



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 91/2023

Kuusen- ja männynjuurikäävän sekä tervasrosan aiheuttamien metsätuhojen aikainen havainnointi koirien avulla

Koirien hajukoulutusmenetelmä ja sen testaus

Juha Kaitera, Tuula Piri, Minna Männistö, Sanna Vinblad,
Heli Väättäjä ja Kari Mäkitalo

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 91/2023

Kuusen- ja männynjuurikäävän sekä tervasrosan aiheuttamien metsätuhojen aikainen havainnointi koirien avulla

Koirien hajukoulutusmenetelmä ja sen testaus

**Koirien hajukoulutusmenetelmä ja sen testaus
Juha Kaitera, Tuula Piri, Minna Männistö, Sanna Vinblad,
Heli Väättäjä ja Kari Mäkitalo**



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



LAPIN AMK⁷
Lapland University of Applied Sciences

Viittausohje:

Kaitera, J., Piri, T., Männistö, M., Vinblad, S., Väätäjä, H. & Mäkitalo, K. 2023. Kuusen- ja männynjuurikäävän sekä tervasroson aiheuttamien metsätuhojen aikainen havainnointi koirien avulla : Koirien hajukoulutusmenetelmä ja sen testaus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 91/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 54 s.

Juha Kaitera ORCID ID, <http://orcid.org/0000-0003-2549-7001>



ISBN 978-952-380-789-1 (Painettu)

ISBN 978-952-380-790-7 (Verkkójulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkójulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-790-7>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Juha Kaitera, Tuula Piri, Minna Männistö, Sanna Vinblad, Heli Väätäjä ja Kari Mäkitalo

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2023

Julkaisuvuosi: 2023

Kannen kuva: Minna Männistö

Tiivistelmä

Juha Kaitera¹, Tuula Piri², Minna Männistö³, Sanna Vinblad⁴, Heli Väättäjä⁴ ja Kari Mäkitalo³

¹ Luonnonvarakeskus (Luke), Paavo Havaksen tie 3, 90570 Oulu, juha.kaitera@luke.fi

² Luonnonvarakeskus (Luke), Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, tuula.piri@luke.fi

³ Luonnonvarakeskus (Luke), Ounasjoentie 6, 96100 Rovaniemi, minna.mannisto@luke.fi, kari.makitalo@luke.fi

⁴ Lapin ammattikorkeakoulu (Lapin AMK), Jokiväylä 11, 96300 Rovaniemi, sanna.vinblad@lapinamk.fi, heli.vaataja@lapinamk.fi

Metsien terveyttä uhkaavat monet eri tekijät kuten ilmastonmuutos, koto- ja vierasperäisten tautien ja tuholaisien leviäminen sekä metsänhoitomenetelmien muutokset. Parhaiten metsien terveydentilasta voidaan huolehtia varautumalla tuhoihin riittävän ajoissa. Havupuuta lahoittavien kuusen- ja männynjuurikäävän on arvioitu aiheuttavan Suomen metsätaloudelle n. 50 miljoonan euron menetykset vuosittain. Tervasrososieni tappaa kaikenikäisiä ja -kokoisia mäntyjä sekä kuivilla että tuoreilla kankailla. Viime vuosikymmeninä epidemiat ovat lisääntyneet nuorissa männiköissä. Koirien hajuaistia hyödynnetään lukuisten eri asioiden etsinnässä ja ilmaisussa. Koirat havaitsevat myös erilaisia sienituhoja kuten rakennusten homevaurioita ja mm. tammen äkkikuoleman tartuttamia puita. Suomessa tuhosieniä ei ole havainnointi metsissä koirien avulla.

Koirat metsätuhojen tunnistamisessa –aikaisen havainnoinnin järjestelmä (Nose4Wood) -projektissa selvitettiin tuhosienten havainnointia taudin esiintymisen alkuvaiheessa.

Hankkeen tarkoituksena oli selvittää 1) koirien hajuaistin käyttömahdollisuudet juurikäpä- ja tervasrososientien aikaisessa havainnoinnissa, 2) kehittää metsien kestävä hyödyntämisen tuoksi metsätuhojen aikaisen vaiheen tunnistamisen menetelmä perustuen koirien hajuaistiin, 3) kehittää ja pilotoida koulutusprosessi koirakoille tuhosienten tunnistamiseksi metsissä ja 4) edistää metsien terveyttä ja metsätalouden kannattavuutta sekä varautua ilmastonmuutoksen ja uusien metsänkäyttömenetelmien käyttöönoton haasteisiin metsien terveydessä.

Nose4Wood-projektin 12–18 kuukautta kestävään pilottikoulutukseen haettiin tuhosienten kartoittamisesta kiinnostuneita koirakoita. Koulutukseen valittiin 28 hakijan joukosta 15 koirakkoa, joilla oli erilaiset taustat hajutyöskentelyyn ja metsätalouteen liittyen. Koirakot jaettiin kahteen ryhmään, jossa toisen ryhmän koirille opetettiin tervasrososien ja toisen ryhmän koirille juurikäävän tunnistaminen hajuerotteluradalla ja maastossa. Koulutusmateriaalina käytettiin kuusen- ja männynjuurikäävän itiöemiä, näiden sienien lahoittamaa puuainesta sekä laboratorioissa kasvatettua rihmastoa. Tervasrososista käytettiin itiö-, koro (sekä nuoria itiöiviä että vanhoja jo itiöineitä koroja) sekä itiöpesäke- ja lehtinäytteitä eri väli-isäntäkasvilajeista.

Koulutuskokonaisuus sisälsi lähipäiviä sekä etävalmennusta ja itsenäistä harjoittelua. Hajutyöskentelyä ja tuhosienten ilmaisua koulutettiin koirille ennalta varmennetuilla ja valmistetuilla itiö-, puu-, koro-, laho-, itiöemä-, kasvi- ja rihmastonäytteillä hajuerotteluradalla. Kukin koirakko sai erilaisia laboratorioissa valmistettuja näytteitä kotiin omatoimiseen harjoitteluun. Koirien edistymistä seurattiin kirjaamalla harjoittelutuloksia sekä edistymiskyselyillä. Koirakkojen osaamista testattiin lähipäivien aikana. Testejä toteutettiin hajuerotteluradalla, missä koirat haistelivat lasipurkeissa olevia näytteitä tunnistuen niistä kohdehajuina olevat tervasrososien

ja juurikäävän eri muodot. Kullekin koiralle opetettiin sille soveltuva ilmaisutapa, jolla se kertoo ohjaajalle löydöstä.

Tuhosienten tunnistamista ja paikantamista niiden hajun perusteella harjoiteltiin myös metsäalueilla. Eri tervasrosomuotojen vaivaamat tutkimusmetsiköt sijaitsivat Lapissa ja Pohjois-Pohjanmaalla. Juurikäävän tartuttamat maastokoealat sijaitsivat Pohjois-Pohjanmaalla ja Etelä-Suomessa. Sovelluskohteina olivat metsiköt, joista ei tunnettu ennalta tuhotilannetta. Tervasrosoon erikoistuvia koiria opetettiin etsimään tuhosientä mäntyjen rungosta ja oksista kohdeetsintänä, eri kasvien lehdistä tarkkuusetsintänä sekä puiden läheltä ilmavirtoja seuraamalla. Koirat opetettiin ensin ilmaisemaan tautikohteet mahdollisimman tarkasti, mutta myöhemmin koiria opetettiin ilmaisemaan tartunnan saanutta puuta tarkan tartuntakohdan sijaan. Juurikäävän erikoistuvia koiria opetettiin etsimään kuusenjuurikäpää kannoista, juurakoista ja tuulenkaadoista sekä pystypuista. Männynjuurikäävän etsintää kohdennettiin eri ikäisiin mäntyihin ja katajiin. Koiria opetettiin seuraamaan juurikäävän hajuja ilmavirrasta sekä käymään yksittäisiä etsittäviä kohteita läpi. Koiria opetettiin ilmaisemaan tartunnan saanutta puuta. Tarkkaa kohdentamista ei edellytetty, sillä juurikäävän itiöemiä tai muuta selkeää kohdetta ei aina ole näkyvissä. Useat koirat kuitenkin ilmaisivat itiöemiä tarkasti. Kenttätyöskentelyä testattiin metsään merkityillä koeloilla, joissa tiedettiin olevan tartuntoja, mutta niiden sijaintia ei testien osallistuvilla ollut tiedossa. Testissä jokainen koirakko sai puolen tunnin ajan kartoittaa 900–1900 m² kokoiselta alueelta tuhosieniä. Tervasroson tunnistamista kasvien lehdistä toteutettiin kolmella 0,25 m² kokoisella koeruudulla.

Vuoden harjoittelun myötä valtaosa koirista oppi tunnistamaan kuusenjuurikäävän ja tervasroson näytteiden eri muotoja hajuerotteluradalla. Hajuerotteluradan lopputestin osallistui juurikäävällä 9 koiraa. Juurikäävän haastavimmin tunnistettavat näytteet olivat tuore ja kylmäkuivattu itiöemän palanen, jotka 22 % koirista tunnisti. Parhaiten tunnistettu näyte oli puolestaan pakastettu itiöemän palanen, jonka tunnisti 89 % koirista. Itiöemänäytteistä pakastettua itiöemää käytettiin harjoitteluissa näytteenä ja koulutus myös aloitettiin pakastetulla itiöemänäytteellä, joten sitä harjoiteltiin määrällisesti eniten. Tervasroson osalta hajuerotteluradan testiin osallistui viisi koiraa. Vaikein näyte testissä oli männystä mäntyyn leviävän tervasrosomuodon itiöt, jotka 20 % koirista tunnisti. Nuoret itiöivät korot tunnistettiin sen sijaan erinomaisesti, kun kaikki koirat tunnistivat männystä mäntyyn leviävän muodon näytteet oikein ja väli-isäntäkasvia vaihtavan muodon nuoret korot 60 % oikein.

Metsässä koirat oppivat tunnistamaan pitkälle edenneen kuusenjuurikäpärtartunnan erityisesti juurakoiden ja kaatuneiden puiden itiöemistä sekä kantojen lahosta. Lahon tunnistus pystypuista onnistui osittain, sillä erityisesti vasta tartunnan saaneet puut olivat selvästi vaikeita tunnistaa. Koirat tunnistivat koulutuksen loppuvaiheessa hyvin myös männynjuurikäävän taimista ja varttuneista puista. Männynjuurikäävän kartoittamista testattiin Läyliäisten taimikoista seitsemällä koiralla. Koirien ilmaisemista löydöistä oli 67–100 % oikein. Kaikista kartoitusreitillä olleista tautisista puista koirat ilmaisivat 80–93 %. Varttuneempien puiden kartoitusta testattiin kolmella koiralla. Koirat suoriutuivat testistä erinomaisesti, sillä kaikista löydöistä 90–100 % oli oikein. Kaikista kartoitusreitillä olleista tautisista puista koira ilmaisivat 78–95 %. Koirien tunnistamista puista kaikki eivät silmämääräisesti arvioituna näyttäneet juurikäpärtartunnan saaneilta. Näistä puista otettiin näytteet, joilla ne todettiin jälkikäteen männynjuurikäpäisiksi puiksi.

Koirat oppivat tunnistamaan metsässä tervasrososa erinomaisesti tervasroson itiöistä, itiöemällisistä oksista, tuoreista ja vanhoista koroista ja jopa latenteista tartunnoista oksista ja

rungoista, jolloin sieni esiintyy rihmastona puussa. Tunnistus onnistui hyvin sekä väli-isäntäkasvia vaihtavan että suoraan männystä mäntyyn leviävän tervasrosomuodon oksista, rungosta ja kasveilta. Tervasroson kartoittamista testattiin Pudasjärvellä neljällä koiralla suoraan männystä mäntyyn leviävän tervasroson itiöinnin aikana. Koirien ilmaisemista löydöistä oli 70–100 % oikein. Kaikista kartoitusreitillä olleista tervasroso puista koirat ilmaisivat 88–100 %. Väli-isäntäkasvia vaihtavan tervasrosomuodon osalta testi suoritettiin Kolarissa, missä etsintä kohdentui pääosin vanhoihin koroihin itiöinnin ollessa ohi. Testiin osallistui kaksi koiraa. Koirat suoriutuivat testistä erinomaisesti, sillä molempien koirien kaikki löydöt olivat oikein. Kaikista kartoitusreitillä olleista tautisista puista koirat ilmaisivat 67–90 %. Kolarissa testattiin myös tervasroson tarkkuusetsintää maitikka- ja silmäruohokoeruudukoista kahden koiran toimesta. Koirien tekemät löydöt olivat 100 % oikein, mutta molemmat koirat ohittivat yhden ruudun, jossa oli tartuntaa kasvien lehdistä ja toinen koirista jätti oikein ilmaisematta tartunnasta vapaan ruudun.

Kaikissa testeissä kartoitusalueella oli melko runsaasti tartuntoja, joten koirien taitoja ei testattu alueilla, joissa ei ole ollenkaan tartuntaa tai sitä on vain vähän. Myös kartoitusalueen koko oli pieni, joten koirien kartoituskyvyn laajuus jäi osittain tässä testissä selvittämättä. Koirat kartoittivat testissä alueita noin 50–100 prosenttisesti. Työssään todella tarkat koirat, olivat luotettavia ilmaisuiltaan, mutta heikompia tehokkuudessa. Testin aikana useimmat koirakot ehtivät kartoittaa koko alueen. Koirien aluekartoituksen laajuuteen vaikuttivat tartuntojen tiheys, koiran etenemisvauhti, työskentelytarkkuus ja jaksaminen.

Koirat, joilla oli aikaisempaa osaamista hajuerottelusta ja olivat aiemmin osallistuneet hajutyöskentelyyn, oppivat nopeimmin tunnistamaan tuhosienet hajuerotteluradalla. Kaikilla koirilla parani tunnistustaito koulutuksen edistyessä. Ohjaajien taito koirien koulutuksessa ja metsässä toimimisessa kehittyi myös paljon.

