen tekemisen jälkeen. Ohjaaja tiesi HaSu-kätköjen lukumäärän ennalta. Löytöjen oikeellisuus tarkistettiin etsinnän jälkeen assistentilta. Paikalla ollut valokuvaaja ei tiennyt kätköjen sijainteja.

8.3 Maanpinnan alle kätetyt kohteet

Myös maahan kaivettujen kohdehajujen etsinnän opettaminen tulee tehdä vaiheittain, sillä kohteen päällä oleva maa-aines muuttaa kohteen hajukuvaa, eikä koira kykene välttämättä heti tunnistamaan sitä. Opettaminen on järkevintä toteuttaa asteittain kongin kanssa, sillä kongista tiedetään, että koirat pystyvät haistamaan sen maan alta.

Ei ole olemassa mitään ennalta määritettyä kaavaa, kuinka syväälle maaperään minkäkin kokoinen kongi tulee kaivaa. Tämä vaihe toteutetaan siis pitkälti yrittämisen ja erehtymisen kautta. Voidaan kuitenkin päätellä, että mitä isompi hajulähde, mitä lähempänä maanpintaa ja mitä karkeamprakeiseen maahan se on piilotettu, sitä paremmin haju pääsee nousemaan maanpinnalle. Näin ollen voidaan ajatella olevan järkevää aloittaa harjoittelu, kätkemällä iso kokonainen kongi karkearakeiseen soraan, mahdollisimman lähelle maanpintaa. Ympäröivää aluetta kannattaa myös kaivella, ettei koira reagoi ainoastaan siksi, että maan pintaa on kaiveltu, ja se poikkeaa ympäröivästä maasta siitä syystä.

Koira ei välttämättä osaa ilmaista kohdetta heti, sillä kohteen päällä oleva maa-aines muuttaa kohteen hajukuvaa eli hajuyhdistelmän koostumusta jonkin verran, eikä koira näin ollen ymmärrä välttämättä kohteen olevan sama, kuin mitä maan pinnalle oleva kohde. Haju ei esiinny myöskään enää pistemäisenä hajulähteenä, kuten maan päälle piilotetut kohteet, vaan haju leviää laajemmalle alalle maahuokosissa ja nousee maanpinnalle laajempaan hajualueena. Kun koira kiinnostuu ja haistelee kätetyn alueen päällä olevaa maata intensiivisemmin kuin ympäröiviä alueita, voidaan palkkio antaa jo tästä. Näin koira ymmärtää, että myös hajuyhdistelmältään ja esiintymistavaltaan hieman muuttunut kohde on kuitenkin se, mitä koiran halutaan etsivän.

Kongia tulee piilottaa vaihtelevasti erityyppisiin maa-aineksiin, eri syvyyksille ja eri kokoisina paloina. Mitä syvemmälle tai hienojakoisempaan maahan kongi kätetään, sen pidempään sen pitää antaa olla maassa, jotta haju ehtii nousta maanpinnalle asti. Myös

maan lämpötila, kosteus ja ilmavirrat määrittävät sen, kuinka hyvin haju pääsee nousemaan maasta. Lämpimässä maassa hajumolekyylit liikkuvat enemmän, jolloin ne myös nousevat tehokkaammin pintaan. Esimerkiksi ruumiskoirien kanssa etsintä pyritään tekemään päivän lämpimimpänä ajankohtana, jotta koirilla on parhaat mahdollisuudet löytää ruumis. Kohteen löytäminen kylmästä tai jäätyneestä maasta vaikeutuu merkittävästi tai estyy kokonaan.

Kun kongin avulla on ensin selvitetty kuinka syvältä ja millaisesta maaperästä koira kykenee kongin löytämään, voidaan siirtyä piilottamaan varsinaista kohdehajua. Kohdehajun kanssa edetään samoin kuin konginkin, eli yritysten ja erehdysten kautta pyritään selvittämään kuinka syvältä ja minkälaisesta maaperästä koira pystyy kohteen haistamaan.

Tässä tutkimuksessa Veikko lähetettiin etsimään maahan kaivettuja HaSu-kohteita ennen kongin kanssa tehtyjen, maan sisään kaivettujen kohteiden etsimisen harjoittelemista. Ensimmäisissä kuudessa kätöksessä HaSu-näytteiden määrät olivat pieniä, noin 30-50 ml/kätkö ja ne oli kaivettu 5-20 cm syvyyteen eri karkeusastetta edustaviin maamateriaaleihin. Noin 1 m etäisyydelle jokaisesta HaSu-kätköstä, kaivettiin samaan syvyyteen käpy, kivi tai keppi verrokkihajuksi. Ympäröiviltä alueilta rikottiin maanpintaa. Etsintäalueet pidettiin pieninä, muutaman neliön kokoisina alueina. Yksi kohteista etsittiin noin viikko kätkön tekemisen jälkeen. Loput etsinnät suoritettiin näytteiden oltua maassa noin kuukauden. Veikko ilmaisi kaikkein karkeammassa materiaalissa 1kk olleen näytteen.

Seuraavat kolme etsintäkertaa tehtiin kahdelle hiekkaan, talon sokkelin viereen 10 cm ja 20 cm syvyyteen kaivetulle 500 ml kokoiselle HaSu-näytteelle. Maata oli rikottu ja kaivettu myös kätköjen ympäriltä. Kätköjen etäisyys toisistaan oli noin 2 m. Veikko ilmaisi HaSut vasta kolmannella kerralla, kun se oli ensin paikallistanut ja ilmaissut toisen etsintäkerran jälkeen HaSujen väliin kaivetun ja 2 vrk kätöksessä olleen kongin. Löydöistä koira sai palkkion.

Viimeinen maan sisältä etsitty, 500 ml kokoinen HaSu-kätkö oli kaivettu metsässä humuskerroksen alle noin 5 cm syvyyteen. Noin 1 m päähän HaSu-kätköstä piilotettiin kokonainen kongi samaan syvyyteen. HaSut ja kongi saivat olla maassa vuorokauden ennen niiden etsintää. Veikko lähetettiin etsimään ensin kongia, joka poistettiin maasta ilmaisun jälkeen ja sen jälkeen varsinaista Hasu-kätköä. Molemmista löydöistä Veikko sai palkkion.

8.4 Autenttiset kohteet

Autenttisiksi HaSu-kohteiksi valikoitui kolme GTK:n happamien sulfaattimaiden yleiskartan mukaista, kartoitusta varten kairattua kohdetta Paraisilta (kuva 16). Kussakin kohteessa kairauspisteen selitteessä ilmoitettiin HaSujen esiintymissyvyyden alkavan 0-1,0 m syvyydessä.

Kaikilla kolmella kartan osoittamalla kohteella käytiin saman päivän aikana. Sää oli poutainen, lämpötilan ollessa noin 10 °C. Kaikissa kohteissa Veikko vietiin heti autosta poistumisen jälkeen ojan reunaan lähelle pistettä, josta HaSut oli kartan mukaan kairattu ja määritetty. Veikko lähetettiin etsimään maanpinnalta ja reaktioita seurattiin tarkasti.



Kuva 16. Harmailla neliöillä ympäröidyt punaiset pisteet osoittavat kohteet, joissa Veikko kävi haistelemassa (Kuva: GTK 2023).

Ensimmäisessä kohteessa (Pjokala) Veikko haisteli maaperää intensiivisesti ja teki ilmaisun noin 1 m päähän ojasta. Kairaamalla pyrittiin varmistumaan siitä, mitä koira ilmaisi. Maapiikillä kairattiin metrin syvyyteen useammasta pisteestä noin 20 m² kokoisella alueella. Kairauksessa ei paljastunut silmämääräisesti selkeää HaSu-

materiaalia. Koska varmuutta oikeasta löydöstä ei ollut, ei Veikko saanut tavanomaista palkkiotaan. Hyvästä etsinnästä keuhuttiin suusanallisesti. Varsinaisen etsinnän jälkeen Veikko lähetettiin uuteen etsintään ja sille heitettiin konginpala löydettäväksi etsittävälle alueelle. Veikko löysi palan ja sai siitä palkkion. Tällä varmistuttiin siitä, että motivaatio riittää muihinkin etsintöihin. Etsittävä alue sijaitsi peltomaalla, jota ei ollut vielä talven jäljiltä muokattu kylvöjä varten.

Seuraavassa kohteessa (Brinkis) sama toistettiin. Veikko lähetettiin etsimään ojan molemmin puolin sijaitsevilta peltolohkoilta. Veikko etsi hyvin ja keskittyneesti, mutta yhtään ilmaisua ei tullut. Aluetta kairattiin maapiikillä useammasta kohdasta, mutta silmin tunnistettavaa HaSu-materiaalia ei löytynyt. Maapiikkiin tarttunut materiaali puhdistettiin kairasta maahan ja Veikko lähetettiin etsimään alueita uudelleen. Veikko ilmaisi yhden maapiikistä puhdistetun maamateriaalin. Muihin se ei reagoinut. Silmämääräisesti materiaali ei vaikuttanut HaSulta. Materiaalista otettiin mukaan näyte pH:n määrittämistä varten. Etsittävällä alueella olevat pellot olivat lakastuneen heinän ja muun kasvillisuuden peitossa olevia kesantopeltoja.

Kolmannessa kohteessa (Hoggais) sama toistettiin jälleen. Veikko lähetettiin etsintään ja se etsi tarkasti ja hyvällä motivaatiolla. Ilmaisuja ei tullut. Maapiikillä kairattaessa, kairaam syvimmästä kohdasta tarttunut aines, oli lähempänä maanpintaa olevaa materiaalia tummempaa, joten sen oletettiin olevan mahdollisesti sulfidipitoista. Veikko ilmaisi kyseisen materiaalin, kun se oli puhdistettu maapiikistä maanpinnalle. Koska varmuutta materiaalin oikeellisuudesta ei ollut, Veikkoa keuhuttiin ainoastaan suusanallisesti. Samaa materiaalia suoraan kairasta haistellessaan, Veikko ei tehnyt ilmaisua. Etsintäalue sijaitsi heinäpellolla. Veikolle järjestettiin erillinen etsintä konginpalan kanssa, jotta sille päästiin antamaan löytämisestä palkkio.

9. TULOKSET JA TULKINTA

9.1 Hajuerottelurata:

Taulukon 2 avulla esitetään hajuerotteluradoilta saadut tulokset. Hajuerotteluradat on jaettu neljään kategoriaan; alkukoulutukseen, sekä varsinaiseen testaukseen sisältyviin perustesteihin, sokkotesteihin ja kaksoissokkotesteihin.

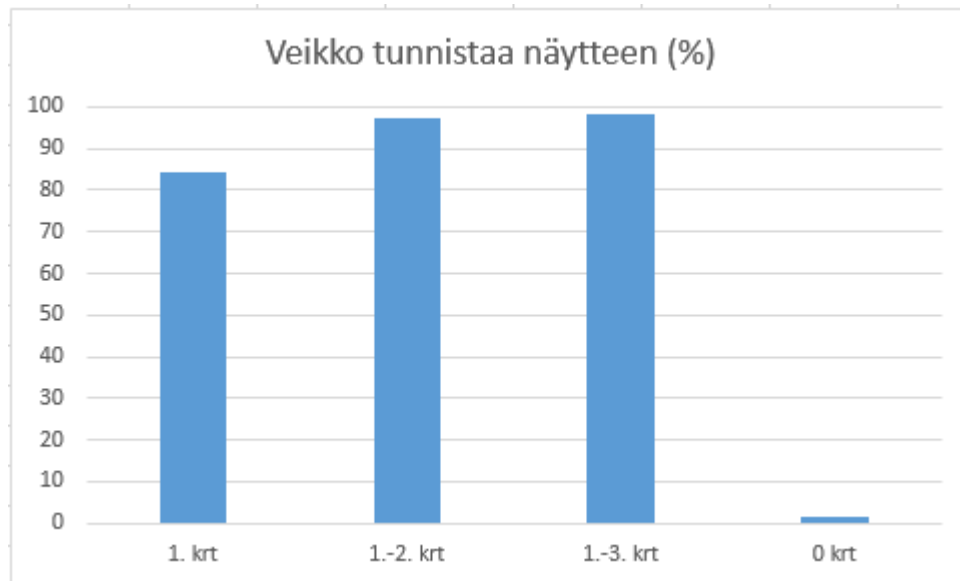
Taulukosta käy ilmi, kuinka monta purkkia on käyty läpi kussakin kategoriassa, kuinka monta virheilmaisua Veikko on tehnyt, kuinka monta kertaa virheilmaisuus on tullut ei-sulfidipitoiselle savelle, kuinka monta kertaa ei-sulfidipitoisia savia on ollut

hajuerotteluradalla, kuinka monta kertaa Veikko on ohittanut kohdehajun (HaSu) ja kuinka monta kertaa kohdehaju on ollut hajuerotteluradalla. Virheprosentti on määritetty suhteuttamalla virheilmaisujen, sekä ohitettujen kohdehajujen lukumäärä kaikkiin hajuerotteluradoilla olleiden purkkien lukumäärään. Tulos on ilmaistu taulukossa onnistumisprosenttina, eli 100 % ja virheprosentin erotuksena. HaSujen tunnistamisen onnistumisprosentti on määritetty erikseen suhteuttamalla HaSujen ohitusten lukumäärä, radalla olleiden HaSujen lukumäärään.

Taulukko 2. Hajuerotteluratojen tulokset.

ALKUKOULUTUS:	Läpi käydyt purkit (kpl)	Virheilmaisut yhteensä (kpl)	Virheilmaisut ei-sulfidipit. saville (kpl)	Ei-sulfidipit. savia radalla (x)	HaSujen ohitukset (kpl)	HaSut radalla (x)	Onnistumis % , kaikki purkit	Onnistumis % , HaSut
	648	32	10	32	3	114	94,6	97,4
VAR SINAINEN TESTAUS: PERUSTESTIT	601	17	5	47	7	79	96,0	91,1
SOKKOTESTIT	110	6	2	17	7	27	88,2	74,1
KAKSOISSOKKO-TESTIT	69	3	3	20	2 (reagoi molempiin)	12	92,8	83,3

Kuva 17 esittää kumulatiivisesti sitä, kuinka monta prosenttia hajuerotteluradalla olleista 71:stä HaSu-näytteestä Veikko on tunnistanut ja ilmaissut ensimmäisellä, ensimmäisellä ja toisella, sekä ensimmäisellä, toisella ja kolmannella kerralla. Myös tunnistamattomaksi jäänyt näyte (1 kpl) esitetään taulukossa.



Kuva 17. Kuvan pylväät esittävät kumulatiivisesti sitä, kuinka monta prosenttia näytteistä Veikko on tunnistanut ja ilmaissut ensimmäisellä, ensimmäisellä ja toisella, sekä ensimmäisellä, toisella ja kolmannella kerralla. Myös tunnistamattomaksi jäänyt näyte (1 kpl) esitetään taulukossa.

Taulukon 2 tuloksia tarkasteltaessa voidaan todeta Veikon tunnistavan HaSut 87 % todennäköisyydellä hajuerotteluradalla, kun lasketaan kaikista kategorioista HaSujen tunnistamisprosenttien (Onnistumis-%, HaSut) keskiarvo. Jos tarkastellaan kaikkien haisteltujen purkkien onnistumisprosenttien (Onnistumis-%, kaikki purkit) keskiarvoa, voidaan todeta Veikon tekevän virheetöntä hajuerottelua 93 % todennäköisyydellä.

Tulosten perusteella sillä ei ollut merkitystä, olivatko näytteet potentiaalista-, aktiivista- vai pseudo HaSu-materiaalia. Veikko ilmaisi vasta toisella tai kolmannella kerralla kolmen potentiaalisen- ja kolmen aktiivisen HaSun lisäksi yhden pseudo HaSun. Yhteen ei-aktiiviseen HaSuun Veikko reagoi kerran, mutta johtuiko se ainoastaan huonosta keskittymisestä, vaiko siitä, että se oli tunnistavanaan näytteestä jotain? Todennäköisesti kyseessä oli ensimmäinen vaihtoehto, sillä Veikko ei reagoanut kyseiseen näytteeseen enää sen koommin, vaikka näytettä pidettiin useamman kerran radalla.

Jos jätetään tarkastelematta koiran alkukoulutuksessa eli opetteluvaiheessa tekemät virheet ja keskitytään hajuerotteluratatutkimuksen kolmeen muuhun kategoriaan; varsinaisen testauksen perustesteihin, sokkotesteihin ja kaksoissokkotesteihin, voidaan huomata, että virheitä on tullut sekä virheilmaisujen, että kohdehajun ohitusten muodossa. Ensimmäisellä tai toisella kerralla ohitettujen HaSujen analyysituloksista ei löydy merkittävää poikkeamaa verrattaessa tuloksia muiden näytteiden analyysituloksiin, joskin kolmessa näytteessä rikkipitoisuus ja orgaanisen aineksen osuus olivat

keskiarvoa selvästi matalammalla. Toisaalta vastaavia arvoja omaavia näytteitä oli muitakin, joihin Veikko kuitenkin reagoi heti ensimmäisellä kerralla. Selkeitä johtopäätöksiä ei siis voitane tehdä pelkän rikkipitoisuuden tai orgaanisen aineksen määrän perusteella.

Virheilmaisuja varsinaisen testauksen perustestit-kategoriassa oli 17 kpl. Viisi virheilmaisusta tuli ei-sulfidipitoisille saviille. Tämä kertoo mahdollisesti siitä, ettei Veikon käsitys ei-sulfidipitoisten savien ja sulfidipitoisten savien välisestä erosta ole täysin selkeä. Molemmissa materiaaleissa on savimineraaleja ja muuta hienojakoista mineraaliainesta, sekä myös orgaanista ainesta. Näytteet voivat olla hajumolekyylikoostumukseltaan koiran mielestä sen verran samankaltaisia, että se ilmaisee molempia.

Toinen vaihtoehto Veikon tekemille virheilmaisuille ei-sulfidipitoisiin verrokkisaviin voi olla kontaminaatio, sillä verrokkisavinäytteet on kairattu sulfidisavipatjan läpi. Kontaminaatioajatusta puoltaa mahdollisesti se, että samoista verrokkisavinäytteistä otettiin useampi näyte hajuerotteluradalle ja Veikko reagoi niistä ainoastaan murto-osaan. Satunnaiset virheilmaisut ei-sulfidipitoisiin savinäytteisiin voivat mahdollisesti vähentyä lisäharjoituksilla, kun käytössä on runsaammin eri kohteista otettuja ei-sulfidipitoisia savinäytteitä, joista on kyetty sulkemaan pois kontaminaation mahdollisuus.

Ei-sulfidipitoisten savien lisäksi virheilmaisujen puolesta esiin noussut verrokkinäyte oli Lehmilammelta kairattu musta liejuinen ja analysoimaton näyte. Kyseisen näytteen käyttö verrokkihajuna oli ajattelematonta, sillä se saattoi hyvinkin sisältää rikkivetyä ja sulfideja, jolloin sille tehdyt ilmaisut eivät olleet Veikolta virheellisiä. Veikko teki ilmaisun kyseiselle verrokkinäytteelle viisi kertaa.

Hajuerottelurata-testit toteutettiin pääasiassa keltaisia vanerisia purkkikonsoleita käyttäen. Purkkikonsolien etäisyys toisistaan oli noin 50 cm. Veikon mielenkiinnon ylläpitämiseksi yhdellä testauskerralla käyttöön otettiin yhtenäinen metallinen hajuerottelurata, jossa purkit sijaitsevat lähellä toisiaan. Kyseisellä testikerralla Veikko teki selvästi enemmän virheitä, kuin aiemmin, joten uusi purkkiradan muoto häiritsi mahdollisesti Veikon työskentelyä. Metallisen hajuerotteluradan käytöstä luovuttiin tämän jälkeen.

Sokkotestit ja kaksoissokkotestit toteutettiin Veikolle vieraisissa ympäristöissä. Testit eivät anna välttämättä täysin objektiivista kuvaa Veikon osaamisesta, sillä Veikko jännittää vieraisissa paikoissa jonkin verran ja jännittäminen altistaa sen tekemään enemmän virheitä. Erityisesti viikonloppuna, jolloin kaksoissokkotestit tehtiin, Veikon mielentila oli

poikkeava. Veikko ei pystynyt ulkoisten häiriöiden vuoksi rauhoittumaan tai lepäämään kunnolla edes yöllä, joten se oli varsin väsynyt testejä tehdessään. Siitä huolimatta Veikko kykeni keskittymään yllättävän hyvin.

Kaksoissokkotestissä Veikko ohitti kaksi HaSua. Molempiin se reagoi hyvin nopealla ilmaisulla, mutta koska se jatkoi matkaa purkeilta varsin nopeasti, ei kyseisiä ilmaisuja hyväksytty. Samanlaisia pysähdyksiä se teki myös purkkiradan viimeisille purkeille. Tätä kutsutaan epävirallisesti viimeisen purkin syndroomaksi. Jos koiralla ei ole ollut mahdollisuutta ansaita palkkiota purkkiradan aikaisemmilta purkeilta, voi koira yrittää ilmaista viimeistä purkkia siksi, että se on viimeinen mahdollisuus, josta palkkion voi ansaita. Tätä samaa käytöstä ilmeni Veikolla kaksoissokkotestiä tehdessä, vaikkei perustesteissä vastaavaa käytöstä olekaan ollut. Nämä kokeiluluontoiset ilmaisut oli mahdollista erottaa varsinaisista ilmaisuista niiden keston ja asennon terävyyden puutteen perusteella, kyseisten virheilmaisujen ollessa lyhyitä ja koiran asennon vähemmän napakka, kuin oikeassa ilmaisussa. Tästä syystä Veikon ilmaistessa odotettiin pidempään, jotta voitiin varmistua siitä, että kyseessä on oikea ilmaisu.

Merkillepantavaa on, että Veikko teki selkeästi enemmän kohdehajujen ohituksia sokkotestauksessa kuin perustestauksen tai kaksoissokkotestauksen yhteydessä. Sokkotestaukset tehtiin Veikolle vieraisissa paikoissa, joissa se oli ehtinyt oleskella vain hetken, ennen sokkotestausta. Kaksoissokkotestauspaikassa Veikko oli ollut puoli vuotta aikaisemmin yhden viikonlopun, joten paikka oli jo jonkin verran tuttu. Aikaisemmalla kerralla Veikolle oli tehty samassa paikassa sokkotestejä. Paikalla oltiin myös kaksoissokkotestauksen aikaan kauemmin, joten koiralla oli mahdollisuus tutustua ympäristöön paremmin. Mikäli sokko- ja kaksoissokkotestit olisi toteutettu samassa häiriöttömässä ympäristössä, kuin muukin testaus, olisi onnistumisprosentti ollut mahdollisesti korkeampi. Jos kaikki hajuerotteluratatestit (perus-, sokko- ja kaksoissokkotestit) olisi tehty samassa tilassa, olisi se antanut luotettavamman tuloksen koiran osaamisesta.

Tuloksia tarkasteltaessa on tärkeää huomioida, että näytemäärät hajuerotteluradalla ovat olleet varsin vähäisiä (0,5 ml). Iso osa näytteistä on laitettu purkkiin juuri ennen kuin purkki on laitettu radalle koiran haisteltavaksi, jolloin hajumolekyylit eivät ole vielä ehtineet täyttää purkkia kokonaan ja haju on koiran kannalta vähäisempi. Identtisiä maanäytteitä ei ole, vaan jokainen näyte koostuu erilaisten hajumolekyylien yhdistelmästä. Koira myös haistelee kutakin purkkia vain noin sekunnin ajan ja tekee päätöksensä sen perusteella.

Perustestauksessa Veikko jätti kokoaan reagoimatta yhteen aktiiviseksi HaSuksi määritettyyn hiekka-näytteeseen. Sekä näytteen kokonaisrikkipitoisuus (144 mg/kg), että orgaanisen aineksen määrä (0,13 %) olivat matalat.

Koska koiralle opetetaan erilaisista hajumolekyyleistä koostuvan heterogeenisen maa-aineksen tunnistamista, ei voida olla varmoja siitä, minkä hajun koira näytteistä tunnistaa. Ei voida tietää mikä on se koiran mielestä kaikkia näytteitä yhdistävä tekijä, jonka perusteella se valintansa tekee. Tulosten perusteella voidaan kuitenkin todeta, että jokin tällainen yhdistävä tekijä happamilla sulfaattimailla kuitenkin on. Se voi olla rikki, jota happamat sulfaattimaat sisältävät runsaasti, tai mahdollisesti sulfaattien pelkistymisessä muodostuva rikkivety, orgaaninen aines tai jokin muu tekijä.