Koulutusmenetelmä toimi hyvin sekä juurikääpien että tervasroson tunnistamisessa niin irtonäytteistä kuin maastokohteissa. Koulutusta juurikäävän osalta vaikeuttavat varmennettujen harjoittelumaastojen vähäisyys sekä kohteiden varmistamisen hankaluus. Juurikääpien tunnistamisessa haasteellisimpia kohteita ovat pystykuuset. Menetelmä soveltuukin maastossa parhaiten kuusenjuurikäävän tunnistamiseen kaatuneissa puissa, juurakoissa ja kannoissa. Männynjuurikäävän osalta pystypuista tunnistaminen onnistuu testin perusteella hyvin. Menetelmää suositellaan hyödynnettäväksi varsinkin hakkuualojen juurikäpäesiintymien tunnistamiseen kannoissa ja puupinoissa. Pystypuiden lahoisuuden arviointiin pitää sen sijaan suhtautua varauksella. Menetelmä sopii sekä kuusenjuurikäävän että männynjuurikäävän aikaisen vaiheen tunnistamiseen metsikössä suhteellisen luotettavasti. Se soveltuu kaikenikäisiin ja -kokoisiin puustoihin ympäri vuoden, sillä juurakoilla ja kannoilla etsintää voi tehdä myös vähälumisena aikana.

Tervasroson osalta menetelmä soveltuu hyvin itiöpesäkkeiden, korojen ja jopa latenttien tartuntojen tunnistamiseen männystä. Se soveltuu molempien tervasroson muotojen tunnistamiseen metsissä. Parhaiten tunnistus onnistuu nuorissa männiköissä, joissa tartuntaa esiintyy alle pari metriä maanpinnasta. Tällöin mahdollistuu koirien hajutyöskentely puiden tyviosassa. Menetelmä soveltuu parhaiten käytettäväksi alkukesästä kesäkuun puolivälistä heinäkuun puoliväliin, mutta sitä voidaan käyttää tunnistukseen koko kasvukauden ajan. Väli-isäntäkasvien tunnistus onnistuu parhaiten suurilehtisillä ja kookkailla kasveilla kuten pioneilla. Kookkaista kasveista tervasroson haju erottuu muista hajuista paremmin. Tunnistus on hyvin luotettavaa. Sen sijaan pienillä puoliloiskasveilla kuten maitikoilla ja silmäruohoilla tunnistus

vaatii koiralta hyvin tarkkaa haistelua ja tunnistus on haastavampaa lehtien pienestä koosta, satunnaisuudesta sekä maaperän ja muun aluskasvillisuuden häiriöhajuista johtuen. Tunnistus onnistuu myös vain elo-syyskuussa.

Menetelmän laaja-alaista käyttöönottoa edistää yritystoiminnan käynnistäminen tuhosienten tunnistamisessa. Yritystoiminnan käynnistämiseksi tarvitaan lisätietoa menetelmän tehokkuudesta (laajuus, aika ja kustannukset), käytännön toimintatapojen kehittämistä metsänomistajien ja metsäalan ammattilaisten kanssa sekä työkaluja koirien kouluttamiseen, kuten varmennettuja hajunäytteitä sekä harjoittelumaastoja. Koirien koulutus ja hajujen harjoittelu vaativat jatkuvaa panostamista koirakoiden taitojen ylläpitoon. Referenssimateriaalin hankinnan ja tunnistamisen osalta pitää kehittää myös koirayritysten, koirakouluttajien ja tutkimusorganisaatioiden yhteistyötä koulutuksen ja hajutyöskentelyn turvaamiseksi. Toiminnan rahoitus tulee taata joko yksityisin varoin (maksullinen toiminta) tai julkisella rahoituksella (esim. MMM).

Asiasanat: Harmaaorvakka, hajutyöskentely, itiöemät, itiöt, koirakot, kantokääpä, koirakoulutus, korot, kuusenuurikääpä, laho, mesisieni, metsätuhot, männynjuurikääpä, sienirihmasto, tervasroso

Sisällys

1. Johdanto	9
1.1. Hankkeen tausta ja tarve	9
1.2. Tutkimuksen tuhosienet ja niiden verrokkisienet.....	10
1.2.1. Kuusenjuurikäpä.....	10
1.2.2. Männynjuurikäpä.....	10
1.2.3. Lahottajasieniverrokkit.....	11
1.2.4. Tervasrosomuodot	11
1.2.5. Ruostesieniverrokkit.....	12
1.3. Koirat hajutyöskentelyssä.....	12
2. Tutkimusaineisto ja menetelmät.....	14
2.1. Koirakoulutuksessa käytetyt näytteet ja niiden valmistus	14
2.1.1. Juurikäpä ja verrokkilahottajat	14
2.1.2. Tervasroso ja verrokkiruostesienet	15
2.1.3. Välineiden puhdistus ja näytteiden hävitys	16
2.2. Koirakoulutuksen koealat.....	16
2.2.1. Juurikäävän maastokoealat.....	16
2.2.2. Tervasroson maastokoealat	19
2.3. Koirakoulutuksen osapuolet.....	22
2.3.1. Kouluttajat	22
2.3.2. Hakuprosessi.....	22
2.3.3. Hakijat.....	22
2.3.4. Osallistuneet koirakot	23
2.4. Koulutusprosessi ja menetelmät.....	25
2.4.1. Koulutuksen aikataulu ja sisältö.....	25
2.4.2. Motivaatio ja vahvistaminen.....	26
2.4.3. Hajuteoria.....	27
2.4.4. Ilmaisu	27
2.4.5. Hajuntunnistus ja hajuerottelu	27
2.4.6. Etsintätaidot	28
2.4.7. Olosuhteet ja maastotyöskentely	29
2.5. Koulutus- ja tunnistusmenetelmän testit	30
2.5.1. Testaustavat koulutuksen eri vaiheissa	30
2.5.2. Testitulosten analysointi.....	34

3. Tulokset.....	37
3.1. Hajuerotteluratojen tulokset.....	37
3.2. Kenttätestien tulokset.....	41
3.3. Jatkuvan kasvatuksen koealueiden tulokset.....	44
4. Tulosten tarkastelua	45
4.1. Juurikäypä.....	45
4.2. Tervasroso	46
4.3. Havaintoja.....	47
4.3.1. Havaintoja koulutuksesta.....	47
4.3.2. Havaintoja koulutusmenetelmästä	47
4.3.3. Havaintoja testauksesta.....	48
4.3.4. Havaintoja työpajoista	49
5. Yhteenveto ja johtopäätökset	50
Viitteet.....	51

hyödyntämisen tueksi metsätuhojen aikaisen vaiheen tunnistamisen menetelmä perustuen koirien hajuaistiin. Hankkeen tavoitteena on myös 3) kehittää ja pilotoida koulutusprosessi koirakoille tuhosienten tunnistamiseksi metsissä. Pitkäaikaisena tavoitteena on myös 4) edistää metsien terveyttä ja metsätalouden kannattavuutta sekä varautua ilmastonmuutoksen ja uusien metsänkäyttömenetelmien käyttöönoton haasteisiin metsien terveydessä.

1.2. Tutkimuksen tuhosienet ja niiden verrokkisienet

1.2.1. Kuusenjuurikäpä

Juurikäpäsieniä on maassamme kaksi eri lajia, kuusenjuurikäpä (*Heterobasidion parviporum*) ja männynjuurikäpä (*Heterobasidion annosum* s.s.). Kuusenjuurikäpää esiintyy koko maassa, mutta Pohjois-Pohjanmaalla ja sen pohjoispuolella sen esiintyminen on hyvin satunnaista (Müller ym. 2018a). Merkittävät tuhot näyttävät keskittyvän alueella Perämeren rannikolle. Tyypilliset lahokuusikot ovat Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuussa yli-ikäisillä tuoreilla tai lehtomaisilla kankailla (Müller ym. 2018b). Lapissa kuusenjuurikäpää esiintyy yksittäisissä yli-ikäisissä kuusissa luonnon- ja kansallispuistoissa. Sienen on arvioitu leviävän entistä pohjoisemmaksi ilmaston lämpenemisen myötä, sillä sienen aktiviteetti lisääntyy kasvualustan lämmetessä (Müller ym. 2014, 2015). Maan alhainen pH voi kuitenkin hidastuttaa sienen leviämistä.

Kuusenjuurikäpä lahottaa ensisijaisesti kuusen kuollutta sydänpuuta ja laho voi nousta rungossa jopa 10 metrin korkeudelle (Stenlid & Wästerlund 1986). Sieni etenee metsikössä juuriryhteyksiä pitkin puusta toiseen ja edelleen seuraavaan puusukupolveen, jos puulajia ei vaihdeta juurikäävälle kestäväksi (Piri 1996). Sienen lahottamat puut ovat herkkiä myrskytuhoille, jolloin lahot puut katkeilevat tai kaatuvat juurineen. Kaarnakuoriaiset iskevät usein lahopuihin ja lisääntyvät lahorungoissa kaarnan alla. Juurikäpälahon ulkoiset merkit näkyvät metsikössä vasta, kun sieni on lahottanut puita useita vuosia, jopa vuosikymmeniä. Tuolloin katkeilleet lahorungot, puun latvakasvun tyrehtyminen, runkojen pihkavuoto sekä juurikäävän itiöemät vanhojen kantojen ja tuulenkaatojen juurakoissa paljastavat taudin olemassaolon. Aikaisessa vaiheessa taudin tunnistaminen puita kaatamatta on hyvin vaikeaa, koska laho etenee kuusen kuollessa sydänpuussa mantopuun säilyessä terveenä ja lahovikaiset puut säilyvät ulkoisesti hyväkuntoisina (Greig 1998, Piri ym. 2019).

Kuusenjuurikäpää voidaan torjua tekemällä hakkuut talviaikaan maan ollessa jäässä. Kesäaikaan tehdyissä hakkuissa tuoreet kannot suojataan joko urea- tai harmaaorvakkaliuoksella, joka ruiskutetaan kantopinnalle puun kaadon yhteydessä. Pahasti sairaisissa kuusikoissa tulee puulaji vaihtaa kuusesta joko mäntyyn tai lehtipuuhun (Garbelotto & Gonthier 2013).

1.2.2. Männynjuurikäpä

Männynjuurikäpä on kuusenjuurikäpää eteläisempi laji (Laine 1976), jonka pääasiallinen esiintymisalue rajoittuu Vaasa-Kuopiolinjan eteläpuolelle (Piri ym. 2019). Sienen tiedetään kuitenkin esiintyvän aina Oulun korkeudelle asti, sillä vastikään on löydetty männynjuurikäävän vaivaamia männiköitä Oulun alueelta Pohjois-Pohjanmaalta (Kaitera ym. 2023a). Sieni iskeytyy männyn lisäksi myös kuuseen, lehtipuihin ja katajaan. Männynjuurikäpä lahottaa männyn juuristoa eikä yleensä leviä puun tyviosaa korkeammalle runkoon. Samoin kuin kuusenjuurikäpä männynjuurikäpä leviää juuriryhteyksien kautta puusta toiseen ja uuteen puusukupolveen. Taudin oireita ovat latvakasvultaan tyrehtyneet varttuneet mänty, kuolleet

puuryhmät ja kuolleet katajat. Varttuneissa männiköissä tartunta esiintyy usein piilevänä puiden juuristoissa. Nuoret männyt kuolevat tautiin sen sijaan nopeasti – usein jo yhden kasvukauden aikana (Piri ym. 2021). Sienen itiöemiä esiintyy satunnaisesti sairaiden ja kuolleiden puiden tyvellä sekä lahojen kantojen juurakoissa. Tautia voidaan torjua käsittelemällä kannot joko urealla tai harmaaorvakalla hakkuun yhteydessä kuten kuusenjuurikäävän torjunnassa.

1.2.3. Lahottajasieniverrokkit

Metsiemme lahottajasienistä juurikäpien jälkeen tärkeimmät ovat **mesisienet** (*Armillaria* spp.; Piri ym. 1990). Yleisin niistä on pohjanmesisieni, jota esiintyy koko maassa. Mesisieni on kuusen ohella yleinen lahottaja myös lehtipuilla. Sienen itiöemät (lakilliset helttasienet) kehittyvät pieninä ryhminä lahojen kantojen ja puiden tyvelle. Koirakoulutuksen kannalta mesisienet ovat tärkeitä kohteita hajukoulutuksen verrokkilahoa pystyvuissa aiheuttavina sieninä.

Kantokääpä (*Fomitopsis pinicola*) on yleisin kuolleen havupuun lahottaja maassamme. Se lahoittaa etenkin vanhoja kantoja, mutta esiintyy myös elävien kuusten ja vähäisemmässä määrin myös mäntyjen lahottajana koko maassa. Sienen punertavanruskeat itiöemät (käävät) kehittyvät lahopuiden ja kantojen tyvelle sekä kaatuneiden runkojen pinnalle. Koirakoulutuksessa kantokääpä aiheuttaa tärkeää verrokkilahoa erityisesti kuusen kannoissa.

Harmaaorvakka (*Phlebiopsis gigantea*) on yleinen lahottaja männyn ja kuusen kannoissa koko maassa. Harmaaorvakka ei lahota eläviä puita, mutta kilpailee kannoissa tehokkaasti juurikäpien kanssa ja on siksi hyvä antagonistisieni juurikääville. Sitä käytetäänkin juurikäpien torjunnassa levittämällä kaupallista valmistetta (Rotstop®) tuoreisiin havupuiden kantopintoihin sulan maan hakkuissa. Harmaaorvakka valtaa kantopinnan nopeasti estäen juurikäpien leviämisen kantaan (Holdenrieder & Greig 1998). Koulutuksen kannalta harmaaorvakka on tärkeä verrokkisieni sekä kuusen että männyn kannoissa.

1.2.4. Tervasrosomuodot

Tervasrosoa (*Cronartium pini*) esiintyy koko maassa. Pahimmat tuhot esiintyvät kuitenkin Pohjois-Suomessa. Niitä esiintyy etenkin Länsi-Lapissa, Kemijoen ympäristössä Etelä-Lapissa sekä Pohjois-Pohjanmaalla Pudasjärven seudulla ja Kainuussa Suomussalmella. Yleensä tautia esiintyy vain n. 2–3 %:ssa mäntyjä (Ylikojola & Nevalainen 2006), mutta yksittäisissä metsiköissä tautisuus saattaa nousta jopa 50 %:iin (Kaitera 2000, Kaitera & Kokko 2023). Männiköjä on myös jouduttu uudistamaan ennenaikaisesti puustopääoman pudottua liian alhaiseksi (Metsähallitus 2022). Tauti on aiemmin pidetty vain vanhojen puiden tautina, mutta sieni iskee kaikenikäisiin ja kokosiin mäntyihin. Viime aikoina tautiepidemioita on havaittu myös nuorissa männiköissä (Wulff ym. 2012). Sienestä esiintyy kaksi eri muotoa, joista toinen leviää väli-isäntäkasvien välityksellä ja toinen suoraan männystä mäntyyn (Kaitera 2003, Kaitera & Nuorteva 2008). Tervasrosomuotojen eri populaatiot ovat Ruotsissa ja Suomessa geneettisesti lähellä toisiaan (Samils ym. 2021). Väli-isäntäkasvien kautta leviävää muotoa esiintyy rehevillä kasvupaikoilla, kun taas männystä mäntyyn leviävää muotoa esiintyy kuivilla ja karuilla kasvupaikoilla. Tervasroso voi levitä yli 50 alttiin kasvilajin välityksellä (Kim ym. 2022), joista etenkin puoliloiskasvit kuten maitikat, silmäruohot, laukut ja kuusiot ovat altteimpia (Kaitera ym. 2015). Näistä tuoreilla kankailla kasvava metsämaitikka on tärkein väli-isäntäkasvi metsissämme. Sieni voi levitä myös käärmeenpistonyrtin kautta Etelä-Suomen rannikolla ja Etelä-Euroopassa (Kaitera ym. 2005). Myös puutarhakasvit kuten pionit voivat levittää tervasrosoa (Kaitera ym. 2017). Sieni tuottaa pikkukuroma- ja helmi-itiöasteet männyllä ja kesä-, talvi- ja

kantaitiöasteet väli-isäntäkasveilla. Taudille tyypillisiä oireita ovat korot oksissa ja rungolla, valkoiset helmi-itiöpussit koroissa, musta pihkainen puuaines koroissa, kuolleet latvat ja pahimmillaan kokonaan tautiin kuolleet puut (Kaitera ym. 1994). Tervasrosoa torjutaan poistamalla sairaat puut harvennusten yhteydessä. Myös tervasrosoiset siemenpuut tulisi poistaa, sillä taudinalttius on voimakkaasti periytyvää. Jos männikkö joudutaan uudistamaan ennenaikaisesti, tulee rehevillä kankailla viljellä männyn sijasta joko kuusta, lehtipuita tai lehtikuusta. Karummilla mailla kyseeseen tulee kontortamänty. Koirakoulutuksessa käytetään sekä väliisäntäkasvia vaihtavan että männystä mäntyyn leviävän tervasrosan näytteitä ja koealoja.

1.2.5. Ruostesieniverrokkit

Tervasrosan verrokkisienistä tärkein on **männynneulasruoste** (*Coleosporium tussilaginis* f.sp. *melampyri*). Sieni on yleinen koko maassa ja voi aiheuttaa merkittäviä tuhoja vain männyn tai milla hyvin harvoin. Normaalisti sienien aiheuttamat tuhot ovat vähäisiä. Sieni tuottaa pikkukuroma- ja helmi-itiöasteet männyn kaksi vuotta vanhoissa neulasissa. Sieni leviää monien putkilokasvien välityksellä, joista puoliloiskasvit kuten maitikat, silmäruohot ja laukut ovat tärkeimmät. Sienien muodostamat kesä-, talvi- ja kantaitiöasteet ovat tervasrosoa yleisempiä väli-isäntäkasvien lehdillä (Kaitera ym. 2023b). Koirakoulutuksessa männynneulasruosteisten lehtien käyttö verrokkinäytteinä on tärkeää. Muita yleisiä eri puulajeilla loppukesällä metsissä esiintyviä ruostesieniä ovat **kuusensuopursuruoste** (*Chrysomyxa ledi*), **koivunruoste** (*Melampsorium betulinum*), **pajun ruosteet** (*Melampsora* spp.) ja **katajanpihlajaruoste** (*Gymnosporangium cornutum*). Niistä kuusensuopursuruosteen helmi-itiöpesäkkeet esiintyvät kuusen neulasilla, koivunruosteen ja pajun ruosteiden kesä- ja talvi-itiöitiöpesäkkeet pajujen lehdillä ja katajanpihlajaruosteen helmi-itiöpesäkkeet pihlajan lehdillä. Nämä itiöasteet esiintyvät samanaikaisesti tervasrosan kesä- ja talvi-itiöpesäkkeiden kanssa.

1.3. Koirat hajutyöskentelyssä

Koirilla on erinomainen hajuaisti, jota on jo pitkään osattu hyödyntää ihmisten apuna monissa viranomaistehtävissä, harrastuksissa ja ammatillisten tehtävien tukena. Koiria on pienimuotoisesti hyödynnetty luonto- ja metsäkartoituksessa kuten harvinaisten eläin- ja kasvilajien kuten liito-oravan ja lahokaviosammaleen kartoittamisessa (Gustafsson 2022) sekä tuhohyönteisten kuten kirjanpainajan kartoittamisessa. Koiran hyöty metsätuhojen kartoituksessa on parhaimmillaan tuhojen aikaisen vaiheen havaitsemisessa ennen kuin fysiologiset muutokset näkyvät visuaalisesti. Myös koiran työskentelyn laajuus ja nopeus ovat hyötyjä usein lyhyen kartoituskauden tehostamisessa kuten tervasrosan itiöintivaiheessa. Koulutuksen vaatavuus, työskentelyn kustannukset, hajumateriaalin ja harjoitteluympäristöjen saatavuus sekä lisätiedon ja tutkimusten tarpeet ovat voineet olla osasyynä siihen, ettei koirien käyttö ole vielä laajentunut metsätuhojen kartoituksessa.

Koiria voidaan kouluttaa tunnistamaan ja erottelemaan erilaisia hajuja kunhan ymmärretään, minkälaiset erityiset hajukomponentit etsittävässä kohteessa toimivat koiralle hajutunnistimina. Kuusen- ja männynjuurikäävän sekä tervasrosan hajukuvat eroavat toisistaan sekä lajien sisällä että niiden eri etenemisvaiheissa- ja muodoissa. Hajut syntyvät kemiallisista yhdisteistä, joista haihtuu molekyylejä. Hajumolekyylien leviämiseen, kulkeutumiseen ja tarttumiseen vaikuttavat muun muassa molekyylien ja pintojen ominaisuudet, aika sekä ympäristö, kun merkittäviä tekijöitä ovat ilmapvirtaukset, kosteus, lämpötila ja ilmanpaine (Repo 2015). Samat tekijät vaikuttavat myös koiran hajuaistiin (Jenkins ym 2018).

Koiralla on erinomainen kyky haistaa ja erotella hajumolekyylejä. Koiran nenäontelon rakenne kuljettaa tehokkaasti hajumolekyylejä hajureseptoreihin, kun koira nuuskii. Reseptorit lähettävät tiedon hajuista aivoalueisiin, kuten hajukäämiin ja hajuaivoihin (Hormila & Romppainen 2019). Koiralla on kyky aistia myös liukoisia feromoneja vomeronasaalielimellä sosiaaliseen ja seksuaaliseen kommunikaatioon osallistuvana hajuelimenä (Coli ym. 2016). Kaikki tieto ei päädy tietoiseksi aistimukseksi, sillä osa hajuun liittyvistä toiminnoista on refleksejä ja automomisia toimintoja. Limbisen järjestelmän eli tahdosta riippumattoman järjestelmän kautta kulkiessaan hajuaistimukset vaikuttavat vahvasti koiran tunnetiloihin ja muistojen syntymiseen (König & Liebich 2009, Hormila & Romppainen 2019). Tunteet ja niiden vaikutukset voivat sekoittua myös tietoiseen hajujen prosessointiin (Hormila & Romppainen 2019). Tunteet liittyvät vahvasti opittuihin asioihin, joten on tärkeää käyttää sellaisia koulutusmenetelmiä ja työskentelytapoja, joiden avulla koiran mielentila pysyy positiivisena. Metsätuhoihin liittyvät hajut eivät luontaisesti ole koiralle juurikaan merkityksellisiä, joten koulutuksessa on tärkeää yhdistää haju miellyttävään tunnetilaan. Etsittävään hajuun ei saisi koskaan liittyä ristiriitaisia tunteita, koska se vaikuttaa työskentelyn luotettavuuteen (Reunanen 2021b).

Herkät hajusolut mahdollistavat koiralle kyvyn erotella useita hajuja toisistaan. Hajuja harjoittelemalla hajuaistisoluja saadaan muokattua kohdehajuun herkästi reagoiviksi ja vahvistettua tätä hajua käsitteleviä hermoratoja (Reunanen 2021b) Nenäontelon limakalvoilla olevat hajusolut uusiutuvat 30–60 vuorokauden välein, mikä mahdollistaa, että koiralla on käytössään tarpeellisia, sille merkityksellisiin hajuihin herkästi reagoivia hajureseptoreita (Hormila & Romppainen 2019).

Koiran tulee myös paikallistaa hajun lähde etsittävästä ympäristöstä. Koirat ovat luontaisia etsijöitä, mutta erot koirien persoonallisuudessa vaikuttavat niiden koulutettavuuteen. Helposti motivoitava sekä hyvän keskittymiskyvyn omaava koira on vaivaton kouluttaa hajutyöhön (Kiddy ym. 1981). Koiran fyysiset ominaisuudet vaikuttavat siihen, miten hyvin se pystyy hyödyntämään hajuaistiaan. Myös kuonon pituus voi vaikuttaa hajuepiteelien määrään ja voimakkaan nuuskuttamisen mahdollisuuksiin (Jenkins ym. 2018, Hormila & Romppainen 2019). Tylppäkuonoisuus ei kuitenkaan automaattisesti merkitse koiran heikkoa hajuominaisuutta (Hall ym 2015). Voimakkaan nuuskuttelun lisäksi, työskentely-ympäristöt ja olosuhteet vaativat koiralta hyvää kuntoa sekä kohteisiin soveltuvia fyysisiä ominaisuuksia. Koiran lääkitykset, sairaudet sekä yleinen terveydentilan heikentyminen esimerkiksi pitkäaikainen stressi, kipu, tulehdustilat ja nenäpunkit vaikuttavat työskentelytehokkuuteen sekä hajuaistiin (Hormila & Romppainen 2019, Reunanen 2021b). Juurikäävän ja tervasroson kartoituksessa koiralta edellytetään hyvää hallittavuutta, fyysistä kuntoa ja motivoitavuutta, keskittymiskykyä ja sinnikkyyttä.

2. Tutkimusaineisto ja menetelmät

2.1. Koirakoulutuksessa käytetyt näytteet ja niiden valmistus

2.1.1. Juurikäöpä ja verrokkilahottajat

Kuusen- ja männynjuurikäävän itiöemiä sekä näiden sienien lahottamaa puuainesta kerättiin tuhometsiköistä Etelä-Suomessa (Sipoo) loppusyksyllä ja talvella 2021. Näytteiden keräämisessä käytetyt työvälineet (puukko, sakset, pinsetit, kirves, käsisaha, kasvukaira) suihkutettiin alkoholilla ja liekitettiin ennen käyttöä. Näytteet kerättiin lasipurkkeihin, jotka oli huuhdeltu vedellä ja steriloitu n. 1 h 100°C:ssa. Purkkien kumitiiviste asetettiin paikoilleen ja pyyhittiin alkoholilla. Hajunäytteisiin ei missään vaiheessa koskettu käsin. Itiöemä- ja lahopuunäytteet säilytettiin yön yli jääkapissa, minkä jälkeen ne pakastettiin -20°C Luken laboratoriossa Viikissä. Näytepurkit kuljetettiin pakkaslaukuissa Rovaniemelle tammikuussa 2022.

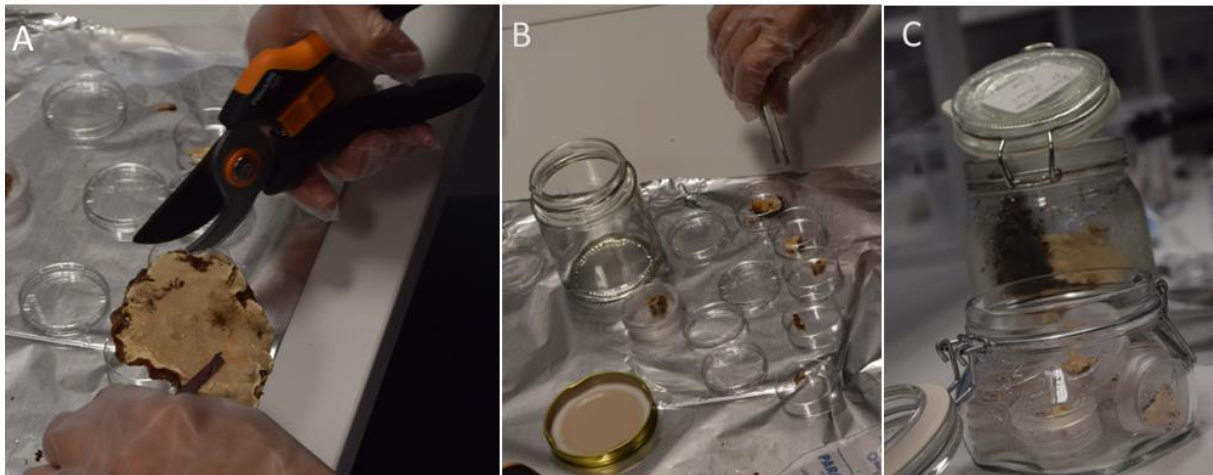
Lisäksi kerättiin kiekkonäytteitä Etelä-Suomesta (Lapinjärvi) loppukesällä 2022. Kairaamalla lahovikaisiksi todetut kuuset kaadettiin ja niiden tyvestä sahattiin noin puolimetriä pitkät pöllit, jotka vietiin Luonnonvarakeskuksen Viikin metsäpatologian laboratorioon. Pölleistä sahattiin steriilisti näytekiekkoja, jotka pakastettiin muovipusseissa. Kustakin pöllistä sahattiin lisäksi näyte lahottajan tunnistamista varten. Näistä kiekkoista eristetyt juurikäöpärihmastot viljeltiin ja juurikäöpälaji (kuusenjuurikäöpä/männynjuurikäöpä) tunnistettiin pariutustestien avulla. Pakastetut näytteet toimitettiin edelleen Rovaniemelle. Marraskuussa 2022 kerättiin samalla periaatteella kuusenjuurikäävän lahottamia puunäytteitä, jotka kuivattiin ennen Rovaniemelle lähettämistä lämpökaapissa (60°C n. 1 vrk).

Lisäksi kuusenjuurikäävän lahottamista kannoista kerättiin lahokiekkoja Häyryseniemellä Pohjois-Pohjanmaalla ja toimitettiin Rovaniemelle. Myös kuusen- ja männynjuurikäävän rihmastokasvatuksia tehtiin keväällä ja syksyllä 2022. Rihmastot viljeltiin läpimitaltaan n. 3.3 cm:n petrimaljoille, joissa oli 2 % mallasagaria. Näytteiden käsittelyn yhteydessä käytettiin suojakäsineitä, petrimaljat suljettiin parafilmillä ja säilytettiin puhtaissa kumitiivisteisissä lasipurkeissa jääkaapissa. Maljat siirrostettiin joulutammikuussa 2021–22, helmi-huhtikuussa 2022, syyskuussa 2022 ja marraskuussa 2022.