9.2 Maastoetsintä

Maastoetsintöjen kirjanpito on esitetty liitteessä 4. Maastoetsintöjen tulokset löytyvät taulukosta 3. Taulukosta käy ilmi tehtyjen maastoetsintöjen, etsinnöissä mukana olleiden HaSu-kätköjen, sekä käytettyjen verrokinäytteiden lukumäärät. Taulukosta käy myös ilmi virheilmaisujen ja löytymättömien HaSu-kätköjen lukumäärä, sekä eriteltynä ei-sulfidipitoisten verrokkisavien ja niille tehtyjen virheilmaisujen lukumäärä. Virheprosentit on laskettu suhteuttamalla virheilmaisujen ja löytymättömien HaSu-näytteiden lukumäärä, etsinnöissä käytettyjen verrokinäytteiden, sekä HaSu-näytteiden lukumäärään. Tulos on ilmaistu taulukossa onnistumisprosenttina, eli 100 % ja virheprosentin erotuksena.

Maastoetsinnät on eroteltu neljään kategoriaan; maan pinnalle kätkeytyneiden näytteiden maastoetsintöihin, sokkoetsintöihin ja kaksoissokkoetsintöihin, sekä maanpinnan alapuolelle kätkeytyneiden näytteiden etsintöihin. Autenttisissa kohteissa tehdyistä etsinnöistä ja niissä tulleiden ilmaisujen tai ilmaisujen puuttumisen oikeellisuudesta ei ole varmuutta, joten varsinaisia tuloksia ei näistä kohteista ole.

Taulukko 3. Maastoetsintöjen tulokset.

MAASTOETSINNÄT (maanpinnalta):	Etsinnät (kpl)	HaSut (kpl)	Verrokinäytteet (kpl)	Virheilmaisut (kpl)	Virheilmaisut ei-sulfidipit. Saville (kpl)	Ei-sulfidipit. Savet (kpl)	Löytymätömät HaSut (kpl)	Onnistumis %, kaikki	Onnistumis %, HaSut
	15	44	20	1	1 (mahd. kontaminaatio)	8	6	89,1	86,4
SOKKOETSINNÄT (maanpinnalta):	4	4	15	1	0	6	0	94,7	100
KAKSOISSOKKO- ETSINNÄT (maanpinnalta):	5	7	7	0	0	2	0	100	100
ETSINNÄT MAANPINNAN ALTA:	12	14	6	0	0	0	10	50	28,6

Taulukon 3 tuloksia tarkasteltaessa voidaan havaita Veikon tunnistavan HaSut 95 % todennäköisyydellä maanpinnalta, kun lasketaan maanpinnalle piilotettujen HaSujen löytymisprosenttien (Onnistumis-%, HaSut) keskiarvo. Tulos on sama myös silloin, kun tarkastellaan onnistumisprosenttia löytyneiden HaSujen ja tehtyjen virheilmaisujen (Onnistumis-%, kaikki) keskiarvojen suhteen. Sillä ei näyttänyt olevan merkitystä, oliko näyte hapettuneessa vai pelkistyneessä muodossa.

Maanpinnalle piilotettujen HaSujen etsintätuloksia tarkasteltaessa voidaan havaita Veikon tehneen etsinnöissä kaksi virheilmaisua, joista toinen oli ei-sulfidipitoiselle savelle. Tämä ei-sulfidipitoiselle savelle tehty virheilmaisuu tapahtui tilanteessa, jossa Veikko etsi edellisenä päivänä maastossa kairattuja kohteita. Jokaiselle kohteelle kairanreiän välittömään läheisyyteen, oli jätetty näytteenotosta yli jäänyt kaira-aines. Ensimmäiseltä kairatulta kohteelta löytyi sulfidisavia, toiselta todennäköisesti *Ancylus*-merivaiheen aikaisia ei-sulfidipitoisia savia ja kolmannelta taas sulfidisavia. On hyvin todennäköistä, että toiseen kohteeseen oli tullut kontaminaatiota ensimmäisen kohteen sulfidisavista ja Veikko ilmaisi kontaminaatiota. Tätä ajatusta puoltaa myös se, että kyseisestä kohteesta kairattua *Ancylus*-savinäytettä käytettiin myöhemmin muissa etsinnöissä, sekä myös hajuerotteluradalla verrokkihajuna, eikä Veikko reagoinut siihen sen koommin.

Toisen virheilmaisusta Veikko teki etsintäalueelle laitetulle polttopuunpalaselle pitkän etsinnän jälkeen. Kyseisen etsinnän tarkoituksena oli testata, kuinka pitkään Veikko jaksaa etsiä keskittyneesti ja motivoituneesti. Virheilmaisua edelsi 7 min pituinen tyhjän, noin 50 m² kokoisen alueen etsintä. Assistentti oli käynyt kätkemässä alueelle ainoastaan verrokkihajuja. 7 min on pitkä aika etsiä pikkutarkasti suppeaa aluetta ja se

voi provosoida koira tekemään virheilmaisun. Hajumaailmaltaan ympäristöstä poikkeava, assistentin hajun sisältämä polttopuu provosoi Veikon ilmaisuun. Luultavasti virheilmaisussa oli kyse juuri tästä, eikä siitä, että Veikko olisi erehtynyt luulemaan kyseistä polttopuuta HaSuksi.

Veikko ohitti HaSun etsinnöissä yhteensä kuusi kertaa. Kaksi ohituksista tapahtui kolmen ensimmäisen etsinnän aikana, jolloin HaSujen etsintä maastosta oli Veikolle ihan uusi asia. Yksi HaSuista jäi löytymättä siitä syystä, ettei Veikko sattunut menemään etsiessään riittävän lähelle kyseistä kätköä saadakseen siitä vainua. Kaksi kätköä jäi löytymättä todennäköisesti tuulisen sään ja hyvin pienen näytemäärän (0,5 ml) vuoksi. Yhtenä mahdollisena syynä edellä mainitun kahden näytteen ohitukselle on myös se, että vähäisen näytemäärän takia Veikko oli tehnyt sekä etsintää, että hajuerottelurataharjoittelua ainoastaan seitsemästä eri kohteesta kerättyjen näytteiden kanssa viimeisen 6 kk aikana. Ohitetut näytteet olivat juuri saatuja uusia näytteitä, joita Veikko ei ollut haistellut kertaakaan aiemmin ja näin ollen Veikko ei välttämättä tunnistanut niitä HaSuiksi heti. Jos variaatio näytteiden suhteen on liian suppea, vaarana on, että koira oppii tunnistamaan ainoastaan usein käytettyjen näytteiden hajuyhdistelmät, eikä enää tunnistakaan niistä poikkeavia hajuyhdistelmiä. Kyseisiä uusia näytteitä käytettiin seuraavana päivänä hajuerotteluradalla ja Veikko ilmaisi ne heti. Kuudes löytymätön HaSu-kätkö oli muista tuoreista/kosteista hienoaineksisista näytteistä poiketen kuiva moreeninäyte. Veikko kyllä haisteli näytettä tarkasti, mutta jätti sen ilmaisematta.

Maastoetsintöjen perusteella voidaan todeta, että HaSujen etsintä maanpinnalta vaikuttaa olevan Veikolle helppoa. Se haistaa 15 ml kokoiset HaSu-näytteet jo muutaman metrin päästä, eikä sekoita niitä verrokinäytteisiin.

9.3 Maahan kaivettujen kätköjen etsintä

Maahan kaivettujen kätköjen etsintöjen tulokset on määritetty samoin, kuin maanpinnalta etsittyjen kätköjen eli tuloksissa on huomioitu myös maahan kaivetut verrokkihajut. Veikko ei haistanut ensimmäistä viittä maahan kaivettua kätköä, joten tuskin se havaitsi myöskään saman kokoluokan samalle syvyydelle kaivettuja verrokkihajuja. Tästä syystä ainoastaan taulukkoon merkitty kätettyjen ja löytyneiden HaSujen suhde (Onnistumis-% , HaSut) antaa oikeaa tietoa etsinnän onnistumisesta.

Ensimmäisestä kuudesta maahan kaivetusta kätköstä Veikko ilmaisi yhden. Kyseinen kätkö oli kaivettu noin 20 cm syvyyteen pikkukivikasaan. Muita kätköjä Veikko ei

onnistunut löytämään. Kätköt oli kaivettu eri karkeusasteita edustaviin sekalajitteisiin hiekkoihin tai hiekkaisiin soriin. Mahdollisia ja hyvin todennäköisiä syitä etsinnän epäonnistumiselle on useita:

1. Liian pienet näytemäärät kätkön syvyyteen nähden → haju ei pääse nousemaan maanpinnalle
2. Tiivis peittomaa → haju ei pääse nousemaan maanpinnalle.
3. Näyte ei ole ollut maassa riittävän pitkään → haju ei nouse pintaan asti.
4. Haju muuttuu suotautuessaan maan läpi → Veikko ei tunnista hajua.
5. Haju valuu kylmässä maassa alaspäin.
6. Kalkkikaivoksen sivukiven mahdollisesti sisältämä kalkki on neutraloinut happamuuden → Rikkivetyä ei muodostu.

Seuraavissa etsinnöissä kätköjen näytemäärät olivat selkeästi suuremmat (500 ml). Kaksi kätköistä löytyi vasta kolmannella yrittämällä, kätköjen oltua maassa 7 vuorokautta. Kahdella aiemmalla etsintäkerralla, 2 ja 4 vuorokauden kuluttua kätkön tekemisestä, Veikko ei reagoinut kohteisiin ilmaisemalla, vaikka haisteli kätköjen kohdalta ympäröivää aluetta tarkemmin. Kaksi vuorokautta ennen kolmatta etsintäkertaa, HaSujen väliselle alueelle kaivettiin 10 cm syvyyteen kokonainen L-koon kongi. Etsiessään aluetta Veikko löysi ja ilmaisi kongin nopeasti. Tämän jälkeen se löysi myös molemmat HaSu-kätköt, tosin ohjaaja joutui ohjaamaan Veikon kätkön lähelle ennen kätkön löytymistä ja ilmaisemista.

Viimeinen humuksen alle 5 cm syvyyteen kätketty, vuorokauden maassa ollut kätkö löytyi noin 2 min etsinnän jälkeen. Veikkoa jouduttiin pyytämään alueelle muutaman kerran takaisin, kun se laajensi etsintää etsittävän alueen ulkopuolelle. Löytäminen edellytti tarkkaa etsintää.

Vaikuttaa siltä, että HaSut haisevat maan alta verrattain vähän. Löytääkseen sille tehtyjä 5-20 cm syvyydessä olevia HaSu-kätköjä, Veikko joutui haistelemaan maanpintaa varsin tarkasti. Haasteita saattoi aiheuttaa vähäisen hajumäärän lisäksi se, että Veikko ei välttämättä tunnistanut HaSun hajua sen suotautuessa muiden maa-ainesten läpi.

9.4 Autenttisten kohteiden etsintä

Autenttisten, ehjän maanpinnan päältä tehtyjen kohteiden etsinnästä ei ole esittää varsinaisia tuloksia. Veikon kanssa käytiin kolmessa kohteessa, joista ensimmäisessä Veikko teki ilmaisun maanpintaa haistellessaan. Ilmaisulle ei saatu varmistusta maapiikillä, sillä materiaali ei näyttänyt tyyppilliseltä HaSu-materiaalilta. Kahdesta

seuraavasta kohteesta Veikko ilmaisi muutaman maapiikillä otetun ja maahan puhdistetun näytteen. Silmämääräisesti näytteet eivät vaikuttaneet HaSuilta, yhtä hieman tummempaa savea lukuun ottamatta. Yksi maapiikillä kairatuista ja Veikon ilmaisemista vaaleanharmaista savista otettiin mukaan tarkempaa analyysiä varten. Myöhemmin tehdyllä vetyperoksidihapetus-pikatestillä testattaessa näytteen pH-arvo putosi alle 2,4. Tämän perusteella materiaalin voidaan varsin varmasti todeta olevan hapanta sulfaattimaata.