Näytteitä säilytettiin jääkaapissa ja pakastimessa Lapin Ammattikorkeakoulun Biolaboratoriossa, jossa näytteet myös jaettiin valmiisiin kerta-annoksiin koirien hajukoulutusta ja ns. purkkirataestaamista varten. Juurikäävän ja verrokkina toimineiden lahottajasienten itiöemät sulatettiin ja niistä leikattiin alkoholilla steriloituja oksasaksia käyttäen n. 1×0.5 cm kokoisia paloja. Palat jaettiin pienille (Ø 3.3 cm) petrimaljoille, jotka suljettiin parafilmillä ja säilytettiin kumitiivisteisissä lasipurkeissa -20°C:ssa (Kuva 1). Lahopuunäytteet käsiteltiin muuten samalla tavoin, mutta hajunäytteinä käytettiin isompia paloja. Pienillä petrimaljoilla kasvatettuja rihmastonäytteitä käytettiin sellaisenaan koirien koulutukseen. Koulutusta varten petrimaljalla oleva itiöemä-, lahopuu- tai rihmastonäyte siirrettiin ilman kantta lasipurkkiin, jossa oli rei'itetty metallikansi, josta koira haistoi näytteen.

Verrokkisienten (mesisieni ja kantokäöpä) itiöemät ja lahopuunäytteet kerättiin ja käsiteltiin samoin kuin juurikäöpänäytteet. Lisäksi verrokkina käytettiin terveistä kuusista ja männystä kerättyä puuainesta.

Rihmastokasvatuksien verrokkeina toimivat puhtasviljelmät mesisienestä, kantokäävästä ja harmaaorvakasta. Myös puhtaita agarmaljoja ja tyhjiä petrimaljoja käytettiin kontrolleina. Verrokkit siirrostettiin ja käsiteltiin samanaikaisesti juurikäpänäytteiden kanssa Luonnonvarakeskuksen Oulun toimipaikassa ja maljat toimitettiin edelleen Rovaniemelle. Yhteensä lahottajasienimaljoja viljeltiin n. 1 580 kpl.



Kuva 1. Juurikäpänäytteiden valmistusta koirien koulutusta varten (A-B) ja valmiita näytteitä säilytyspurkeissa (C). Kuvat: Minna Männistö.

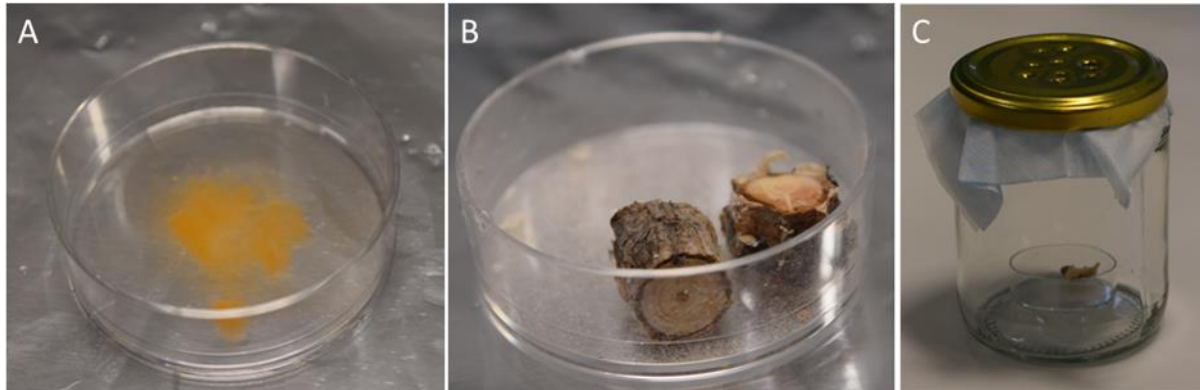
2.1.2. Tervasroso ja verrokkiruostesienet

Tervasrososta käytettiin itiö-, koro- (sekä nuoria itiöiviä koroja että vanhoja jo itiöineitä koroja), itiöpesäke- ja lehtinäytteitä eri kasvilajeista. Itiöt karistettiin steriilisti suoraan lasipurkkeihin. Korot ja itiöpesäkkeelliset kasvaimet pilkottiin n. 1–2 cm:n pätkiksi purkkeihin. Lehtinäytteet eroteltiin mikroskoopin alla terveistä ja muiden sienten itiöemiä sisältävistä lehdistä erilleen suoraan lasipurkkeihin steriloiduilla pinseteillä. Itiöitä levitettiin pensselillä ja yksittäisiä oksanpätkiä ja lehtiä poimittiin pienempiin koepurkkeihin varsinaista koirakoulutusta varten Rovaniemellä. Koro-, itiö- ja itiöpesäkenäytteet kerättiin kesäkuussa 2021. Lehtinäytteitä kerättiin heinä- ja elokuussa 2021 sekä elokuussa 2022. Tervasrosaisia lehtiä kerättiin puutarhakasveista jalopionilta ja mummonpalsamilta ja metsäkasveista metsämaitikalta, silmäruohoilta ja pikkulaukulta. Tervasrosinäytteitä kerättiin 91 lasipurkkiin.

Koirankoulutusta ja testaamista varten kaikenlaiset näytteet jaettiin pienille petrimaljoille ja säilytettiin samalla tavoin kuin juurikäpänäytteet. Itiönäytteet jaettiin pienellä siveltimellä siten että petrimaljalle tuli ohut kerros, mutta kuitenkin silmin havaittava määrä itiöpesäkkeitä (Kuva 2). Koronäytteistä leikattiin 0,5-1 cm kokoisia paloja, pionin ja palsamin lehtinäytteistä leikattiin saksilla n. 1×1 cm paloja ja pienilehtisistä lajeista poimittiin pinseteillä yksi lehti petrimaljalle. Kaikki välineet desinfioitiin alkoholilla ja kädet suojattiin Akro Eco kertakäyttökäsineillä, jotta voitiin minimoida ihmisen hajun tarttumista näytteisiin tai koulutuksessa käytettäviin purkkeihin.

Tervasrosan verrokkeina käytettiin männynneulasruosteen (*Coleosporium*) itiöpesäkkeellisiä neulasia, männynneulasruosteen kesä- ja talvi-itiöpesäkkeellisiä lehtiä metsä- ja kangasmaitikalta, silmäruohoilta ja pikkulaukulta sekä pihkaa, jota saatiin Lapin ammattikorkeakoulun luonnontuoteprojektilta. Myös terveitä neulasellisia ja neulasettomia oksanpätkiä sekä terveitä metsä- ja kangasmaitikan, silmäruohojen, pikkulaukun ja jalopionien lehtiä käytettiin

kontrollinäytteinä. Kontrollinäytteet kerättiin samanaikaisesti sairaiden lehtien kanssa kesällä 2021. Kaikkiaan kerättiin 109 purkkia terveitä ja muiden ruosteiden kontrollinäytteitä koirakoulutusta varten. Lisäksi kesällä 2022 kerättiin verrokinäytteiksi suopursuruosteen itiöpesäkkeellisiä kuusen neulasia, koivunlehtiruosteen tartuttamia koivun lehtiä, pihlajan lehtiä, jossa oli pihlajan-katajanruostetta sekä pajun lehtiä, jossa oli pajunkeltaruostetta.



Kuva 2. Tervasroson itiö- (A) ja koronäytteitä (B) valmiiksi jaettuna petrimaljoille sekä koulutuksessa käytetyt covid maskilliset purkit (C). Kuvat: Minna Männistö.

2.1.3. Välineiden puhdistus ja näytteiden hävitys

Koulutuksessa ja koirien testaamisessa käytetyt purkit ja kannet pestiin laboratoripesukoneessa 75°C lämpötilaohjelmalla. Purkkeja säilytettiin ja kuljetettiin tiiviissä kannellisissa muovilaatikoissa. Ennen käyttöä ne autoklavoiitiin 121 °C:ssa 15 minuuttia mahdollisen hajukontaminaation poistamiseksi. Lisäksi hajukontaminaation minimoimiseksi juurikäpää-, tervasroso-, ja verrokinäytteille käytettiin omia, eri laatikoissa säilytettyjä purkkeja.

Käytetyt sieni- ja kasvinäytteet kerättiin minigrip -pusseihin, jotka toimitettiin Rovaniemelle hävitettäväksi. Sekä sieni- että kasvinäytteet hävitettiin autoklavoimalla Lapin ammattikorkeakoulun laboratoriossa.

2.2. Koirakoulutuksen koealat

2.2.1. Juurikäävän maastokoealat

Pohjois-Pohjanmaalla esitarkastettaviksi maastokohteiksi valittiin aluksi potentiaalisia kohteita, joissa oli aiemmin todettu juurikäpäesiintymä. Näihin kuuluivat viisi avohakkuusikkokoa Pattijoella, Kalajoella, Suomussalmella, Jormuassa ja Kajaanissa, jotka oli löydetty aiemmassa lahotajaturkimuksessa (Müller ym. 2018b). Lisäksi kartoitettiin potentiaalisia lahoalueita Lapissa ja Pohjois-Pohjanmaalla Metsähallituksen ja Metsäkeskuksen lahotietojen avulla. Niiden perusteella löytyi vain muutama potentiaalinen myrskytuhokuusikko ja lahokuusikko Pohjois-Pohjanmaalta ja Kainuusta. Lapista ei saatu tiedoksi sopivia lahoaloja. Lisäksi käytiin läpi Laji.fi tietokanta, josta poimittiin luotettavimmat, tuoreimmat ja helposti saavutettavissa olevat alueet lahotarkastukseen. Lahokartoituksessa ei löydetty yhtään sopivaa aluetta koirakoulutukseen. Ainoat sopivat alat löydettiin Laji.fi -tietokannan havaintojen perusteella. Osa tietokannan havainnoista osoittautui epäluotettaviksi, joten niitä ei huomioitu valinnassa, mutta sopivat kohteet löydettiin Ouluun ympäristöstä.

Häyrysenniemen Natura-alue

Ainoa juurikäävän tartuttama metsikkö, jossa esiintyi riittävän runsaasti juurikäöpää, löytyi Häyrysenniemestä Oulun läheltä Pohjois-Pohjanmaalta. Alue on rehevää, lehtomaista kangasta maankohoama-alueella Perämeren rannalla. Tuho oli kuusenjuurikäävän aiheuttamaa. Alueelle merkittiin kahdeksan n. yhden aarin koealaa, joissa juurikäävän itiöemiä esiintyi elävien mutta kaatuneiden kuusien juurakoissa (Kuva 3). Kolmesta itiöemistä otettiin pala viljelyyn, sieni eristettiin, puhdasviljeltiin agarilla ja määritettiin paritustestein kuusenjuurikääväksi. Kultakin aarin alalta merkittiin kuitunauhalla pystykuuset, jotka kairattiin lahoisuuden määrittämiseksi. Kairanlastut viljeltiin agarilla ja lahoa aiheuttanut sieni määritettiin. Kaikkiaan kairattiin alueen koeloilta 42 puuta, joista 13 sisälsi juurikäävän aiheuttamaa lahoa, 6 muita lahoja, 3 mesisien aiheuttamaa lahoa ja 20 oli terveitä.



Kuva 3. Kuusenjuurikäävän vaivaama kuusikko Häyrysenniemessä. Kuva: Juha Kaitera.

Häyrysenniemen hakkuuala

Häyrysenniemen alueen läheisen hakkuualan tuoreita kantoja käytettiin myös koulutukseen. Kannoista (21 kpl) sahattiin kiekko, joista määritettiin juurikäävän esiintyminen. Kiekot kuorittiin, pestiin vedellä, laitettiin muovipussiin ja inkuboitiin huoneenlämmössä (n. 21,5°C) viikon ajan. Kiekon pinnasta etsittiin stereomikroskoopilla juurikäävän kuromia ja rihmastoja. Kannoista 18 sisälsi juurikäävän aiheuttamaa lahoa ja 3 oli tervettä. Lisäksi alueella koirat merkkasivat 2 kuusen kantoa ja 2 pystypuuta, joista otettiin kiekko tai kairanlastu, ja niistä määritettiin lahottaja. Kannoista ja pystypuista puolet oli juurikäävän lahottamia ja puolet terveitä. Kiekot toimitettiin tunnistuksen jälkeen Rovaniemelle koirakoulutukseen.

Maastokohteiden käyttöön tarvittiin erikoisluvat. Häyrysenniemen kuusenjuurikäpäkohde on Metsähallituksen hallinnoimaa Natura-aluetta, josta vastaa suojelubiologi. Alueen käyttöön tutkimustarkoitukseen vuosina 1.5.2022–31.12.2023 saatiin lupa Metsähallituksen hallintoviranomaisilta. Alueen läheisen hakkuualueen lahokantojen käyttöön koulutustarkoitukseen saatiin lupa Oulun kaupungin metsäsuunnittelusta vastaavalta henkilöltä. Lupa on voimassa 1.8.2022–31.5.2023.

Hietasaaren alue

Koirien koulutuksessa käytettiin myös kaksi kuusen kantoa Hietasaarella, joissa esiintyi juurikäävän itiöemiä. Kohde valittiin Laji.fi tietokannan perusteella sekä Oulun Sienimuseon käppä-asiiantuntijan, Matti Kuljun, tietojen perusteella. Kyseistä aluetta on käytetty aiemmin mm. Oulun yliopiston käppäkursseilla juurikäävän demonstroimisessa.

Tuusulan alue

Pohjois-Pohjanmaan kohteiden lisäksi koulutuksessa käytettiin Etelä-Suomessa (Tuusula) sijaitsevaa Luonnonvarakeskuksen tutkimusmetsää, joka oli aiemmin todettu juurikäävän tartuttamaksi (Kuva 4). Koska juurikäävän tartuttamia puita ei voida tunnistaa puun ulkoisen kunnon perusteella, kaikki koealueen puut (44 pystykuusta) kairattiin lahon tunnistamista varten. Kairalastut asetettiin mallasmaljoille ja lahottaja määritettiin lastusta kasvavan rihmaston perusteella. Kairatuista kuusista 18 oli kuusenjuurikäävän, 6 mesisien ja 2 tunnistamattoman sienien lahottamia. Lisäksi alueella oli vanhoja juurikäävän lahottamia kuusen kantoja, joissa oli kuusenjuurikäävän itiöemiä. Koska kunkin (numeroidun) pystypuun terveydentila ja lahottajan esiintyminen tiedettiin, voitiin koira palkita välittömästi oikeasta ilmaisusta.



Kuva 4. Kuusenjuurikäävän vaivaama kuusikko Tuusulassa. Kuva: Tuula Piri.

Läyliäisten alue

Tyvitervastautia aiheuttavan männynjuurikäävän tunnistamiseksi koulutuskohteeksi valittiin reilun hehtaarin kokoinen, 17-vuotias mäntytaimikko Luken tutkimusmetsästä Lopen Läyliäisistä (Kuva 5). Tyvitervastaudin leviämistä taimikossa on seurattu tutkimustarkoituksessa vuosina 2011–2019, jolloin tautipesäkkeet kartoitettiin (Piri ym. 2021). Silmänvaraisesti havaittavia tautipesäkkeitä (kuolleiden ja sairaiden puiden ryhmiä) esiintyi taimikossa vielä runsaasti. Taimikko jaettiin seitsemään pinta-alaltaan noin 1 300–1 900 m²:n suuruiseen alueeseen, jolloin

kullekin koirakolle saatiin oma testialue. Lisäksi lähellä sijaitsevassa männyn taimikossa paikannettiin kahdeksan tyvitervastautipesäkettä, joita koirakot käyttivät harjoittelukohteena.



Kuva 5. Männynjuurikäävän vaivaama mäntytaimikko Läyliäisissä. Kuva: Tuula Piri.

2.2.2. Tervasrosan maastokoealat

Tervasrosokohteet valittiin aiempien Metsäntutkimuslaitoksen ja Luonnonvarakeskuksen tutkimusten perusteella ja kyselemällä tuoreita tervasrosoalueita Metsähallituksen ja Metsäkeskuksen metsäammattilaisilta. Tarkoitukseen etsittiin erityisesti kehitysluokaltaan nuoria männiköitä molemmista tervasrosomuodoista. Molemmille muodoille kartoitettiin vara-alueita Suomussalmelta, Tervolasta ja Pudasjärveltä, mutta ne eivät olleet tarpeeksi sairaita tai nuoria puustoltaan koirakoulutukseen.

Väli-isäntäkasvia vaihtavan tervasrosomuodon männikkö

Sopiva väli-isäntäkasvia vaihtavan tervasroson koealue löytyi Kolarista. Alueella on tehty tutkimusta lähes 30 vuotta, joten sienien itiölevintä ja patogeenisuus tunnettiin. Epidemia on alkanut alueella varttuneesta männyn viljelymetsästä, josta se on levinnyt ensin läheiseen nuoreen männikköön ja edelleen taimikkoon. Taimikossa merkittiin 8 aarin puustokoealaa kesäkuun puolivälissä 2022, joissa tervasrosoa esiintyi itiöivänä rungossa ja oksissa, pihkaisina koiroina rungolla, kuolleina latvoina tai kuolleina puina. Oireet ilmenivät alle 2 m:n korkeudella maanpinnasta (Kuva 6). Tämän korkeuden katsottiin olevan rajana koirien tehokkaalle hajutunnistukselle puista. Sairaavat puut ja niiden itiöivät sivuoksot merkittiin kuitunauhalla

maastoon. Myös itiöivien korojen määrä ja korkeus puussa kirjattiin ylös itiölähteiden sijainnin määrittämiseksi. Alueen itiöiden patogeenisuus varmistettiin väli-isäntäkasvikokeissa, joiden perusteella tervasroso oli väli-isäntäkasvien kautta leviävää muotoa. Alueella kasvaa runsaasti metsä- ja kangasmaitikoita sekä paikoitellen silmäruohoja ja pikkulaukkuja.



Kuva 6. Väli-isäntäkasvia vaihtavan tervasrosomuodon vaivaama männikkö Kolarissa. Kuva: Juha Kaitera.

Männystä mäntyyn leviävän tervasrosomuodon männikkö

Männystä mäntyyn leviävän tervasroson koealue löydettiin Pudasjärveltä. Alue on kuivahkoa kangasta, jossa kasvaa harvakseltaan kangasmaitikkaa. Tuoreen kankaan kasvit puuttuvat alalta. Lähimetsikössä on tehty tervasrosotutkimusta jo lähes 30 vuotta. Niissä epidemia on alkanut vanhoista, varttuneista männyistä, joista sieni on levinnyt nuoreen puustoon. Nuoressa puustossa ovat itiöinnin jälkeen yleistyneet mustat, pihkaiset runkokorot. Alueelta on aiemmin kerätty sienien itiöitä, joilla on tartutettu männyn taimia onnistuneesti ja siten varmistettu sienien patogeenisuus ja tervasrosomuodon olevan männystä mäntyyn leviävää. Sieni ei ole tartuttanut alttiita väli-isäntäkasveja tartutuskokeissa. Koealat poimittiin kesäkuussa 2022 (8 koealaa) ja 2023 (4 koealaa) ja merkittiin kuten Kolarin koealalla (Kuva 7). Koirat etsivät tervasrosoa puista ja kasveista koealoilla ja ilmaisut merkittiin ylös.



Kuva 7. Männystä mäntyyn leviävän tervasrosan vaivaama männikkö Pudasjärvellä.
Kuva: Juha Kaitera.

Väli-isäntäkasvia vaihtavan tervasrosomuodon kasvikoalat

Kasvikoelaksi valittiin Kolarin tervasrosoala, jossa kasvoi metsämaitikkaa, silmäruohoja ja pikkulaukkuja ja sienen muoto männyllä oli väli-isäntäkasvia vaihtava muoto. Alueella merkittiin 10 kpl 2 500 cm²:n puukehikolla ympäröityä kasvialaa vuonna 2022, jotka sisälsivät sekä metsämaitikkaa, silmäruohoja että pikkulaukkuja. Koealoista 8 sisälsi kasvien lehdillä tervasrosan itiöpesäkkeitä ja 2 oli tervettä ilman tautisia lehtiä. Koeala sijaitsivat samassa metsikössä, jossa myös mäntykoealat esiintyivät.

Muut kasvikoalat

Tervasrosan tunnistamista harjoiteltiin myös Rovaniemellä. Kesäkuussa 2022 koirat harjoittelivat tervasrosan tunnistamista ja ilmaisua männystä Mäntyvaarantien ja Korkalovaarantien välisessä metsikössä, jossa itiöintä esiintyi useilla eri kokoisilla puilla eri korkeuksilla. Tervasrosan tunnistusta harjoiteltiin myös pionikasvustoissa (jalo-, kuolan- ja kartanopioni) Rovaniemen kaupungissa (Kirkkopuisto) ja jättipalsami- ja silmäruohokasvustoissa Someroharjulla. Pionikasvustoissa merkittiin sairaita kasveja, joita koirat etsivät ja merkkasivat löytyneet kasvit, joissa tervasrosoa esiintyi. Parhaiten koirat tunnistivat ja ilmaisivat kuolan- ja kartanopioneita, joissa tautia esiintyi runsaimmin. Jättipalsamikasvustoissa koirat eivät tunnistaneet ja ilmaisseet lainkaan tautisia kasveja, eikä kasveilta löydetty silmävaraisessa tarkastelussakaan tervasrosoa. Koirien erikseen tunnistamat ja ilmaisemat metsämaitikoiden lehdet tarkastettiin myös laboratoriossa tervasrosan esiintymisen suhteen.

Jatkuvan kasvatuksen koealat

Jatkuvan kasvatuksen koealoja valittiin Hirvaalta (Demo-alue) ja Tervolasta. Hirvaalla varttuneessa männikössä kasvoi kuusijuotilla myös metsämaitikkaa, jossa tiedetään olevan

tervasrosoa (Kaitera ym. 2023b). Alueen varttuneessa männikössä kasvoi pääasiassa harvakseltaan kangasmaitikkaa, joka on lähes kestävä tervasrosoa vastaan. Puusto oli kehitysluokaltaan liian vanhaa, kookasta ja vähälahoista, joten koirien tautihavainnointi keskittyi tervasrosan esiintymiseen metsämaitikalla. Koska koirille ei projektin alkuvaiheessa oltu opetettu männynjuurikäävän tunnistamista luonnossa, ei nähty järkeväksi kierrättää koiria mäntyaloilla vuonna 2022. Tervolan jatkuvan kasvatuksen kohteella varttuneessa kuusikossa taas esiintyi runsaasti lahoppuuta, jossa saattoi esiintyä myös juurikääppää. Tällä tuoreella kankaalla kasvoi myös metsämaitikkaa, jolla esiintyi myös tervasrosoa. Tervolan kohde katsottiin siten sopivimmiksi molempien sienitautien tunnistamiseen koirakoulutuksessa. Koirien merkkeamat metsämaitikat tarkistettiin tuoreeltaan silmävaraisesti alueilla.

2.3. Koirakoulutuksen osapuolet

2.3.1. Kouluttajat

Koirien koulutusprosessista vastasi asiantuntijaryhmä, joka koostui koirakoulutuksen-, hajutyöskentelyn, metsätuhojen- sekä koulutustoiminnan asiantuntijoista ja käytännönsaajista. Hajutyöskentelyn koulutussisällöistä, -materiaalista sekä koirakkojen ohjauksesta vastasi koirien hajutyöskentelyyn erikoistunut Vainuvoima Oy (Elisa Reunanen, Anna Loimaranta ja Katja Nuortunen-Ilman). Yrityksen tavoitteena on auttaa koiraharrastajia ja eri alojen ammattilaisia ottamaan koiran hajuaisti hyötykäyttöön. Heidän koulutuksensa perusta on monipuolinen palkkioiden käyttö ja eläimen kokonaisvaltainen hyvinvointi, mikä tuki hyvin myös koulutuspiilotin arvoja. Koulutusprosessista ja käytännönjärjestelyistä vastasivat Lapin ammattikorkeakoulun (Sanna Vinblad ja Heli Väättäjä) ja Luonnonvarakeskuksen (Minna Männistö) henkilöstö, jotka toimivat myös koirien koulutuksessa apuna.

2.3.2. Hakuprosessi

Osallistujia haettiin koirakoulutuksen pilottiin avoimella hakuprosessilla loka-marraskuussa 2021. Hausta ilmoitettiin laajasti sosiaalisen median eri kanavilla, jotta kaikilla kiinnostuneilla oli mahdollisuus hakea mukaan koulutuspilottiin. Haku tapahtui sähköisellä Webropol-lomakkeella. Lomakkeessa pyydetyt tiedot koostuivat hakijan ja koiran tiedoista sekä sitoutumisen osoittamisesta koko prosessiin. Lisäksi hakijoita pyydettiin kuvaamaan lyhyet videot (2–3 min), joissa näkyisi koiran kanssa tehtävä yhteistyö ja vuorovaikutus, palkkaamista kahdessa eri ympäristössä (metsä ja parkkipaikka/treenihalli) sekä vapaamuotoinen etsintä.

2.3.3. Hakijat

Hakijoita oli määräaikaan mennessä 28 henkilöä (kaikki naisia), joista kolme haki koulutukseen kahdella koiralla (koiria 31). Hakijoista 16 oli Lapin maakunnasta, joista pohjoisin oli Inarista. Vaikka koulutus järjestettiin Lapissa, koulutus kiinnosti valtakunnallisesti, sillä loput hakijat olivat muista maakunnista koko Suomen alueelta. Koulutuksiin hakijoiden tausta on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Koulutukseen hakijoiden tausta.

Tausta	Lukumäärä	Lisätietoa
Yrittäjä (pää- tai osa-aikainen)	13	10 eläinten koulutusta tarjoavaa yrittäjää
Palkkatöissä	13	3 metsäalalla työskentelevää
Tutkija tai kehittäjä	3	-
Yhdistyksen tai järjestön edustaja	2	-
Opiskelija	5	1 metsätieteiden opiskelija, 2 eläintenkouluttajaksi opiskelevaa
Koiraharrastaja	23	-
Metsänomistaja	3	-

Suurimmalla osalla hakijoista oli paljon kokemusta erilaisista hajuihin liittyvistä harrastuslajeista noseworkistä erilaisiin jäljestyslajeihin. Muutama oli myös koulutautunut koiransa kanssa ammattimaisessa erikoisetsinnässä ja yksi hakija työskenteli palkkatyössään koiran kanssa erikoisetsintätehtävissä. Muutamilla hakijoilla oli vain vähän kokemusta hajukoulutuksesta, mutta heilläkin oli kiinnostus hajukoulutuksen taitojen oppimiseen ja vahvistamiseen sekä koiran kouluttamiseen. Noin puolet hakijoista oli kiinnostunut hajukartoitus- ja yritystoiminnasta hajukoiratoimintaan liittyen koulutuksen jälkeen. Toinen puoli hakijoista oli kiinnostunut yleisesti hajukoulutustaitojen oppimisesta ja hyödyntämisestä muutoin, esimerkiksi harrastuksissa. Hakijoita kiinnostivat myös hajukoulutuskouluttajana toimiminen ja osalla oli tähän liittyvää yritystoimintaa jo hakuvaiheessa.

Koulutukseen hakeneiden koirien ikä vaihteli 6 kuukauden ja 9 vuoden välillä. Suurin osa hakeneista koirista oli 2–4-vuotiaita. Yli puolet hakeneista koirista oli narttuja, uroksia oli 12. Koirien rodut vaihtelivat paimenkoirista noutajiin, seisojiin ja spanieleihin ja mukana oli myös muutama seurakoirarotuinen koira. Rotujen perusteella koirien koot vaihtelivat pienestä suurikokoiseen. Hakeneissa roduissa ei ollut yhtään lyhytkuonoista koiraa, joilla voi olla hengittämiseen liittyviä haasteita, mikä voi vaikuttaa myös hajutyöskentelyssä jaksamiseen sekä työskentelykykyyn.

Koulutukseen osallistuvan koiran terveys on yksi tärkeä hakukriteeri hajutyöskentelykoulutuksessa. Terveys liittyy keskeisesti koiran hyvinvointiin. Hajutyöskentelykoulutukseen osallistuvan koiran sekä myöhemmin hajutyöskentelytehtävissä työskentelevän koiran tulee olla fyysisesti terve ja toimintakykyinen eikä sillä tule olla muita hyvinvointiin merkittävästi vaikuttavia haasteita. Terveysteen liittyvät tekijät (kuten kipu) ja myös lääkitykset voivat vaikuttaa mm. koiran oppimiskykyyn ja hajuaistiin. Hakijoita pyydettiin arvioimaan oman koiransa terveys viisiportaisella asteikolla heikosta (1) erinomaiseen (5), jolla ei ole terveyshaasteita. Koiran terveys oli yksi koulutuksen merkittävistä valintakriteereistä.