Koska kaikkia Veikon ilmaisemia materiaaleja ei otettu jatkotutkimuksiin, on mahdotonta sanoa, oliko Veikko oikeassa vai väärässä niitä ilmaistessaan. On mahdollista, että Veikko oli täysin oikeassa, sillä kahdessa ensimmäisessä kohteessa maapiikillä kairattu materiaali näytti samalta, kuin Veikon ilmaisema ja analyysiin päätynyt happamaksi sulfaattimaaksi paljastunut materiaali. Mikäli kyseessä oli virheilmaisuuksia, saattoi Veikko ilmaista ei-sulfidipitoisen savea siksi, että se poikkesi juuri maan sisältä kairattuna etsittävän ympäristön hajumaailmasta voimakkaasti ja savea sisältäessään muistutti kuitenkin jossain määrin HaSuja. Kontaminaation mahdollisuus on myös olemassa, sillä maapiikkiä ei päästy puhdistamaan kunnolla kairausten välissä. Kaiken kaikkiaan Veikko etsi kohteissa hyvin intensiivisesti. Välillä se pyörähti ympäri ja palasi takaisin haistelemaan jotain kohtaa tarkemmin. Veikko saattoi haistaa maasta HaSun hajun, mutta ei osannut ilmaista sitä pistemäisen selkeän hajulähteen puuttuessa.

Lähtötilanne autenttisten HaSujen etsimisessä on koiralle ihan erilainen, kuin esimerkiksi maanpinnalta etsittyjen tai maahan kaivettujen kätköjen etsintää tehdessä. Maanpinnalla oleviin kätköihin koira pääsee melkein kiinni ja hajulähde on selkeä ja pistemäinen. Maahan kätkeydyissä kohteissa hajulähde on jo pistemäisen esiintymisen sijaan hieman laajempi ja sen päällä on oman lisänsä hajumolekyyleihin tuovia maakerroksia. Alueen voi kuitenkin edelleen erottaa selvärajaisena ympäröivistä alueista, minkä lisäksi rikottu maanpinta toimii vihjeenä koiralle etsiä tietyiltä alueilta tarkemmin. Maahan kaivettuihin kätköihin verrattuna syvät ja laajat maaperän autenttiset HaSu-kerrostumat poikkeavat edellisistä merkittävästi. Ne ovat syvällä muiden maakerrosten alapuolella, ne eivät erotu selkeinä suppeina alueina ympäristöstä, eikä mahdollinen maanpinnalle nouseva haju esiinny välttämättä joka kohdassa. Mitä hienompi materiaali HaSuja peittää, sitä huonommin haju pääsee nousemaan maasta. Mitä paksumpi maakerros HaSujen päällä on, sitä enemmän niiden hajuun sekoittuu maaperästä irronneita hajumolekyylejä ja hajukuva muuttuu. HaSujen esiintymissyvyys vaikuttaa myös maaperässä vallitseviin olosuhteisiin. Mitä syvemmälle maaperässä mennään, sitä tasaisemmiksi esimerkiksi redox-olosuhteet ja lämpötilan vaihtelut muuttuvat ja sen vähemmän muun muassa rikkivetyä pääsee muodostumaan.

Muutokset ovat siis niin merkittäviä, että ilman riittävää vaiheittain etenevää harjoittelua, ei HaSujen haistaminen ja löytäminen syvältä maakerrosten alta ole todennäköisesti mahdollista. Sekä kongilla, että oikeilla HaSu-näytteillä tapahtuvaa lisäharjoittelua tarvittaisiin, jotta voitaisiin selvittää, pystyykö koira löytämään muiden maakerrosten alla olevat autenttiset HaSut.

9.5 Virhelähteet

Tutkimuksessa huomioonotettavia virhelähteitä ovat pakastettujen näytteiden käyttäminen, sekä niiden säilyttäminen tietynlaisissa näyteputkissa (Eppendorf tai Falcontube). Pakastaminen ja näyteputkessa säilyttäminen tuovat oman lisähajunsa näytteisiin ja koira voi yhdistää tämän hajun liittymään HaSuihin.

Maastoetsinnöissä käytettiin ainoastaan seitsemästä paikasta kerättyjä näytteitä, joten näytteiden vaihtuvuus oli varsin vähäinen. Tällaisessa tilanteessa koira voi oppia tunnistamaan ainoastaan tietyt näytteet eikä niinkään sitä, mitä ne yleisemmin edustavat.

Verrokkihajuna käytetyt ei-sulfidipitoiset savinäytteet oli kairattu sulfidisavikerroksen alapuolisista kerroksista sulfidisavikerroksen läpi, joten kontaminaation riski on suuri.

10. JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tarkoituksena oli pyrkiä selvittämään i) voiko koira oppia erottelemaan HaSut muista maa-aineksista hajuerotteluradalla, ii) pystyykö koira paikallistamaan HaSut jo valmiiksi läjitetyistä maamassoista ja iii) pystyykö koira paikallistamaan HaSut koskemattoman maan pinnalta.

i) Testitulosten perusteella koira pystyy erottelemaan HaSut muista maa-aineksista hajuerotteluradalla yli 90 % todennäköisyydellä. Alkukoulutuksessa koira oppi tunnistamaan HaSut verrattain nopeasti. Hapontuottopotentiaalia ei koira pysty näytteistä havaitsemaan, joten koiran tunnistamat HaSut vaativat vielä tarkempaa laboratorioanalyysiä, jotta niiden potentiaalisesti ympäristölle ja rakennusmateriaaleille aiheuttamat haitat voidaan määrittää.

ii) Järjestetyissä harjoitustilanteissa tehdyissä maastoetsinnöissä maanpinnalle kätkeytyjen HaSujen löytäminen oli koiralle helppoa ja pienikin maassa oleva näytemäärä

löytyi nopeasti. Autenttisissa kohteissa olevia HaSuja sisältäviä maamassoja ei koiran kanssa päästy tutkimuksen puitteissa haistelemaan. Järjestetyissä harjoitustilanteissa tehtyjen maastoetsintöjen perusteella koiran voidaan kuitenkin olettaa löytävän HaSut myös autenttisissa kohteissa olevista maamassoista tai valmiiksi kairatuista näytteistä jo kentällä.

iii) Harjoituksia varten maahan kaivettujen HaSujen etsiminen ei onnistunut halutulla tavalla liian vähäisen HaSu-materiaalin vuoksi. Materiaalia ei riittänyt eri syvyyksille ja eri maamateriaaleihin kaivettujen kätköjen tekemiseen.

Muutaman tehdyn harjoituksen perusteella voidaan todeta koiran kykenevän haistamaan maahan kaivetut HaSut noin 10-20 cm syvyydestä hiekasta tai humusmaasta. Autenttisissa kohteissa HaSut sijaitsevat maaperässä kuitenkin pääsääntöisesti paljon syvemmällä ja yleisesti ottaen hienompijakoisten materiaalien, useimmiten savimaiden peittäminä.

Tutkimuksen perusteella ei voida päätellä pystyykö koira paikallistamaan autenttisia, eripaksuisten maakerrosten alla olevia HaSuja. Sen selvittämiseksi olisi harjoituksia varten tarvittu enemmän HaSu-materiaalia.

Lisätutkimuksia tarvittaisiin sen selvittämiseksi, että pystyykö koira i) löytämään HaSut myös syvemmältä maasta ja ii) pystyykö se löytämään ne niin nopeasti ja tarkasti, että etsintä olisi kustannustehokasta ihmisen tekemään näytteenottoon verrattuna.

11. KIITOKSET

Kiitos Veikko innokkaasta osallistumisesta ja väsymättömästä puurtamisesta näytteiden läpikäynnin ja maastoetsintöjen parissa. Kiitos Eila Hietaharju (TY) gradun ohjaamisesta ja kenttätöihin osallistumisesta. Kiitos Miriam Nystrand ja Peter Österholm (ÅA) raudanlujan HaSu-tiedon jakamisesta, avusta laboratoriossa, sekä työhöni antamianne näytteistä. Kiitos Anton Boman (GTK), Minna Männistö (LUKE), Emilia Kosonen (GTK), sekä Antti Ojala (TY) HaSu- ja verrokinäytteistä. Kiitos Tero Väänänen (D-Scent Dog), Karita Häkkinen (International K9 Institute) ja Elisa Reunanen (Vainuvoima) jakamastanne osaamisesta ja antamastanne opetuksesta koirankoulutuksellisissa asioissa. Kiitos Niina Laaksonen ja Claudia Erälahti yhteisistä harjoitushetkistä, hyvistä pohdintoista sekä korvaamattomasta avusta sokko- ja kaksoissokkotestien tekemisessä, Claudian ottamia kuvia unohtamatta. Kiitos Veli-Matti Suhonen tekstin muotoilun tarkastamisesta ja myös siitä, että olet mahdollistanut lukuisat

harjoitusviikonloput muualla huolehtimalla kotiin jääneistä eläimistä. Kiitos Pertti Pekkola lukuisista logistiikkaan liittyvistä avunannoista. Kiitos ystäväni Nina Pikkarainen, Mira Thomas ja Sanna Lehtonen ehtymättömästä tsemppaamisesta.

12. LÄHTEET

Autiola, M., Suonperä, E., Suvanto, S., Napari, M., Nylund, M., Kupiainen, V., Vienonen, S., Forsman, J., Suikkanen, T., Auri, J., Boman, A. ja Mattbäck, S. 2022. Happamien sulfaattimaiden kansallinen opas rakennushankkeisiin. Opas happamien sulfaattimaiden huomioimiseen ja vaikutusten hallintaan. Ympäristöministeriön julkaisuja 2022:3. Ympäristöministeriö.

Auri, J. 2015. Happamien sulfaattimaiden esiselvitys Oulussa. Geologian tutkimuskeskus.

Auri, J., Boman, A., Hadzic, M. & Nystrand, M., 2018. Opas happamien sulfaattimaiden kartoitukseen turvetuotantoalueilla, versio 1.

Auri, J., Mattbäck, S., Boman, A., Liwa-Kenttälä, P., Räisänen, J. ja Hirvasniemi, H. 2022. Happamien sulfaattimaiden yleiskartta: loppuraportti. GTK:n Työraportti 25/2022. Geologian tutkimuskeskus.

Auri, J., Nystrand, M., Räisänen, J., Österholm, P., Niilivaara, R., Boman, A. ja Visuri, M. 2021. Tunnistaminen. Teoksessa: Visuri, M., Nystrand, M., Auri, J., Österholm, P., Niilivaara, R., Boman, A., Räisänen, J., Mattbäck, S., Korhonen, A. ja Ihme, R. (toim.) 2021. Maastokäyttöisten tunnistusmenetelmien kehittäminen happamille sulfaattimaille. Tunnistus -hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 43/2021. Helsinki. s. 30. (electronic). DOI: 10.1081/E-ESS-120001571. p. 1270-1274

Beucher, A., Fröjdö, S., Österholm, P., Auri, J., Martinkauppi, A., Edén, P., 2015. Assessment of acid sulfate soil mapping utilizing chemical indicators in recipient waters. Bulletin of the Geological Society of Finland 87, 5-23.

Beucher, A., Siemssen, R., Fröjdö, S., Österholm, P., Martinkauppi, A. ja Edén, P. 2014. Artificial neural network for mapping and characterization of acid sulfate soils: Application to Sirppujoki River catchment, southwestern Finland. Elsevier. Geoderma.

Boman, A., Astrom, M. ja Fröjdö, S., 2008. Sulfur dynamics in boreal acid sulfate soils rich in metastable iron sulfide—The role of artificial drainage. Chemical Geology 255, 68–77.

- Boman, A. ja Auri, J. 2021. Happamien sulfaattimaamateriaalien luokittelu ja toimenpidekriteerit. Teoksessa: Visuri, M., Nystrand, M., Auri, J., Österholm, P., Nilivaara, R., Boman, A., Räisänen, J., Mattbäck, S., Korhonen, A. ja Ihme, R. (toim.) 2021. Maastokäyttöisten tunnistusmenetelmien kehittäminen happamille sulfaattimaille. Tunnistus -hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 43/2021. Helsinki. s. 17-18. (electronic). DOI: 10.1081/E-ESS-120001571. p. 1270-1274
- Carpen L ja Törnqvist J. 2014. Keski-Pasilan maaperäkorroosion arviointi. Asiakasraportti. VTT-CR-02879-14. 19 s.
- Creeper, N., Fitzpatrick, R. and Shand, P. 2012. A simplified incubation method using chip-trays as incubation vessels to identify sulphidic materials in acid sulphate soils. *Soil Use and Management*, September 2012, 28, 401–408.
- Eronen, M., Glü ckert, G., Hatakka, L., van de Plassche, O., van der Plicht, J. & Rantala, P. 2001 (March): Rates of Holocene isostatic uplift and relative sea-level lowering of the Baltic in SW Finland based on studies of isolation contacts. *Boreas*, Vol. 30, pp. 17–30. Oslo. ISSN 0300-9483.
- Exley, C., Chappell, J. S. & Birchall, J. D. 1991. A mechanism for acute aluminium toxicity in fish. *Journal of Theoretical Biology* 151: 417-428.
- Fältmarsch, R. M., Åström, M. E. & Vuori, K. M. 2008. Environmental risks of metals mobilised from acid sulphate soils in Finland: a literature review. *Boreal Environmental Research* 13: 444-456.
- Gensemer, R. W. & Playle, R. C. 1999. The bioavailability and toxicity of aluminum in aquatic environments. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 29.
- Gerritsen, R., Haak. R., ja Prins. S. 2013. K9 Pro. Koiran käyttäytymisen perusteet. s. 277.
- Goldhaber, M. B. 2003. *Treatise on Geochemistry, Volume 7*. Editor: Fred T. Mackenzie. Executive Editors: Heinrich D. Holland and Karl K. Turekian. pp. 407. ISBN 0-08-043751-6. Elsevier, 2003., p.257-288
- Halkio, B. 2020. Porilainen 1.4.2020. Porin prikaati ja Porin prikaatin kilta ry. s. 24-27.
- Hormila, I. ja Romppainen, P. 2019. Tunnistusetsintäkoirat. Koiran kouluttaminen ihmisen ominaishajun tunnistamiseen ja etsintään. Art House. s. 352.
- Keinänen, M., Peuranen, S., Tigerstedt, C. & Vuorinen, P. J. 1998. Ion regulation in whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) yolk-sac fry exposed to low pH and aluminum at low

and moderate ionic strength. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 40: 166-172.

Kosonen, E., Saresma, M., Ojala, A.E.K. ja Ikävalko, O., 2015. Hienorakeisten maalajien kerrosjärjestys ja ominaisuudet Vantaan Tikkurila-Viertolassa. Geologian tutkimuskeskus

Open file Report 105/2015. 20 s.

Kosonen, E., Saresma, M., Ojala, A.E.K., Åberg, A., Åberg, S. ja Ikävalko, O., 2015. Hienorakeisten maalajien kerrosjärjestys ja ominaisuudet Helsingin Östersundomissa. Geologian tutkimuskeskus. Open file Report 104/2015. 16 s.

Leskelä, A. & Hudd, R. 1993. Anadromous whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) stock in the acidified River Kyrönjoki. *Aqua Fennica* 23: 57-62.

Liikennevirasto. 2017. Eurokoodin soveltamisohje - Geotekninen suunnittelu - NCCI 7 Siltojen ja pohjarakenteiden suunnitteluohjeet 21.4.2017. Liikenneviraston ohjeita 13/2017. Liite 5.

Maa- ja metsätalousministeriö ja ympäristöministeriö 2011. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivat vuoteen 2020. Maa- ja metsätalousministeriö 2/2011.

Mattbäck, S., Boman, A. and Österholm, P., 2017. Hydrogeochemical impact of coarse-grained post-glacial acid sulfate soil materials. *Geoderma*, 308, 291-301.

Nystrand, M., Boman, A., Mattbäck, S. & Österholm, P. 2021. Riskinarviointi. Teoksessa: Visuri, M., Nystrand, M., Auri, J., Österholm, P., Nilivaara, R., Boman, A., Räisänen, J., Mattbäck, S., Korhonen, A. ja Ihme, R. (toim.) 2021. Maastokäyttöisten tunnistusmenetelmien kehittäminen happamille sulfaattimaille. Tunnistus -hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 43/2021. Helsinki. s. 44-51.

Ojala, A.E.K., Palmu, J.-P., Åberg, A., Åberg, S. ja Virkki, H. 2013. Development of an ancient shoreline database to reconstruct the Litorina Sea maximum extension and the highest shoreline of the Baltic Sea basin in Finland. *Bulletin of the Geological Society of Finland*, vol. 85, pp. 127-144.

Outokummun Sanomat 1979. Malmikoira haukkuu kiveä. 43 (3), s.18-19.

Palko, J., Merilä, E. & Heino, S. 1988. Maankuivatuksen suunnittelu happamilla sulfaattimaille. *Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja* 21, Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki. 60 s.

Palko, J., Räsänen, M. & Alasaarela, E. 1985. Happamien sulfaattimaiden esiintyminen ja vaikutus veden laatuun Sirppujoen vesistöalueella. Vesihallituksen tiedotus 260, Helsinki. 95 s.

Pyykkönen, S., Wallenius, S., Tapio-Biström, M-L., Knaapi, R., Mähönen, V., Penttilä, J., Karhunen, A., Bonde, A., Kulmala, A., Uusi-Kämpä, J., Puustinen, M., Koskiahho, J., Martinmäki- Aulaskari, K. ja Valkama, P. 2021. Vaikuta vesiin. Vesienhoidon toimenpiteiden suunnittelu vuosille 2022-2027. Maatalous, turkistuotanto ja happamuuden torjunta. Maataloustiimin päivitetty loppuraportti.

Sundström, R., Åström, M. & Österholm, P. 2002. Comparison of the metal content in acid sulfate soil runoff and industrial effluents in Finland.

Sutela, T., Vuori, M-K., Louhi, P., Hovila, K., Jokela, S., Karjalainen, S. M., Keinänen, M., Rask, M., Teppo, A., Urho, L., Vehanen, T., Vuorinen, P. J. ja Österholm, P. 2012. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat vesistövaikutukset ja kalakuolemat Suomessa. Suomen ympäristö 14/2012. Suomen ympäristökeskus.

Thomas, G. W., 2006. pH. Encyclopedia of soil science, 2nd edition, 2006, (Rattan Lal (editor)), Taylor & Francis Group, LLC, 270 Madison Avenue, New York, USA. ISBN 0-8493-5051-4 (electronic). DOI: 10.1081/E-ESS-120001571. p. 1270-1274

Tuunainen, P., Vuorinen, P. J., Rask, M., Järvenpää, T., Vuorinen, M., Niemelä, E., Lappalainen, A., Peuranen, S. & Raitaniemi, J. 1991. Happaman laskeuman vaikutukset kaloihin ja rapuihin. Loppuraportti. Suomen Kalatalous 57

Valkama, J. 2008. Koirien käyttö malminetsinnässä. M16/2008/1. Geologian tutkimuskeskus. s. 10.

Videla, H. A., De Mele, M., Swords, C. L., Edyvean, R. G. J., Watkins, P. ja Beech, I. B. 1998. The Role of Iron in SRB Influenced Corrosion of Mild Steel. CORROSION 98.

Visuri, M., Nystrand, M., Auri, J., Österholm, P., Nilivaara, R., Boman, A., Räsänen, J., Mattbäck, S., Korhonen, A. ja Ihme, R. 2021. Maastokäyttöisten tunnistusmenetelmien kehittäminen happamille sulfaattimaille. Tunnistus -hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 43/2021. Helsinki. (electronic). DOI: 10.1081/E-ESS-120001571. p. 1270-1274

Vuori, K.-M. 2002. Vesisammalten käyttö jokivesistöjen metallikuormituksen arvioinnissa ja seurannassa. Vesisammal- ja vesiperhosmenetelmät jokivesistöjen haitallisten aineiden riskinarvioinnissa ja seurannassa osa I. Suomen ympäristö 571, Länsi-Suomen ympäristökeskus, Kokkola. 89 s.

Vuori, K.-M. ja Kukkonen, J. 1996. Metal concentrations in Hydropsyche pellucidula larvae (Trichoptera, Hydropsychidae) in relation to the anal papillae abnormalities and age of exocuticle. Water Research 30: 2265-2272.

Yli-Halla, M. 2003. Pitääkö kaikkein happamimmat sulfaattimaat poistaa viljelystä? Suo 54(4): 143-148.

Åström, M., ja Björklund, A. (1995). Impact of acid sulphate soils on stream water geochemistry in western Finland. Journal of Geochemical Exploration, 55, 163-- 170.

Österholm, P. ja Åström, M. 2004. Quantification of current and future leaching of sulfur and metals from Boreal acid sulfate soils, western Finland. Australian Journal of Soil Research 42: 547-551.

Österholm, P. ja Åström, M., 2008. Meteorological impacts on the water quality in the Pajuluoma acid sulphate area, W. Finland. Journal of Applied Geochemistry 23: 1594-1606.

Central Engineerin Desingn LTD, 2023. <https://www.ce-design.co.uk/products/k9-scent-detection-products-for-imprint-training-of-detection-dogs/#>

Geologinen tutkimuskeskus 2020. (Luettu 7.7.2022): 18.5.2020. Happamien sulfaattimaiden kartoitukset rannikkoseudulla kesällä 2020. <https://www.gtk.fi/ajankohtaista/happamien-sulfaattimaiden-kartoitukset-rannikkoseudulla-kesalla-2020/>

Geologinen tutkimuskeskus 2023. <https://gtkdata.gtk.fi/hasu/index.html>

Kurrer, C. 2021. Faktatietoa Euroopan unionista. Euroopan parlamentti. Vesien suojelu ja hoito. (Luettu 18.7.2022): <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/fi/sheet/74/vesien-suojelu-ja-hoito#:~:text=Vesi%C3%A4%20on%20suojeltava%20ja%20hoidettava,vesien%20kest%C3%A4v%C3%A4%20k%C3%A4ytt%C3%B6%20pitk%C3%A4ll%C3%A4%20aikav%C3%A4lill%C3%A4.>

Suomen ympäristökeskus 2021. Päivitetty 28.3.2022. Vesienhoidon suunnitelmat, ohjelmat sekä koosteet ja arviointi. (Luettu 19.7.2022): [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Vesienhoidon-suunnittelu-ja-yhteisty/Suunnittelumateriaalia-ja-julkaisuja/Vesienhoidon-suunnitelmat-ohjelmat-seka-\(17707\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Vesienhoidon-suunnittelu-ja-yhteisty/Suunnittelumateriaalia-ja-julkaisuja/Vesienhoidon-suunnitelmat-ohjelmat-seka-(17707))

Swerock 2022. Luettu 8.12.2022: <https://swerock.fi/Hae/?q=koirat>

VESI.fi 2023. Happamuus. (Luettu 1.6.2023).

[https://www.vesi.fi/sanasto/happamuus/#:~:text=Happamuus%20ilmaistaan%20pH%20Dasteikolla%2C%20jossa,em%C3%A4ksist%C3%A4%20\(pH%20noin%208\).](https://www.vesi.fi/sanasto/happamuus/#:~:text=Happamuus%20ilmaistaan%20pH%20Dasteikolla%2C%20jossa,em%C3%A4ksist%C3%A4%20(pH%20noin%208).)

LIITE 1

Alkukoulutuksessa, sekä maastoetsinnöissä käytettyjen näytteiden analyysitulokset (Visuri ym. 2022).