2.3.4. Osallistuneet koirakot

Koirakot valittiin hakuvaiheessa ilmoitettujen kriteerien mukaan, joita olivat pilotointiprosessiin sitoutuminen, osaamisen hyödyntäminen, lähijaksoille osallistuminen, koiran terveys sekä koirakon yhteistyö ja motivaatio työskentelyyn. Lapin alueen toimijoita painotettiin valinnassa, mutta myös eteläisemmässä Suomessa asuvien hakijoiden nähtiin tuovan lisäarvoa koulutusryhmään osaamisen ja koulutuksen hyödyntämisen kautta. Valinnassa huomioitiin

myös ohjaajien erilaiset taustat, jotta koulutuksen soveltuvuutta voitiin arvioida mahdollisimman monenlaisille koirakoille.

Koirakkoja valittiin kaikkiaan 15 kpl mukaan lukien Lapin AMK:n ja Luken projektityöntekijöiden koirat (3 kpl). Koulutuksen eri vaiheissa osa koirakoista joutui keskeyttämään ohjaajan tai koiran sairastumisen, koulutuksen haastavuuden tai elämänmuutosten vuoksi. Uusia koiranohjaajia ei voitu ottaa koulutusprosessiin enää siinä vaiheessa mukaan. Eri vaiheissa koulutusprosessia keskeyttäneiden tilalle otettiin jo koulutuksessa olevien koiraohjaajien muita koiria.

Koulutusprosessin vaiheissa nähtiin yhteensä 22 eri koiraa (Taulukko 2) mukaan lukien kouluttajien ja projektityöntekijöiden koirat (6 kpl). Näistä koirista 16 kpl oli mukana vuoden ajan, hajuerotteluun liittyvään lopputestaukseen asti. Vuoden koulutusprosessin jälkeen 11 koiraa jatkoi maastoharjoituksiin ja -testauksiin.

Taulukko 2. Koulutukseen osallistuneet koirat.

Koodi	Ikä	Rotu	Sukupuoli	Terveys	Koulutuskokemus	Hajutyökokemus	Metsäosaaminen	Suoritetut tasotestit
TR_D01	4	Belgianpaimenkoira groenendael	Narttu	4	harrastus	harrastus	luontoliikkuja	2
TR_D02	7	Belgianpaimenkoira groenendael	Uros*	4	harrastus	harrastus	työ	3
TR_D03	4	Lyhytkarvainen pyreneittenpaimenkoira	Narttu	5	harrastus	harrastus	luontoliikkuja	3
TR_D04	3	Labradorinnoutaja	Narttu*	4	työ	harrastus	luontoliikkuja	3
TR_D05	1	Labradorinnoutaja	Narttu	5	työ	ei	luontoliikkuja	3
TR_D06	2	Belgianpaimenkoira malinois	Narttu	5	työ	työ	luontoliikkuja	0
TR_D07	4	Lyhytkarvainen hollanninpaimenkoira	Narttu	5	työ	työ	metsäntuntija	0
TR_D08	3	Englanninspringerspanieli	Narttu	5	työ	harrastus	metsäntuntija	1
TR_D09	3	Tsekinpaimenkoira	Uros	4	harrastus	harrastus	luontoliikkuja	1
JK_D17	2	Australianpaimenkoira	Uros	5	harrastus	harrastus	työ	1
JK_D18	3	Mudi	Narttu	4	työ	harrastus	luontoliikkuja	1
JK_D19	0	Tsekinpaimenkoira	Narttu	5	työ	harrastus	luontoliikkuja	1
JK_D20	5	Kultainen noutaja (käyttölinjainen)	Narttu	5	harrastus	harrastus	työ	1
JK_D21	3	Belgianpaimenkoira groenendael	Uros	5	harrastus	harrastus	työ	2
JK_D22	2	labradorinnoutaja	Narttu*	2	työ	harrastus	luontoliikkuja	3
JK_D23	3	Lapinporokoira	Uros*	5	harrastus	harrastus	luontoliikkuja	3
JK_D24	3	Lyhytkarvainen hollanninpaimenkoira	Narttu	5	työ	työ	luontoliikkuja	3
JK_D25	1	Lyhytkarvainen hollanninpaimenkoira	Narttu	5	työ	harrastus	luontoliikkuja	3
JK_D26	6	Mudi	Narttu*	5	työ	harrastus	metsäntuntija	3
JK_D27	1	Labradorinnoutaja	Uros	5	työ	harrastus	metsäntuntija	3
JK_D28		Bordercollie	Uros	4	harrastus	harrastus	luontoliikkuja	2
JK_D29	4	Cockerspanieli	Narttu	5	työ	harrastus	luontoliikkuja	3

Taulukossa 2 on esitetty koulutusprosessiin osallistuneiden koirien tietoja hakuvaiheen tai koulutukseen mukaantulovaiheen tietojen pohjalta. Koirien ikä koulutuksen alkaessa vaihteli pienestä pennusta aikuisiin koiriin. Koirien rotu ei ole ollut merkittävänä valintaan vaikuttavana tekijänä, sillä osallistuvissa koirissa oli 13 eri rotua. Koulutukseen valituissa oli narttukoiria noin kaksi kertaa enemmän kuin uroksia (15 narttua ja 7 urosta), mutta sukupuoli ei ollut valintakriteerinä koulutuksessa. Taulukkoon on merkitty tähdellä steriloidut ja kastroidut koirat. Terveystiedot olivat tärkeä valintakriteeri, joten koulutukseen on valittu pääosin hyvän tai erinomaisen terveyden omaavia koiria. Terveystiedot on luokiteltu seuraavasti: 1=heikko, 2=kohtuullinen, 3=melko hyvä, 4=hyvä, 5=erinomainen.

Ohjaajien koulutuskokemukset pilotoinnin alussa vaihtelivat harrastuspuolen kouluttajista työkseen koiria kouluttaviin ohjaajiin. Useimmilla oli myös taustalla jonkinlaista kokemusta hajutyöskentelystä harrastuspuolen tai työtehtävien kautta. Metsään ja metsätalouteen liittyvä taustaosaaminen vaihteli. Osalla oli kokemusta vain metsässä liikkumisesta, neljän koiran ohjaajilla oli metsätalouden tuntemusta tai he omistivat metsää ja neljän koiran ohjaajat ilmoittivat työskentelevänsä metsätalouteen liittyvissä tehtävissä. Kaikki koirat eivät olleet mukana koko koulutusta, joten osallistumisen laajuutta kuvataan suoritettujen tasotestien mukaan: 0=ei osallistunut testeihin, 1=osallistui yhteen tai useampaan välitason hajuratatestiin, 2=osallistui useampaan välitason testiin sekä hajuerotteluradan lopputestiin, 3=osallistui useampaan välitason testiin, hajuerotteluradan lopputestiin sekä kenttätöskentelyn testiin.

2.4. Koulutusprosessi ja menetelmät

2.4.1. Koulutuksen aikataulu ja sisältö

Nose4Wood -hankkeessa pilotoitavaan koirien koulutukseen suunniteltiin vuodeksi aikataulu ja koulutussuunnitelma. Koulutuksen aloittamisen ja aikataulutukseen olivat taustavaikuttajana hankkeelle myönnetty toiminta-aika sekä osallistujien etäisyys suhteessa harjoittelupaikoihin. Koulutukset aloitettiin joulukuussa 2021, jotta pystyttiin mahdollisimman täysimääräisesti hyödyntämään sulanmaan aika maastoharjoitteluun. Koulutuksen laajuus, haastavuus sekä koulutettavien hajujen tuntemattomuus huomioitiin koulutuksen keston asettamisessa vuoden mittaiseksi. Koulutussisällöt jaettiin 11 eri teemaan kumuloituvaksi iteratiiviseksi prosessiksi:

1. Motivaatio (vk 50)
2. Hajuteoria (vk 51–52)
3. Ilmaisuu (vk 1–5)
4. Haju (vk 6–9)
5. Etsintä (vk 10–17)
6. Ohjaus (vk 18–20)
7. Olosuhteet (vk 21–24)
8. Maastotyöt (vk 25–34)
9. Laatu (vk 35–41)
10. Eteneminen (vk 42–43)
11. Soveltaminen (vk 48–50)

Lähipäiviä varattiin alun perin 12 kappaletta, jotka jaettiin 2–3 päivän mittaisiin jaksoihin. Lähipäivät pidettiin Rovaniemellä joulukuussa 2021 sekä vuonna 2022 helmikuussa,

huhtikuussa, kesäkuussa, elokuussa ja lokakuussa. Yksi lähikerta lisättiin alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen tammikuulle 2023 Turkuun, joka mahdollisti hajuerottelutestin eteläsuomalaisille osallistujille. Lähipäivien yhteydessä järjestettiin Webropol-kysely treenimääristä ja edistymisestä. Pitkä prosessi verotti kuitenkin vastausprosenttia, sillä prosessin loppua kohti vastauksia oli vaikea saada kaikilta osallistujilta.

Lähipäivien välissä kaikki treenasivat omatoimisesti. Treenit pyydettiin kirjaamaan ja videoimaan mahdollisuuksien mukaan. Yhteiset etätapaamiset järjestettiin kerran kuukaudessa TEAMS-yhteydellä, jonka lisäksi Elisa Reunanen ja Anna Loimaranta kommentoivat treenivideoita kaksi kertaa viikossa. Koulutuksen sisällöt ja tehtävä olivat OpenMoodle -kursaalustalla, joka oli osallistujien ja kouluttajien käytössä. OpenMoodlessa mahdollistui myös keskustelu yhteisellä alustalla ajasta ja paikasta riippumatta. Koulutusta varten tehtiin harjoitteluiden kirjaamiseksi lomakkeet hajuerotteluradalle, maastoharjoitteluun sekä harjoittelutietojen koostamiseen. Testilomakkeet tehtiin hajuerotteluradoille sekä kenttätestaukseen (arvioijalle, havainnoijalle ja ohjaajalle). Koirakoiden lajitiedon lisäämistä varten tehtiin tietokortit juurikäävistä ja tervasrososta. Myös sieninäytteiden käsittelyohjeista tehtiin kirjallinen ohje koirakoulutusta varten. Lisäksi hajunäytteiden käsittelystä ja säilytyksestä tehtiin kirjallinen ohje.

Koulutuksen myötä aikatauluja jouduttiin muokkaamaan joidenkin osioiden keston muuttuessa siitä, mitä alun perin oli suunniteltu. Maastoetsinnän käynnistämisen osalta aikataulu oli alkuperäisessä suunnitelmassa liian optimistinen, sillä koirakot eivät olleet vielä täysin valmiita hajuerotteluosaamisen osalta maastoon. Maastokausi hyödynnettiin kuitenkin hyvin, kun harjoituksia tehtiin tervasrosan osalta Pudasjärvellä, Kolarissa ja Rovaniemellä sekä juurikäävän osalta Tuusulassa ja Oulussa. Harjoitusympäristöissä oli osasta puita niiden tautisuus varmistettu ja merkitty. Maastokauden pituus ei täysin riittänyt valmistamaan koirakoita kenttätyöskentelyn testiin, joten hankkeelle myönnetyn jatkoajan mahdollistamana maastokautta jatkettiin reilu puoli vuotta halukkaiden kanssa. Koulutusprosessi päättyi kenttätyöskentelyn tasotesteihin maastossa elokuussa 2023.

Koulutukseen osallistuminen oli ilmaista osallistujille, kun taas matka- ja majoituskuluista jokainen vastasi itse. Osallistujille tarjottiin koirille etsintää varten työliivit sekä kaikki käytettävät hajunäytteet tervasrosan ja juurikääpien osalta.

Koulutuksessa toimittiin avoimesti ja käytettiin eettisesti hyväksytyjä koulutusmenetelmiä. Kaikenlainen koirien pelottelu, rankaisu, painostaminen tai muut koirien hyvinvointia, terveyttä, turvallisuutta, oppimista ja jaksamista heikentävät menetelmät eivät ole hyväksyttäviä.

2.4.2. Motivaatio ja vahvistaminen

Koulutus aloitettiin motivaatio -teemalla. Reunanen (2021a) vahvasti näkökulmaa, että etsintätyöskentelyn tulee perustua koiran halukkuuteen työskennellä ja saavuttaa itselleen merkityksellisiä asioita, sillä todellisessa etsintätilanteessa ohjaaja ei voi kannatella koira. Kun motivaatio on korkea, koira haluaa oppia ja ratkaista ongelmat itsenäisesti. Ohjaajien motivaatio oli myös tärkeää, mikä auttoi sitoutumaan pitkään koulutusprosessiin ja etsimään ratkaisuja mahdollisiin eteen tuleviin kysymyksiin. Koirien motivaatiota vahvistettiin etsimällä sille parhaat palkat, jotka useille koirille olivat lelut, ohjaajan kanssa leikkiminen ja ruoka. Palkkion laadun ja määrän lisäksi varmistettiin, että koirat ymmärtävät miten ne voivat palkkioita saada eli vaikuttaa toimintaan.

Koulutuksen alussa varmistettiin myös tasapaino harjoittelun ja levon suhteen. Jokaisen koiran vuorokausirytmiiä ja heidän vuorokauden aikana tekemiään tehtäviä, lepoa, ruokintaa, yksinoloa ja treeni- sekä leikkiaikaa kirjattiin ja tarkasteltiin koirien ajankäytön jakautumista. Hyvinvointia pidettiin koirien koulutuksen tärkeänä tekijänä. Lisäksi huomiota käännettiin myös tukitaitoihin eli niihin tehtäviin, mitkä auttavat koiraa suoriutumaan varsinaisesta tehtävästä. Etsintä- ja hajutyöskentelyssä esimerkiksi matkustaminen ja odottaminen ovat suoritusta tukevia toimia, joita tulee harjoitella.

2.4.3. Hajuteoria

Haju- ja etsintäkoulutus ei kohdentunut pelkästään koiraan. Ohjaajille kerrottiin, miten hajut muodostuvat ja kuinka koiran hajuaisti toimii sekä miten ne vaikuttavat hajujen kouluttamiseen. Näytteiden käsittely on tuhosienien osalta merkittävää, jotta leviämiseriskiä ei synny. Muiden hajujen kontaminaation estäminen sekä hajujen säilyminen ovat hajutyöskentelyssä tärkeitä. Näytteiden käsittelyä harjoitettiin lähikoulutuspäivissä ja lisäksi niistä jaettiin kirjalliset ohjeet. Koirien ohjaajille tarjottiin eri muodoissa tietoa etsittävästä hajusta ja tukea niiden tunnistamiseen. Tervasroso on itiöintivaiheen osalta helpohko tunnistaa männyllä, mutta kasvien lehdistä tervasrosan erottaminen onkin melko haastavaa. Juurikäävän tunnistaminen itiöemästä on opetettu kaikille koirille, mutta ilman itiöemiä ei tunnistaminen ole helppoa. Koirakoiden tukena olivat Luonnonvarakeskuksen erikoisasiantuntijat lajitunnistuksen osalta koko hankkeen ajan.