Name of the site	coordinate (ETRS-TM35FIN)		Peat/Mineral soil	Soil type/Particle size	Layer	Site	Date	Bulk density	
	Pukkila2 eri systeemillä				cm				
	X	Y							
Sau 1	365711	6673876	Mineraallimaa	Hiesuinen lieju	60-110	Espoo	19-12-2017	0,72	
Turun tori 4 m	239818	6711040	Mineraallimaa	Savinen lieju	400	Turku	elokuu 2015	0,51	
Risöfladan (GTK)	232766	7001621	Mineraallimaa	Liejuinen savi	n. 200	Vaasa	02-10-2017	0,72	
Mankki 1	365711	6673876	Mineraallimaa	Liejuinen savi	100-150	Espoo	19-12-2017	0,75	
Silta/Zateliitti	430680	7200291	Mineraallimaa	Hieta	20	Kempele	19-06-2018	1,49	
Linnunrata	430084	7200436	Mineraallimaa	Savinen hiekka	70	Kempele	04-06-2018	1,23	
Turun tori (TT)	239818	6711040	Mineraallimaa	Liejuinen savi	400	Turku	29-04-2021	1,00	
Pukkila2	22.2399E	60.4576N	Mineraallimaa	Savinen lieju	500	Turku	29-09-2022	0,73	
Pukkila1	22.2399E	60.4576N	Mineraallimaa	Savinen lieju	540	Turku	29-09-2022	0,62	

Name of the site	pH field/start pH	pH inkub. 19weeks	pH FOX FOX = quick 1 h oxidation with hydrogen peroxide	Total S Aqua Regia mg S/kg	Total S Aqua Regia %	S FOXw1h mg S/kg	S FOXw1h %	Monosulfide AVS %	Pyrite CrS %
Sau 1	6,0	2,6	2,0	14000	1,40	15201	1,52	0,01	1,21
Turun tori 4 m	8,2	3,2	3,2	13100	1,31	7791	0,78	0,75	0,55
Risöfladan (GTK)	8,0	2,9	2,2	8515	0,85	12071	1,21	0,13	0,63
Mankki 1	5,3	3,8	2,8	2310	0,23	2127	0,21	0,04	0,17
Silta/Zateliitti	7,7	3,7	2,3	1770	0,18	1612	0,16	0,01	0,15
Linnunrata	6,0	3,2	2,4	657	0,07	738	0,07	0,01	0,01
Turun tori (TT)	7,4	3,4	2,1	9500	0,95	9347	0,93	Ei vielä tulo	Ei vielä tuloksia
Pukkila2	6,9	3,5	2,3	11860	1,186	6298	0,63	Ei vielä tulo	Ei vielä tuloksia
Pukkila1	7,5	3,6	2,9	12490	1,249	8507	0,85	Ei vielä tulo	Ei vielä tuloksia

Name of the site	Tot. CrS+AVS RIS	TAA pH 5,5 week 0 (mmol H+/kg)	TAA pH 6,5 week 0 (mmol H+/kg)	TIA pH 5,5 week 19 (mmol H+/kg)	TIA pH 6,5 week 19 (mmol H+/kg)	TPA _{FOXpH5.5} after hydrogen peroxide oxidation (1 h) (mmol H+/kg)	TPA _{FOXpH6.5} (mmol H+/kg)	LOI %
Sau 1	1,22	1,60	18,01	340,03	390,75	628,1	719,0	6,1
Turun tori 4 m	1,30	0,00	0,00	74,55	106,07	133,7	200,3	6,7
Risöfladan (GTK)	0,76	0,00	0,00	130,78	159,72	388,8	432,3	5,1
Mankki 1	0,22	36,61	59,67	77,99	100,42	178,0	225,9	5,4
Silta/Zateliitti	0,16	0,00	0,74	33,70	42,34	73,9	83,0	1,0
Linnunrata	0,01	0,11	3,52	28,07	33,78	37,5	44,1	1,0
Turun tori (TT)	Ei vielä tuloksia	Ei analysoitu	Ei analysoitu	196,3	228,4	339,8	401,0	3,6
Pukkila2	Ei vielä tuloksia	Ei analysoitu	Ei analysoitu	37,6	79,2	471,5	572,1	6,2
Pukkila1	Ei vielä tuloksia	Ei analysoitu	Ei analysoitu	111,0	154,6	511,9	641,5	5,9

LIITE 2

Verrokkihajuina käytettyjen ei-sulfidipitoisten savien kairaussyvyudet ja sijainti suhteessa sulfidikerrokseen (Kosonen ym. 2015).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Tikkurila/VANTAA												
2	VA3		Näytenimi		VA2		Näytenimi		VA1		Näytenimi		
3	Näyte	Syvyys (cm)	pussissa		Näyte	Syvyys (cm)	pussissa		Näyte	Syvyys (cm)	pussissa		
4	21	260			28	240			12	240			
5	20	280			27	320			11	290			
6	19	380			26	380			10	340			
7	18	440			25	430			9	370			Sulfidipitoinen
8	17	480			24	470			8	430			Ei sulfidia
9	16	545			23	520			7	480	VA1-3 XRF-7		
10	15	590			22	580			6	530	VA1-4 XRF-6		
11	14	630			21	620			5	580	VA1-4 XRF-5		
12	13	670			20	662			4	630	VA1-5 XRF-4		
13	12	720		Sulfidipitoinen	19	730			3	680			
14	11	790		Ei sulfidia	18	760			2	740			
15	10	820			17	800			1	772			
16	9	880			16	840		Sulfidipitoinen					
17	8	940			15	880		Ei sulfidia					
18	7	990			14	910							
19	6	1060	VA3-9 XRF-6		13	960							
20	5	1110			12	1010							
21	4	1150			11	1045							
22	3	1210			10	1080	VA2-11 XRF-10						
23	2	1280	VA3-12 XRF-2		9	1120	VA2-11 XRF-9						
24	1	1330	VA3-13 XRF-1		8	1152							
25					7	1183	VA2-12 XRF-7						
26					6	1228	VA2-13 XRF-6						
27					5	1258	VA2-13 XRF-5						
28					4	1290	VA2-13 XRF-4						
29					3	1345							
30					2	1360							
31					1	1390							
32													
33													
34	Syvyys maanpinnasta alaspäin												
35													

LIITE 3

Verrokkihajuina käytettyjen ei-sulfidipitoisten savien kairaussyvyudet ja sijainti suhteessa sulfidikerrokseen (Kosonen ym. 2015).

	A	B	C	D	E
1	Östersundom/HELSINKI				
2		Oster-4			
3			Näytenimi		
4	Näyte	Syvyys (m)	pussissa		
5	1	0,5			
6	2	1,5			
7	3	2,5			
8	4	3,5			
9	5	4,5		Sulfidipitoinen	
10	6	5,5		Ei sulfidia	
11	7	6,5	Oster-4-7		
12	8	7,5	Oster-4-8		
13	9	8,5			
14					
15					
16					
17	Syvyys maanpinnasta alaspäin				
18					
19					

LIITE 4

Maastoharjoittelun kirjanpito

15.6.2023:

Ensimmäinen ulkona tehty etsintä.

Kolme HaSu-näytettä:

1. Tieto puuttuu
2. Risöfladan (GTK)
3. Turun tori (TT)

Käytetty näytemäärä oli noin 7,5 ml/kätkö. Verrokkihajuja ei käytetty.

Kätköt asetettiin 3 m leveälle ja 5 m pitkälle hiekkatien alueelle omalla tontilla: Yksi molemmille tien reunoille, sekä yksi keskialueelle. Etsintä suoritettiin noin 15 min kätköjen laittamisen jälkeen.

Veikon etsintä oli alussa haparoivaa. Se ei selvästikään ollut varma mitä etsii, mutta ensimmäisen löydön jälkeen etsintä muuttui tarkemmaksi ja määrätietoisemmaksi. Kaikki kolme kätköä löytyivät, vaikka keskialueen kätkön löytäminen vaati erillistä ohjausta kätkön läheisyyteen. Etsintäaikaa ei mitattu. Etsintä kesti arviolta 3 min.

Sää oli aurinkoinen ja kevyesti tuulinen. Lehmänlantaa oli juuri levitetty lähipelloille ja se tuoksui voimakkaasti.

Onnistumisprosentti 100 %.

15.6.2022 ilta:

Sama alue etsittiin noin 3 h kuluttua uudelleen. Veikko ilmaisi 2/3 kätköä. Keskialueella olevaan kätköön Veikko ei reagoinut, vaikka sitä haistelikin.

Onnistumisprosentti 66 %.

16.6.2022:

Kolme HaSu-näytettä:

1. Sau 1
2. Linnunrata
3. Turun tori 4 m

Käytetty näytemäärä oli noin 5-10 ml/kätkö. Verrokkihajua ei käytetty.

Kätköt asetettiin 3 m leveälle ja 5 m pitkälle hiekkatien alueelle omalla tontilla: Yksi molemmille tien reunoille, sekä yksi keskialueelle. Etsintä suoritettiin noin 15 min kätköjen laittamisen jälkeen.

Kaikki löydöt tapahtuivat nopeasti. Veikon oli vaikea luopua ensimmäisestä kätköstä ja se palasi sinne toistuvasti. Kätkön uudelleen ilmaisusta kehuttiin, mutta ei palkattu enää toistamiseen. Etsintäaika ei mitattu. Etsintä kesti arviolta 1 min.

Onnistumisprosentti 100 %.

27.6.2022:

Kolme HaSu-näytettä:

1. Mankki 1
2. Turun tori (TT)
3. Risöfladan (GTK)

Näytemäärä oli noin 5-10 ml/kätkö. Verrokkihajuna käytettiin ei-sulfidipitoista savea. Verrokkihajun näytemäärä 5-10 ml.

Kätköt asetettiin noin 5 x 5 m kokoiselle alueelle sammaloituneelle pihanurmikolle omalla tontilla.

Veikko ilmaisi 2/3 kätköä. Yhtä kätköä Veikko haisteli hyvin, mutta ei kuitenkaan ilmaissut sitä. Veikko haisteli myös ei-sulfidipitoista savea, mutta ei reagoanut siihen.

Etsintäaika ei mitattu. Etsintä kesti arviolta 1,5 min.

Etsintä suoritettiin hyvin helteisen päivän iltana.

Onnistumisprosentti 75 %.

2.7.2022:

Kaksi HaSu-näytettä:

1. Mankki 1
2. Risöfladan (GTK)

Käytetty näytemäärä oli varsinaisissa kätköissä noin 30 ml/kätkö. Tämän lisäksi etsintäalueelle jätettiin myös tikut, joilla näytettä kaivettiin näyteputkista maahan. Molempiin näytteisiin käytettiin omaa tikkua ristikontaminaation välttämiseksi. Verrokkihajuja ei käytetty.

Kätköt asetettiin noin 30 x 40 m kokoiselle alueelle hevostarhaan. Etsintä suoritettiin noin 30 min kätköjen asettamisen jälkeen.

Veikko ilmaisi 2/2 kätköä, sekä molemmat näytteiden annostelutikut.

Veikko löysi kätköt nopeasti. Veikko sai vainun varsinaisista kätköistä jo joidenkin metrien päästä.

Etsintäaikaa ei mitattu. Etsintä kesti arviolta 4 min.

Onnistumisprosentti 100 %.

25.8.2022 ilta:

Seitsemän kätköä samasta HaSu-näytteestä: Risöfladan (GTK). Verrokkihajuja ei käytetty.

1. 4/7 kätköä piilotettu maan alle. Kätkön syvyys noin 1 cm.
2. 3/7 kätköä maan pinnalla: 1 pudonneen oksan alla, 1 kiven päällä, 2 kasvillisuuden seassa.

Veikko ilmaisi 7/8 kätköä. Yhtä Veikko ei löytänyt, mutta ei myöskään haistellut sen kohdalta. Muut kätköt Veikko löysi vaivatta.

Etsintäaikaa ei mitattu.

Onnistumisprosentti 86 %.

2.9.2022 ilta:

Kaksoissokkoetsintä hevostarhassa.

Kolme HaSu-näytettä:

Jostain syystä näytteitä ei ollut merkitty ylös. Näytteet olivat samoja, mitä harjoituksissa on muutenkin käytetty.

Verrokkihajuja ei käytetty.

Näytteet oli asetettu näyteputkissa (Falcontube) etsittäväälle alueelle ilman korkkeja. Etsittävän alueen koko oli noin 40 x 70 m. Etsintä suoritettiin noin 1 h kätköjen laittamisen jälkeen. Oli jo varsin hämärää ja näkyvyys oli huono.

Veikko löysi 3/3 kätköä. Etsintä oli vauhdikasta ja motivoitunutta. Veikko sai kätköistä hajun jo muutaman metrin päästä. Kokonainen putki ilman korkkia haisee siis varsin voimakkaasti.

Veikko ilmaisi myös samalle alueelle 25.8.2022 kätkeyt ja etsityt maan pinnalla olleet HaSu-näytteet. Haisteli kyllä muitakin samaan aikaan kätkeytyjä näytteitä selvästi reagoiden, mutta ei ilmaissut niitä jostain syystä. Veikon kanssa on harjoiteltu sitä, ettei jo kertaalleen löydettyjä hajuja ilmaista. Lieko se syynä.

Onnistumisprosentti 100 %.