2.4.4. Ilmaisus

Koiran löytäessä hajun, on sen kyettävä ilmaisemaan se jollain tavalla ohjaajalleen. Ilmaisukäytös opetettiin koirille erillisenä käytöksenä asteittain muuttaen ilmaistavan kohteen sijaintia ja kokoa. Ilmaisujen kohteena olivat ensin koirille mieleiset ja merkitykselliset kohteet ja harjoitushajut. Useimmilla koirilla ilmaisuharjoittelun kohteena oli lelu, pallo, kongi, nose-work-haju tai ruoka. Valittava ilmaisumuoto riippuu koirasta, kontekstista, kohteesta sekä ohjaajasta. Tuhsienten etsinnässä ilmaisussa mietittiin metsäolosuhteita eli onko koiralla mukava istua tai laittaa makuulle kosteaan tai kylmään maaperään. Myös koiran työskentelyetäisyys vaikuttaa ilmaisun valintaan, koska on varmistettava, että ilmaisu on havaittavissa tiheämmässäkin maastossa. Esimerkiksi etäällä ohjaajastaan istumalla ilmaisevaa koiraa voi olla vaikeampi havaita kuin vaikka haukkumalla ilmaisevaa koiraa. Kohteen vahingoittuminen ei ole toivottavaa, joten kohteen kaivaminen ei ole paras ilmaisuvaihtoehto. Suosituimpia ilmaisuja koulutuksessa olivat maahanmeno, istuminen, kohteeseen jähmettyminen sekä haukkuminen. Ilmaisun suuntaa ja kestoja rakennettiin erillisillä ilmaisuharjoituksilla sekä hajuerotteluradalla.

2.4.5. Hajuntunnistus ja hajuerottelu

Koira haistaa tarkasti eri hajuja ja hajujen pieniäkin molekyylimääriä. Jotta koirat tietäisivät, minkä hajun haluamme sen tunnistavan, opetettiin koiralle tietyn hajun merkitys tarkasti. Merkitys laajennettiin koskemaan myös sen eri vahvuuksia ja muotoja. Hajujen opettaminen aloitettiin mahdollisimman puhtaasta hajusta. Juurikäävän osalta puhtaampien hajujen oletettiin olevan itiöemässä ja rihmastossa. Lahopuuhun on voinut sekoittua muitakin hajuja, eikä voida tietää tarkalleen, minkä niistä koira haistaa yhdistelmässä. Juurikäävän lahottama puulastu otettiin tunnistettavaksi viimeisenä näytteenä. Tervasrosan osalta hajutunnistus aloitettiin itiöistä, joita oli pensselöity maljalle. Koro on yhdistelmähaju, joka otettiin toisena opettavana hajuna koirille. Viimeisenä koirille opetettiin kasvien lehdet, joissa oli tervasrosoa.

Hajujen opettamisen perustyökäluna käytettiin purkkeja ja purkkirataa. Hajuradalla koiran on mahdollista keskittyä paremmin itse hajuun, eikä ympäristön haasteisiin ja häiriöihin. Reunanen ja Loimarannan (2022a) ohjeiden mukaan aloitettiin hajuradoilla harjoittelu ensin niillä harjoitteluhajuilla, mitä koira oli opetellut jo ilmaisemaan, mikäli koiralla ei ollut aikaisempaa osaamista hajuradan käytöstä. Hajuradalla toiminnan ollessa tuttu, uusi haju esiteltiin koiralle ensin yksittäisen purkin, purkkirykelmän tai suoraan purkkiradan kautta. Kun hajulle oli syntynyt merkitys, laajennettiin hajukuvaa tuomalla erikokoisia tai -ikäisiä näytteitä ja näyteversioita ilmaistavaksi. Koirat harjoittelivat hajun erottelua muista hajuista, johon purkkirata oli erinomainen työkalu (Reunanen & Loimaranta 2022a). Hajun erottelu aloitettiin ensin tyhjästä purkista siirtyen kohti vaikeampia verrokki- ja häiriöhajuja. Tyhjät radat otettiin mukaan harjoittelun alkuvaiheista asti, jotta koiralle ei synny tarvetta ilmaista jotakin vain sen vuoksi, että kohdetta ei ole löydettävissä (Reunanen & Loimaranta 2022a). Tyhjien ratojen osuutta kasvatettiin harjoittelun myötä.

Hajuerotteluradalla käytettiin lasipurkkeja, joissa oli rei'itetyt metelikannet. Purkkilinet olivat metallisia, joihin purkki mahtui keskelle. Lasiset ja metalliset materiaalit on helppo pitää puhtaana. Hankkeessa ennalta varmennetut ja valmistetut näytteet aseteltiin purkkeihin, läpimitaltaan 3.3 cm petrimaljoilla. Kannen alla käytettiin pienemmäksi leikattua suojamaskia taudinaiheuttajien leviämisen estämiseksi luontoon (Kuva 2). Hajuerottelua toteutettiin lähikoulutuspäivillä ja koirakot harjoittelivat hajuerottelua purkkiradalla omaehtoisesti. Purkkeja käytettiin myös metsässä alkukevästä 2022, jolloin sienten leviäminen luontoon ei aiheuttanut vakavaa vaaraa luonnolle. Purkkiratoja käytettiin myös hajujen tunnistamisen ja erottelun testaamisessa huhti-, kesä-, loka- ja joulukuussa 2022 sekä tammikuussa 2023. Hajutunnistamisesta ja -erottelusta pidettiin harjoituspäiväkirjaa. Kirjattavia tietoja olivat muun muassa purkkien määrä, käytettävät kohde- ja verrokkihajut, ilmaiset sekä muut huomiot. Tärkeintä oli, että kukin kirjaa omien treenien tietoja ylös, jotta kukin voi hyödyntää niitä treenien suunnittelussa sekä etenemisen seurannassa. Hankkeessa tehtiin lomakepohjia treenien kirjaamisen helpottamiseksi.

2.4.6. Etsintätaidot

Etsintäharjoitukset aloitettiin koirien harjoitushajuilla, joilla ne olivat oppineet tekemään ilmaisuharjoituksia. Etsintään lähtemistä harjoiteltiin ensin ilmaisuharjoitusten tyyllisesti eri paikoista ja korkeuksista. Kohteet olivat ensin näkyvissä ja ne siirrettiin taitojen kasvaessa helppoihin piiloihin vaikeuttaen etsintää pikkuhiljaa (Reunanen & Loimaranta 2022b). Etsintäalkeiden jälkeen otettiin koirien tunnistamat tuhosieninäytteet etsittäväksi sisätiloissa. Näytteitä piilotettiin sisällä ja ulkona Eppendorf-putkissa ja purkeissa, ja lyhytaikaisesti paljaita juurikäävän lahoittamia puulastuja pystyttiin käyttämään. Lisäksi keväällä 2022 käytettiin paljaita tervasrosönäytteitä luonnossa, jolloin riskiä sienien leviämislle luontoon ei ollut.

Koirien etsintätaitoja harjoitettiin erilaisia työkaluja hyödyntäen, joita sovellettiin Reunanen ja Loimarannan (2022b) johdolla tervasrosön etsintään. Tarkkuusetsintää harjoiteltiin kuramat- ja reikätiiliä apuna käyttäen. Tervasrosokoirien etsintämenetelmät sisälsivät erilaisia haistelu- ja etsintätapoja, joihin liittyi koirille selkeä ympäristövihje, kuten puu, joilla koiran haluttiin siirtyvän haistelemaan puun runkoa ja nousemaan sitä vasten. Pienten kasvien tarkkuusetsintään otettiin myös käyttöön visuaalinen vihje ruudukon muodossa. Koiria opetettiin haistelemaan ruudukon sisältä tarkasti ja ruudukko voitiin siirtää myös maastoon.

Maastossa näytteiden kanssa harjoittelu on tarkkaa tuhosienten leviämisen riskin vuoksi. Myös ihmisten ja välineiden haju sekä maan tai puiden koskeminen lisää tunnistettavaan kohteeseen hajua ja muodostaa ympäristöpoikkeavuuden, jonka koira helposti erottaa aidosta kohdeesta. Aitojen kohteiden harjoittelu tervasroson osalta on haastavaa itiöinnin lyhyen aikajän-teen vuoksi. Itiöinnin jälkeen tautia on vaikeampi ihmisen havaita, mikä vaikuttaa koirien löytöjen vahvistamiseen. Juurikäävän osalta aitoja harjoittelukohteita on pohjoisessa vähän ja lisäksi juurikäävän löytöjen varmistaminen on haastavaa. Osa etsintätaidoista voidaan rakentaa myös harjoitushajuilla.

Sekä tervasroson että juurikäävän maastoetsinnässä opetettiin koiria etsimään kohteista. Tässä käytettiin kohdehajujen lisäksi apuna jälleen harjoitushajua tai ruokaa, joilla saatiin puiden etsintä koirien mieleiseksi. Koiria opetettiin myös nousemaan puuta vasten. Koirien oppiessa ensin etsimään kuusenjuurikäpää juurakoista, isoista puista ja kannoista, niille oli uudelleen opetettava männynjuurikäävän vaivaamissa taimikossa pienten puiden kohde-etsintää ja haistelun kohdentamista puun tyvelle. Maastossa tarvittavia etsintätaitoja on myös ohjaajan lähellä etsiminen, ja ohjaajan pyynnöstä yksittäisten puiden ja puuryhmien tarkistaminen.

Reunasen (2022) oppien mukaan koulutuksessa opetettiin satunnaisvahvistaminen koirille. Tämä on tarpeen esimerkiksi korkeissa tervasrosokohteissa tai juurikäpäkohteissa, joissa ei voi aina varmistaa koiran ilmaisun oikeellisuutta, jolloin emme voi olla varmoja, mitä silloin vahvistamme. Satunnaisvahvistamisessa koira ei saa jokaisesta tekemästään ilmaisusta palkkaa. Harjoittelun myötä ero harjoitusten ja töiden välillä kapenee ja koira kestää paremmin palkkiottomia hetkiä.

2.4.7. Olosuhteet ja maastotyöskentely

Olosuhteet vaikuttavat hajujen liikkumiseen. Suurimpia vaikuttavia tekijöitä ovat tuuli, maastonmuodot ja lämpötilat (Hormila & Romppainen 2019). Tuulen ja ilmavirtojen havaittiin maastoetsintöjen yhteydessä liikuttavan myös tervasroson ja juurikäävän hajua. Koirat pystyivät ottamaan juurikäpähavaintoja useiden metrien päästä kohteista pienen tuulen myötä. Myös tervasrosokoirat pystyivät havaitsemaan hajua muutaman metrin päästä puusta. Toisinaan puita joutui kuitenkin tarkastelemaan ihan läheltä, joten oletuksena on myös kohdehajuun määrän vaihtelevan kohteissa.

Kylmän vaikutusta tarkasteltiin kuusenjuurikäävän harjoitteluympäristössä Häyryseniemessä, jossa on runsaasti juurikäpää. Kaksi koira kävi tekemässä harjoitukset muutaman asteen pakkasella, vähäisen lumen ollessa maassa. Koirat löysivät juurikäpäpartuntoja hyvin helposti. Kuumassa ilmassa etsittäessä suurin tarve on huolehtia koiran jaksamisesta ja hyvinvoinnista. Kenttätyöskentelyn testaus toteutettiin 20 asteen lämmössä vuonna 2023, jolloin koirat löysivät kohteita hyvin, kun jaksamisesta huolehdittiin. Metsäkartoitusten osalta päivien kuumim- paan aikaan ei ollut tarvetta viedä koira metsään.

Etsintäalueita kartoitettiin risteillen niitä läpi pitkittäin tai poikittain antaen koiran kartoittaa aluetta ohjaajan lähellä tai pieniä pistoja tehden. Aluetta käytiin läpi myös reunojen myötäisesti tekemällä pistoja keskelle. Etsinnän aikana ohjaajat tarkastelivat näkevätkö havaintoja potentiaalisista tartunnan saaneista puista ja puuryhmistä. Tällaisten kohdalla pyydettiin koira tarkastamaan niitä tarkemmin. Tiheän puuston alueella koiran pitäminen liinassa on haastavaa, kun pitkä liina takertuu helposti puihin ja häiritsee koira ja ohjaajaa. Mikäli koira on hallinnassa, välittömästi kytkettävissä ja tekee etsintää kohtuullisen lähellä ohjaajaa, on irti

etsiminen koettu helpommaksi. Koirien työskennellessä irti on aina noudatettava vallitsevaa lainsäädäntöä ja lupakäytänteitä. Koirat ovat aina irti ollessaan ohjaajan vastuulla.

2.5. Koulutus- ja tunnistusmenetelmän testit

2.5.1. Testaustavat koulutuksen eri vaiheissa

Välitesteillä tarkasteltiin koirien oppimia taitoja eri koulutusvaiheissa, jolloin opittiin uutta tietoa kohdehajuista sekä nähtiin lisäoppia vaativat asiat. Ensimmäinen välitesti oli helmikuussa 2022, jossa tarkastelun kohteena oli koirien ilmaisut harjoitteluhajulle. Toinen tasotesti toteutettiin huhtikuussa, jolloin tarkasteltiin koirien hajuerotteluradalla työskentelytekniikkaa, motivaatiota sekä valitun kohdehajun erottelutaitoa selkeästi erottuvista verrokeista. Testi toteutettiin sokkona kolmella hajuerotteluradalla (yhteensä 15 kpl hajupurkkeja). Kolmas tasotesti toteutettiin kesäkuussa 2022, jolloin sokkotestattiin koirien hajuerottelutaitoja vaativampien verrokinäytteiden osalta kolmella hajuerotteluradalla (yhteensä 15 kpl hajupurkkia). Kesäkuussa kouluttajat havainnoivat myös koirien ilmaisutaitoja maastossa. Neljäs testi toteutettiin lokakuussa sokkona 12 hajuerotteluradalla (yhteensä 48 hajupurkkia), joista neljä rataa oli tyhjiä, eli niillä ei ollut tunnistettavaa kohdehajua. Testi sisälsi kaikki käytössä olleet kohdehajut ja niiden eri muodot sekä verrokkeja, riippumatta siitä oliko testiin osallistuva koira ehtinyt harjoitella kohdehajua tai sen muotoja.