10.9.2022:

Kaksi HaSu-näytettä:

1. Risöfladan (GTK). Hapettunut jääkaapissa pidempään. Näytemäärä noin 15 ml.
2. Sau 1. Täysinäinen 50 ml näyteputki.

Näytteet asetettiin kätköihin näyteputkissa, ilman korkkeja. Kätköt tehtiin sänkipellolle. Etsittävän alueen koko noin 30 x 40 m. Verrokkihajuja ei käytetty. Etsintä suoritettiin noin 20 min kätköjen asettamisen jälkeen.

Veikko löysi 2/2 kätköä.

Etsintäaikaa ei mitattu. Etsinnän kesto arviolta 2 min.

Ennen etsinnän aloittamista etsittäväältä alueelta lähti Veikon nähden kaksi kaurista. Odotettiin näköyhteyden katkeamista, ennen etsintään lähettämistä. Kauriiden haju ei häirinyt etsintää juurikaan.

Onnistumisprosentti 100 %.

16.9.2022:

Kaksi HaSu- näytettä:

1. Risöfladan (GTK). Näytemäärä: näyteputken reunoille jäljelle jäänyt materiaali, kun putki on muuten tyhjennetty muiden etsintöjen kätköjä asetettaessa. Hapettunut jääkaapissa pidempään.
2. Sau 1. Näytemäärä: näyteputken reunoille jäljelle jäänyt materiaali, kun putki on muuten tyhjennetty muiden etsintöjen kätköjä asetettaessa. Hapettunut jääkaapissa pidempään.

Jäljelle jäänyt näyte hapettunut hyvin punaiseksi (rautasaostumia).

Näytteet olivat samoja, kuin aikaisemmassa etsinnässä, mutta näyte-erä eri (duplikaatti). Näytteet asetettiin sänkipellolle tehdylle etsintäalueelle avonaisissa putkissa. Myös korkit kätettiin omiin piiloihinsa. Etsintäalueen koko oli noin 30 x 50 m. Etsintä suoritettiin noin 20 min kätköjen asettamisen jälkeen.

Veikko löysi 4/4 kätköä. Putket löytyivät nopeasti, mutta korkkien löytyminen vei aikaa ja vaati hitaampaa sekä tarkempaa etsintää löytyäkseen. Etsintäaika oli 10 min.

Onnistumisprosentti 100 %.

8.10.2022:

Kaksi HaSu-näytettä:

1. 72.2 (LUKE). Käytetty näytemäärä noin 0,5 ml.
2. 72.3 (LUKE). Käytetty näytemäärä noin 0,5 ml.

Kätköt oli asetettu omalla pihalla hiekkatielle. Veikko oli haistellut kyseisistä näytteistä otettuja näyte-eriä kerran aikaisemmin hajuerotteluradalla. Etsintä suoritettiin noin 15 min kätköjen asettamisen jälkeen.

Veikko lähetettiin etsintään noin 3 m päästä kätköistä.

Veikko ilmaisi 2/2 kätköä. Etsintäaika 35 s ja 29 s. Veikko sai kätköistä hajun noin 50 cm päästä.

Onnistumisprosentti 100 %.

10.10.2022:

Kolme HaSu-näytettä:

1. 52.3 potentiaalinen HaSu. Näytemäärä noin 0,5 ml.
2. 53.1 ei-aktiivinen HaSu. Näytemäärä noin 0,5 ml.
3. 58.2 potentiaalinen HaSu. Näytemäärä noin 0,5 ml.

Verrokinäytteinä kaksi sisältä tuotua simpukkaa ja hiekkänäyte.

Kätköt asetettiin sammaleiselle nurmikolle noin 3 x 3 m kokoiselle alueelle.

Täysin uudet näytteet Veikolle.

Veikko ilmaisi 0/3 kätköä. Veikko etsi hyvin ja keskittyneesti. Se myös rekisteröi näytteet, mutta ei ilmaissut niitä. Veikko rekisteröi myös verrokkihajut ja nuolaisi toista simpukkaa. Ei ilmaissut niitäkään. Etsintäaika 6 min 2 s.

Tuulinen sää ja liian pienet näytemäärät. Samoista näyteputkista otettuja näytteitä käytettiin illalla hajuradalla ja Veikko ilmaisi molemmat potentiaaliset HaSut. Ei-aktiivista HaSua se ei ilmaissut.

Onnistumisprosentti 50 %.

13.10.2022:

Maastoetsintä kolmelle edellisenä päivänä kenttäretkellä kairatulle kohdealueelle Turun ylioppilaskylässä.

Kahdella kohteista oli potentiaalista HaSu-materiaalia ja kolmannella Ancylus-vaiheen aikana kerrostuneita savia (ei-HaSu). Kaikkiin kohteisiin jätettiin kairasta puhdistettua materiaalia kairausreijän välittömään läheisyyteen. Alueet olivat tamppautuneet ison ryhmän työskentelyn jäljiltä.

Veikko lähetettiin etsintään useamman metrin päästä ja se sai vainun savista miltei heti ja lähti tarkentamaan niiden sijaintia. Veikko löysi ja ilmaisi kaikissa kohteissa kairasta jääneen materiaalin. Myös Ancylus-vaiheen saven, jota ei olisi kuulunut ilmaista. Ilmaisut olivat hieman epävarmoja, mutta selkeitä. Alueella oli paljon häiriötekijöitä (ulkoilevia koiria, pyöräilijöitä, ihmisiä ja muuta hälinää).

Virheilmaisuuksia johtui joko siitä, että paikalle oli tullut kontaminaatiojälkiä edellisestä kairauspaikasta, jossa oli potentiaalista HaSu-materiaalia (kairaa ei puhdistettu kunnolla välissä) tai vaihtoehtoisesti Veikko reagoi jokaisella kohteella ympäristöstä poikkeavaan hajuun, eikä niinkään HaSuun. Maasta kairattu ja maan pinnalle nostettu kairamateriaali poikkeaa hajumaailmaltaan muusta ympäristöstä ja koira voi reagoida ja tehdä ilmaisun tämän perusteella. Itse uskon kontaminaatiovaihtoehtoon. Saman päivän iltana Veikko

kävi kaikilta kolmelta kohdealueelta edellisenä päivänä otetut näytteet hajuerotteluradalla läpi, ilmaisten molemmat potentiaaliset HaSut ja jättäen Ancyclus-vaiheen saven ilmaisematta.

Onnistumisprosentti 66 %.

23.10.2022:

Kaksi HaSu-näytettä:

1. Osittain jääkaapissa hapettunut pelkistynyt HaSu-näyte YO-kylästä. Näytekoko noin 15 ml.
2. Kuiva HaSu-pitoinen moreeninäyte (GTK). Näytekoko noin 15 ml.

Verrokkihajut:

1. Oster-4-8 (ei-sulfidipitoinen savi). Näytekoko noin 15 ml.
2. Kukkamultaa (sisältä). Näytekoko noin 50 ml.
3. Kivi (sisältä).

Kätköt asetettiin heinäiselle niitylle, jossa kasvaa myös piparminttua (haisee voimakkaasti, kun sitä tallaa). Etsintäalueen koko noin 15 x 25 m. Alueelle jätettiin myös pelkistyneen HaSu-näytteen annosteluun käytetty oksa. Etsintä suoritettiin 6 h kuluttua kätköjen asettamisesta.

Veikko etsi hyvin ja ilmaisi 1/2 kätköä, sekä toisen näytteen annosteluun käytetyn oksan. HaSu-pitoista moreeninäytettä Veikko haisteli ja analysoi kauan, mutta ei ilmaissut sitä. Näyte oli kuiva. Veikko rekisteröi myös kaikki verrokkihajut, mutta ei tehnyt niille virheilmaisua. Etsintäaika 8 min 16 s.

Veikko on haistellut ainoastaan tuoreita/kosteita HaSu-näytteitä, joten HaSu-pitoisen moreenin hajumaailma saattoi olla poikkeava. Rikkivetyä ei pääse myöskään muodostumaan kuivassa näytteessä.

Onnistumisprosentti 86 %.

5.11.2022:

Sokkoetsintä.

Yksi HaSu-näyte:

1. Pukkila 2. Näytekoko noin 15 ml.

Verrokkihajut:

1. VA2-12-XRF-7 (ei-sulfidipit. savi)
2. YO-kylä, Profiili 5 (Ancylus-savia) 160-180 cm (ei-sulfidipit. savi)
3. Humusta
4. Karkeaa soraa

Kätköt metsässä. Etsintäalueen koko noin 15 x 25 m. Etsintä suoritettiin seuraavana päivänä kätköjen laittamisen jälkeen. Yöllä satoi vettä.

Veikko etsi sopivalla vauhdilla ja hyvällä motivaatiolla. Veikko ilmaisi kohdehajun, eikä reagoinut verrokkihajuihin. Etsintäaika 3 min 40 s.

Onnistumisprosentti 100 %.

6.11.2022:

Sokkoetsintä.

Samat näytteet ja häiriöt, kuin edellisenä päivänä. Eri annokset kuitenkin.

Yksi HaSu-näyte:

1. Pukkila 2. Näytekoko noin 15 ml.

Verrokkihajut:

1. VA2-12-XRF-7 (ei-sulfidipit. savi)
2. YO-kylä, Profiili 5 (Ancylus-savia) 160-180 cm (ei-sulfidipit. savi)
3. Humusta
4. Karkeaa soraa

Kätköt tehty metsään. Etsintäalueen koko noin 15 x 25 m. Etsintä suoritettiin noin 40 h päästä kätköjen laitosta.

Veikko etsi motivoituneesti, mutta ohjaajan mielestä turhan vauhdikkaasti. Löysi ja ilmaisi kohteen. Etsintäaika 47 s.

Onnistumisprosentti 100 %.

22.12.2022:

Yksi HaSu-näyte:

1. Pukkila 2. Näytemäärä noin 50 ml.

Verrokkihajut:

1. Ei-sulfidipitoinen savi (näytteen koodi jäänyt merkitsemättä)
2. Karkeaa soraa

Etsintäalue kotipihalla metsän reunassa. Etsintäalue noin 5 x 5 m.

Etsintä suoritettiin noin 1 kk kätkön asettamisen jälkeen. Veikko löysi ja ilmaisi kohdehajun, eikä reagoanut verrokkihajuihin. Etsintäaika noin 1,5 min.

Veikko löysi kätkön nopeasti. Se oli etsinyt alueen 1 kk aiemmin tuoreeltaan kätkön laittamisen jälkeen ja silloinkin löysi kätkön varsin helposti. Muistiko se kätkön sijainnin, vai oliko tämä etsintä sille verrattavissa ihan "uuteen" etsintään?

Jostain syystä kuukautta aiemmin suoritettu etsintä on jäänyt merkitsemättä ylös.

Onnistumisprosentti molemmissa etsinnöissä 100 %.

22.12.2022:

Yksi HaSu-näyte:

1. Pukkila 2. Näytemäärä noin 15 ml.

Verrokkihajut:

1. Karkeaa soraa
2. Savea (Vehmaa)
3. Kukkamultaa

Etsintäalue kotipihalla metsän laidassa. Etsintäalueen koko noin 6 x 6 m. Etsintä suoritettiin noin 24 h kätköjen asettamisen jälkeen. Veikko löysi ja ilmaisi kätkön nopeasti, eikä reagoanut verrokkihajuihin. Etsintäaikaa ei mitattu, mutta se oli arviolta noin 2 min.

Onnistumisprosentti 100 %.

27.12.2022:

Sokkoetsintä.

Alue oli tyhjä eli siellä ei ollut yhtään kohdehajua.

Verrokkihajut:

1. Ei-sulfidipitoinen savi (koodia ei ole merkitty ylös)

2. Ei-sulfidipitoinen savi (koodia ei ole merkitty ylös. Eri kuin verrokki 1.)
3. Puukapula

Etsittävän alueen koko noin 5 x 10 m. Etsintä suoritettiin noin 1 h verrokinäytteiden asettamisen jälkeen. Veikko ilmaisi 7 min etsinnän jälkeen puukapulan. Etsintää jatkettiin vielä toiset 7 min. Veikko ei reagoanut muihin verrokihajuihin. Etsintäaika noin 14 min.

Lunta satoi ja maassa oli noin 3 cm lunta. Pakkasta oli muutama aste. Harjoituksen tarkoituksena oli testata, kuinka kauan Veikko etsii motivoituneesti. Veikko ilmaisi puukapulan mahdollisesti siitä syystä, että etsintä kesti niin pitkään. Pitkässä etsinnässä, erityisesti jos etsitään pientä aluetta, kokematon koira voi provosoitua yrittämään ilmaisua jollekin ympäristöstä poikkeavalle hajulle, vaikkei se oikeaksi kohdehajuksi sitä tunnistaisikaan. Arvelen, että Veikolla oli kyseessä edellä mainittu. 14 minuutin jälkeen keskeytin etsinnän, vaikka Veikko etsi edelleen hyvällä motivaatiolla.

Onnistumisprosentti 66 %.

19.3.2023:

Kaksoissokkoetsintä.

Yksi HaSu-näyte:

1. Sau 1. Näytemäärä noin 15 ml.

Verrokihajut:

1. Puuvärikynä
2. Puuvärikynä

Etsittävän alueen koko noin 3 x 15 m. Etsintä suoritettiin 3 h kätköjen asettamisen jälkeen.

Veikko onnistuttiin lähettämään suoraan HaSu-kätkön edestä, joten kätkö löytyi ja Veikko ilmaisi sen noin kahdessa sekunnissa. Etsintäalue etsittiin kuitenkin kokonaan läpi, eikä Veikko reagoanut verrokihajuihin mitenkään.

Onnistumisprosentti 100 %.

19.3.2023:

Sokkoetsintä.

Yksi HaSu-näyte:

1. Sau 1. Näytemäärä noin 15 ml.

Verrokkihajut:

1. SrHkMr (sorainen hiekkamoreeni)
2. HHk (hienohiekka)

Etsintäalue metsässä. Alueen koko noin 7 x 20 m. Etsintä suoritettiin 2 h kätköjen asettamisen jälkeen. Veikko löysi ja ilmaisi kohdehajun, verrokkeihin se ei reagoanut. Etsintäaika 5 min 9 s.

Veikko etsi hienosti, hyvällä motivaatiolla.

Onnistumisprosentti 100 %.

21.3.2023:

Kasoissokkoetsintä.

Yksi HaSu-näyte:

1. Mankki 1. Näytemäärä noin 15 ml.

Verrokkihaju:

1. Rikkipitoinen kivi.

Etsintäalue metsässä. Etsintäalueen koko noin 3 x 15 m. Etsintä suoritettiin 2 vrk kätköjen asettamisen jälkeen.

Nopea löytö ja ilmaisu. Aikaa ei mitattu.

Veikko ilmaisi myös verrokkikiven. Se ei kuitenkaan ole väärin, koska kivi on rikkipitoinen ja todennäköisesti siinä haisee myös rikkivety.

Onnistumisprosentti 100 %.

9.4.2023:

Yksi HaSu-näyte:

1. Pukkila 2 + annostelutikussa oleva näytemäärä, sekä annostelussa maahan pudonneet HaSu-murut. Varsinaisen näytteen annoskoko noin 10 ml.

Verrokkihajut:

1. VA1-4, XRF-5 + annostelutikussa oleva näytemäärä (ei-sulfidipit. savi)

2. Puuvärikynä

3. Puuvärikynä

Kätköt asetettu vanhaan lammastarhaan. Etsittävän alueen koko noin 10 x 25 m. Etsintä suoritettiin noin 3 h kätköjen asettamisen jälkeen. Veikko etsi hyvällä motivaatiolla. Veikko löysi ja ilmaisi ensimmäiseksi maahan pudonneet HaSu-murut noin 50 cm päässä varsinaisesta kätköstä. Seuraavaksi Veikko löysi ja ilmaisi alueelle jätetyn näytteen annostelutikun. Tähän asti etsintä videoitiin. Etsintäaika oli 3 min 4 s. Etsintää jatkettiin videonin jälkeen vielä noin 2 min. Veikko löysi ja ilmaisi myös varsinaisen piilon ja toiset annostelussa maahan pudonneet HaSut. Verrokkihajuihin se ei reagoanut. Onnistumisprosentti 100 %.

1.5.2023:

Kaksoissokkoetsintä 1.

Kaksi HaSu-näytettä:

1. Pukkila 1. Näytemäärä noin 23 ml.

Verrokkihajut:

1. VA3-13, XRF-1 (ei-sulfidipit. savi)

2. Soraa

Kätkö ja häiriöt asetettiin metsään noin 10 m x 10 m alueelle 29.4.2023. Seuraavana yönä satoi runsaasti. Etsintä suoritettiin kahden vuorokauden kuluttua. Kätkö oli Veikon lähetyskohdassa tuulen yläpuolella. Veikko juoksi etsittävän alueen takaosaan, sai sieltä heti vainun kätköstä ja palasi kätkön luokse. Etsintäaikaa ei mitattu, mutta se oli arviolta noin 1 min. Veikko ei reagoanut verrokkihajuihin.

Kaksoissokkoetsintä 2.

Kaksi HaSu-näytettä:

1. Pukkila 1. Näytemäärä noin 23 ml.

Verrokkihajut:

1. Oster-4-8 (ei-sulfidipit. savi)

2. Soraa

Kätkö ja häiriöt asetettiin metsään noin 10 m x 10 m alueelle 29.4.2023. Seuraavana yönä satoi runsaasti. Etsintä suoritettiin kahden vuorokauden kuluttua. Kätkö oli Veikon lähetyskohdassa tuulen yläpuolella. Veikko juoksi etsittävän alueen takaosaan, sai sieltä heti vainun kätköstä ja palasi kätkön luokse. Etsintäaikaa ei mitattu, mutta se oli arviolta noin 1 min. Veikko ei reagoanut verrokkihajuihin.

MAAN SISÄÄN PILOTETUT KÄTKÖT:

4.8.2022:

Maan alle kätetty näyte: Sau 1.

Kätkö oli kaivettu Paraisten kalkkikaivoksen sivukivikasalle sekalajitteisen hiekan alle. Näytemäärä oli noin 50 ml ja kätkön syvyys 10 cm. Noin metrin päähän oli kaivettu samaan syvyyteen myös verrokkikätkö, jossa oli piilotettuna käpy. Kätkö oli tehty 28.7.2022.

Veikko lähetettiin etsintään noin metrin päästä kätköstä. Veikko etsi hyvin, mutta ei reagoanut kätköön millään tavalla.

Kuuman päivän ilta. Veikko läähätti paljon.

Mahdollisia syitä sille, ettei kätköä löytynyt:

1. Veikko ei ole harjoitellut HaSuilla kuukauteen, joten herkkyys niiden haistamiseen on voinut heikentyä.
2. Veikon kanssa ei olla harjoiteltu maan sisälle kätettyjä asioita aiemmin, esimerkiksi harjoitushajun kanssa.
3. Näytemäärä on liian pieni ja kätkö liian syvällä → haju ei pääse nousemaan pintaan.
4. Tiivis peittomaa → haju ei pääse nousemaan pintaan.
5. Näyte ei ole ollut maassa riittävän pitkään → haju ei nouse pintaan asti.
6. Haju muuttuu suotautuessaan maan läpi → Veikko ei tunnista hajua.
7. Haju valuu kylmässä maassa alaspäin.
8. Onko sivukiven mahdollisesti sisältämä kalkki neutraloinut happamuuden? → Rikkivetyä ei muodostu?

Onnistumisprosentti 0 %.

25.8.2022 aamu:

Kuusi maan alle kaivettua HaSu-kätköä:

1. Sau 1. Näytemäärä noin 30 ml. Kätkön syvyys noin 10 cm.
2. Turun tori (TT). Näytemäärä noin 50 ml. Kätkön syvyys noin 10 cm. Sorainen alue.
3. Turun tori 4 m. Näytemäärä noin 50 ml. Kätkön syvyys noin 15 cm. Sekalajitteinen hiekka.
4. Linnunrata. Näytemäärä noin 50 ml. Kätkön syvyys noin 15 cm. Sekalajitteinen hiekka.
5. Silta/Zateliitti. Näytemäärä noin 30 ml. Kätkön syvyys noin 5 cm. Sorainen alue.
6. Sau 1. Näytemäärä noin 50 ml. Kätkön syvyys noin 20 cm. Pikkukivikasa.

Kätköt oli kaivettu kuukautta aikaisemmin 28.7.2022 Paraisten kalkkikivikaivoksen sivukivikasalle. Jokaisen varsinaisen kätkön läheisyyteen oli tehty myös verrokkikätkö samaan syvyyteen. Verrokkikätköissä oli käpyjä tai keppejä. Kätkö numero 1. on yritetty etsiä kerran aiemmin.

Veikko ilmaisi 1/6 kätköä. Ilmaistu kätkö sijaitsi pikkukivikasassa. Muihin kätköihin Veikko ei reagoanut. Etsintäaika kussakin kohteessa oli noin 1 min. Veikko lähetettiin etsintään noin 1 m päässä kätköistä.

Pikkukivikasan kivien väliset raot mahdollistivat hajun nousun maan pinnalle.

Mahdollisia syitä sille, ettei muita kätköjä löytynyt:

7. Veikon kanssa ei olla harjoiteltu maan sisälle kätettyjä asioita.
8. Näytemäärä on liian pieni ja kätkö liian syvällä → haju ei pääse nousemaan pintaan.
9. Tiivis peittomaa → haju ei pääse nousemaan pintaan.
10. Näyte ei ole ollut maassa riittävän pitkään → haju ei nouse pintaan asti.
11. Haju muuttuu suotautuessaan maan läpi → Veikko ei tunnista hajua.
12. Haju valuu kylmässä maassa alaspäin.
13. Onko sivukiven mahdollisesti sisältämä kalkki neutraloinut happamuuden? → Rikkivetyä ei muodostu?

Onnistumisprosentti 16 %.

18.4.2023:

Kaksi HaSu-kätköä:

1. Pukkila 2 (ämpäristä). Näytemäärä noin 500 ml. Kätkösyvyys noin 10 cm.

2. Pukkila 2 (ämpäristä). Näytemäärä noin 500 ml. Kätkösyvyys noin 20 cm.

Kätköt kaivettiin maahan 16.4.2023 talon sokkelin viereen hiekkaan noin 2 m päähän toisistaan. Maata kaivettiin myös näytteiden väliseltä alueelta, ettei Veikko pysty päättelemään maanpinnan rikkoutumisesta kätköjen sijaintia. Veikko haisteli aluetta intensiivisesti, mutta ei reagoinut näytteeseen. Haisteli ehkä hiukan muuta ympäristöä tarkemmin.

20.4.2023:

Samat kätköt, kuin 18.4. 2023. Veikko ei ilmaissut mitään, vaikka hyvin taas haistelikin. Veikko tosin löysi ja ilmaisi 5 m päässä olevan maan pinnalle, syksyllä 2022, laitetun HaSu-kätkön.

23.4.2023:

Kaksi HaSu-kätköä:

1. Pukkila 2 (ämpäristä). Näytemäärä noin 500 ml. Kätkösyvyys noin 10 cm.
2. Pukkila 2 (ämpäristä). Näytemäärä noin 500 ml. Kätkösyvyys noin 20 cm.

21.4.2023 kaivettiin kokonainen kongi (L-koko) 18.4.2023 maahan kaivettujen HaSujen väliin. Kongi tekeytyi kätkössä 2 vrk. Kongi kaivettiin noin 5 cm syvyyteen.

Veikko lähetettiin etsintään ja se ilmaisi kongin varsin nopeasti. Kongi kaivettiin pois maasta ja Veikko lähetettiin etsintään uudelleen. Veikko ohjattiin noin 50 cm päähän 10 cm syvyyteen kaivetusta HaSu-kätköstä kädellä maahan kopauttamalla. Veikko haisteli ja ilmaisi kätkön viereen (noin 20 cm päähän kätköstä). Tämän jälkeen Veikko ohjattiin etsimään 20 cm syvyyteen kaivettua HaSua. Veikko teki ilmaisun suoraan kätkön päälle. Onnistumisprosentti 100 %.

25.4.2023:

Yksi HaSu-kätkö:

1. Pukkila 2. Näytemäärä noin 500 ml. Kätkösyvyys noin 5 cm. Multa-/humusmaa.

Etsittävän alueen koko noin 1 m x 2 m. Veikkoa jouduttiin pyytämään toistuvasti takaisin etsittäville alueelle, sen laajentaessa etsintää alueen ulkopuolelle. Lopulta Veikko löysi ja ilmaisi kätkön. Etsintäaikaa ei mitattu. Aika arviolta 2 min. Etsintä suoritettiin 1 vrk kätkön tekemisen jälkeen.

Onnistumisprosentti 100 %.