Hajuerotteluradan lopputestillä selvitettiin koirien kykyä tunnistaa ja erotella opetettu kohdehaju muiden hajujen joukosta sekä koiran kykyä olla ilmaisematta, mikäli radalla ei ole kohdehajua. Testi toteutettiin vuoden kestäneen hajukoulutuksen jälkeen, jolloin juurikäypään erikoistuneet koirat olivat harjoitelleet vain kuusenjuurikäävän eri muotoja, ja tervasroon erikoistuneet koirat olivat harjoitelleet pääosin itiöintivaiheen eri muotoja. Testi sisälsi kaikki käytössä olleet kohdehajut ja niiden eri muodot sekä verrokkeja riippumatta siitä, oliko testiin osallistuva koira ehtinyt harjoitella kohdehajua tai sen muotoja. Taulukossa 3 ja 4 on listattuna hajuerottelun testiradoilla käytetyt kohde- ja verrokinäytteet. Testissä käytettiin myös koirille ennalta tuntemattomia lahottaja- ja ruostesieniverrokkeja, jotta voitiin nähdä, reagoivatko koirat verrokkihajuihin, joita niillä ei aikaisemmin ollut harjoiteltu. Hajujen käyttäytymiseen liittyvää tietoa kerättiin myös lisäämällä tunnistettaviksi näytteiksi männynjuurikäypänäytteiden eri muotoja, joiden oletettiin olevan hajukuvaltaan kuusenjuurikäävän kaltaisia. Tervasrosujen testiradalle lisättiin tervasrosion vanha koro, jossa ei ollut itiöitä. Tätä muotoa koirat eivät olleet harjoitelleet ennalta.

Taulukko 3. Juurikäävän hajuerottelun lopputestissä käytetyt näytteet.

Kohdehaju, muoto, varastointitapa	Verrokinäyte, muoto, varastointitapa
Kuusenjuurikäätä, itiöemäpala, pakaste	Mesisieni, itiöemäpala, pakaste
Kuusenjuurikäätä, itiöemäpala, tuore	Kantokäätä, itiöemäpala, pakaste
Kuusenjuurikäätä itiöemäpala, kylmäkuivattu	Kuusilahokka, itiöemäpala, pakaste
Kuusenjuurikäätä, rihmasto, agarmalja jääkaappi	Haarahelppä, itiöemäpala, pakaste
Kuusenjuurikäätä, puulastu, pakaste	Koivunkantosieni, itiöemäpala, pakaste
Männynjuurikäätä, itiöemä pala, pakaste	Mesisieni, rihmasto, agarmalja jääkaappi
Männynjuurikäätä, rihmasto, agarmalja, jääkaappi	Harmaaorvakka, rihmasto, agarmalja jääkaappi
Männynjuurikäätä, puulastu, pakaste	Kantokäätä, rihmasto, agarmalja, jääkaappi
	Agarmalja, jääkaappi
	Kantokäätä, puulastu, pakaste
	Mesisieni, puulastu, pakaste
	Kuusipuu, puru, pakaste
	Kuusipuu, oksapala, pakaste
	Pihka, palanen, pakaste
	Irtomulta, huoneenlämpö
	Kivi, huoneenlämpö
	Käpy, huoneenlämpö
	Tyhjä purkki
	Eppendorf-putki

Taulukko 4. Tervasroson hajuerottelun lopputestissä käytetyt näytteet. CF=Väli-isäntäkasvia vaihtava muoto. PP=Männystä mäntyyn leviävä muoto.

Kohdehaju, muoto, varastointitapa	Verrokinäyte, muoto, varastointitapa
Tervasroso (CF), itiöitä petrimaljalla, pakaste	Pajunkeltaruoste, pajun lehti, pakaste
Tervasroso (PP), itiöitä petrimaljalla, pakaste	Koivunruoste, koivun lehti, pakaste
Tervasroso (CF), oksakoro, oksanpala, pakaste	Kuusensuopursuruoste, kuusen neulanen, pakaste
Tervasroso (CF), vanha oksakoro, oksanpala, pakaste	Männynneulasruoste, maitikan lehti, pakaste
Tervasroso (PP), oksakoro, oksanpala, pakaste	Kangasmaitikan lehti, pakaste
Tervasroso (CF), metsämaitikan lehti, pakaste	Metsämaitikan lehti, pakaste
Tervasroso (CF), jalopionin lehti, pakaste	Mummonpalsamin lehti, pakaste
Tervasroso (CF), mummonpalsamin lehti, pakaste	Silmäruohon lehti, pakaste
	Jalopionin lehti, pakaste
	Kuusipuun puru, pakaste
	Kuusipuun oksanpala, pakaste
	Pihkapalanen, pakaste
	Irtomulta, huoneenlämpö
	Kivi, huoneenlämpö
	Käpy, jäkälä, kaarna, huoneenlämpö
	Tyhjä purkki
	Eppendorf-putki

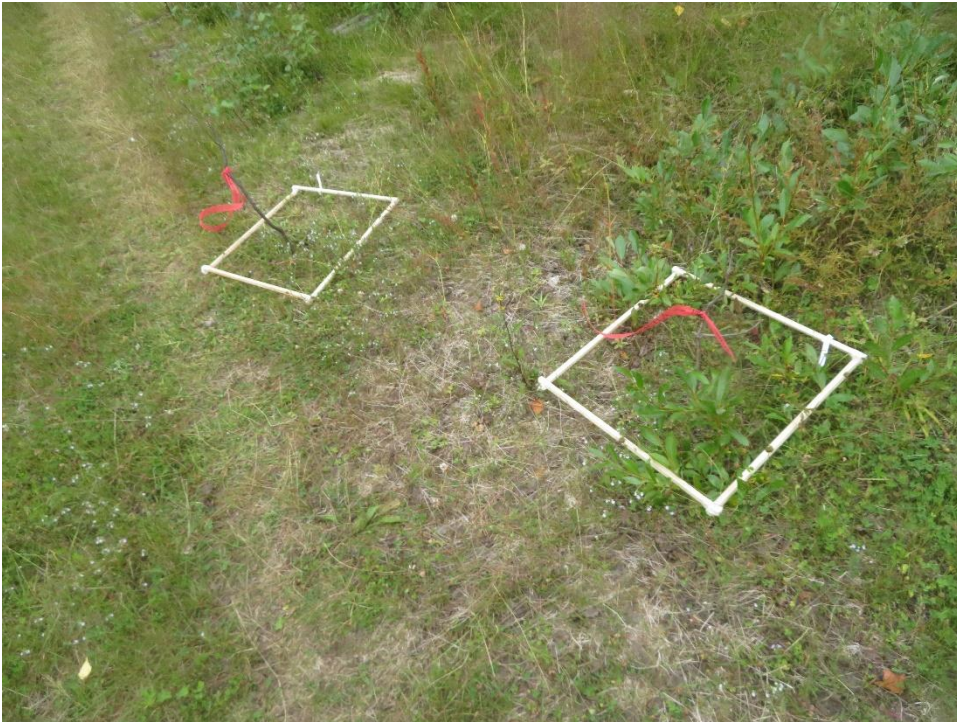
Lopputestissä koirat haistelivat yhteensä 48 purkkia, jotka olivat 12 purkkiradalla. Kullakin radalla oli 0–1 kpl kohdehajua ja 3–4 kpl verrokihajua. Jokaisella koiralla oli omat näytteet sekä autoklavoidut lasipurkit ja kannet. Kaikki näytteet oli laitettu valmiiksi purkkeihin ennen testejä, jotta hajumolekyylit ehtivät täyttää hajupurkin. Metalliset purkkitelinet oli sijoitettu n. 50–60 cm etäisyydelle toisistaan ja ne puhdistettiin koirien vuorojen välillä. Hajuerotteluradat toteutettiin 2–6 radan erissä testitilan koosta riippuen.

Testijärjestys arvottiin, eivätkä ohjaajat ennalta tienneet mitä näytteitä radoilla oli. Koirakot suorittivat lopputestin haluamassaan ajassa ja koiria sai vapaasti palkata. Ohjaajat varmistivat koiriensa löydöt joko kättä nostamalla tai suullisesti kertomalla löydöstä. Jokaisen radan sai tehdä halutessaan kaksi kertaa, mutta tuloksissa on huomioitu vain ensimmäisen kerran tulokset.

Kenttätyöskentelyn lopputestit toteutettiin kesä- ja elokuussa 2023. Vuonna 2022 koirakoiden maastoharjoittelu oli vielä kesken, joten testit siirtyivät alkuperäisestä aikataulusta vuodelle eteenpäin. Kenttätesteillä selvitettiin kehitettävän hajutyöskentelymenetelmän käyttöä metsäalueilla. Kohteina olivat metsiköt, joista ei tunnettu ennalta tuhoilanteen laajuutta. Sokkotesteillä testattiin koirien osaamista ja työvarmuutta tarkastelemalla koirakoiden etsintästrategiaa, kohteen tunnistamista ja koirakon yhteistyötä. Kaikki testisuoritukset videoitiin ja koirakon mukana kulki alueella vähintään kaksi ihmistä, jotka tarkastivat löytöjä ja havainnoivat koirakon toimintaa.

Tervasrosan tunnistamiseen erikoistuneille koirille järjestettiin kolme eri kenttätyöskentelyn testiä. Tervasrosan männystä mäntyyn leviävän muodon (PP) itiöintivaiheen tunnistamista testattiin kesäkuussa 2023 Pudasjärvellä, 900m² kokoisella mäntypuustoisella alalla (Kuva 7). Jokaisella koirakolla oli käytössään heitä varten varattu 30 m x 30 m alue, jota he saivat kartoittaa maksimissaan 30 minuutin ajan. Ohjaajille oli kerrottu, että aloilla on tervasrosoa. Ohjaaja ja koira työskentelivät parina, ohjaaja varmisti koiran löydöt tarkastajalle, joka tarkasti löydöt välittömästi paikan päällä. Ohjaaja sai tietää tulokset vasta testin päätyttyä. Testissä koiran ja ohjaajan toimintaa lisäksi havainnoitiin etsintästrategian näkökulmasta.

Tervasrosan itiöintivaiheen jälkeen elokuussa testattiin väli-isäntäkasvia vaihtavan muodon (CF) vanhojen korojen tunnistamista Kolarissa (Kuva 6). Tässä testiasetelma oli samanlainen kuin Pudasjärven testissä. Samalla alueella testattiin myös väli-isäntäkasvien tartunnan tunnistaminen 50 cm x 50 cm koeruudukolla (Kuva 8). Jokaiselle koiralle oli kolme ruutua, joita sai etsiä maksimissaan 15 minuuttia. Kaikista ruuduista kerättiin kasvinäytteet, joiden lehdistä tarkistettiin niiden tautisuus (ruoste- ja härmäsienet) mikroskopoimalla.



Kuva 8. Tervasrosan väli-isäntäkasvia vaihtavan muodon koeruutuja Kolarissa.
Kuva: Juha Kaitera.

Männynjuurikäävän tunnistamista testattiin kahdessa erilaisessa ympäristössä, taimikossa (Kuva 5) ja varttuneessa männikössä (Kuva 9). Molemmilla alueilla esiintyi eriasteisesti sairastuneita pystypuita (vihreälatvuksista pystykuolleisiin) sekä harvalukuisena juurikäävän itiöemiä sairaiden puiden tyvellä. Varttuneessa männikössä oli myös lahojuurisia tuulenkaatoja. Testit toteutettiin elokuussa 2023 Läyliäisissä noin 1 300–1 900 m² kokoisilla aloilla. Jokaiselle koiralle oli ennalta merkitty taimikkoinen alue, missä ohjaajat tiesivät olevan männynjuurikääpä. Koirakot saivat kartoittaa aluetta maksimissaan 30 minuutin ajan. Ohjaaja ja koira työskentelivät yhdessä, jolloin ohjaaja varmisti koiran löydöt tarkastajalle. Mikäli mahdollista löydöt tarkastettiin välittömästi paikan päällä, ja osa löydetyistä kohteista kaadettiin tulosten varmistamiseksi. Ohjaaja sai tietää tulokset vasta testin päätyttyä. Samanlaisella testiasetelmalla 1 500 m² varttuneen männikön koealalta testattiin männynjuurikäävän etsimistä isommista puista.



Kuva 9. Männynjuurikäävän kenttätestauksen varttunut männikkö Läyliäisissä.

Kuva: Tuula Piri.

2.5.2. Testitulosten analysointi

Testausten tulokset koottiin frekvenssitaulukoiksi, jotka tulkittiin sekä kaikkien koirien yhteiset tulokset kooten että yksitellen koirakohtaisesti. Hajuerotteluratojen testitulokset käsiteltiin erillään kenttätestausten tuloksista. Koulutuksen keskeyttäneiden koirakoiden tuloksia ei huomioitu testaustuloksissa. Osallistuneiden kyselystä kerättyä tietoa ei voida koko laajuudelta hyödyntää tuloksissa, sillä vastauksia ei saatu riittävästi. Hajuerotteluradan tasotestaustuloksia ei käsitelty tilastollisesti loppuun saakka jatkaneiden koirakoiden vähäisen määrän takia. Tulokset käsiteltiin visuaalisesti.

Hajuerotteluratojen testitulosten kirjaaminen ja analysointi

Hajuerotteluradoilta tulokset kerättiin testilomakkeilla ja testitulokset videoitiin. Testilomakkeeseen kirjattiin lyhyesti havaintoja sekä ohjaajan vahvistamat koiran ilmaisut kyseiseltä radalta seuraavasti (Bennet ym. 2020):

- Kohdehajua sisältävä näyte on tunnistettu radalla: löytö oikein (True Positive (TP))
- Kohdehajua sisältävää näytettä ei ole tunnistettu radalla: ohi väärin (False Negative (FN))
- Kohdehajua sisältävää näytettä ei ole radalla, koira ei ilmaise mitään: ohi oikein (True Negative (TN))
- Verrokinäyte tai tyhjä purkki on tunnistettu radalla: löytö väärin (False Positive (FP))

Hajuerotteluradalla tehtyjen lopputestien tulokset tarkistettiin videoilta ja niistä laskettiin herkkyys, tarkkuus, täsmällisyys ja virheettömyys Bennettin ym. (2020) luontokartoituskoirien testaukseen kuvaamia mittareita mukaillen. Herkkyys (sensiivisyys) $TP/(TP+FN)$ kuvaa, kuinka herkästi koira ilmaisee hajuerotteluradalta kohdehajut. Mitä suurempi herkkyys, sitä vähemmän koira on ohittanut kohdehajuja ratatestissä. Tarkkuus (specificity) $TN/(FP+TN)$ kuvaa, kuinka suuren määrän tyhjiä ratoja, eli pelkästään verrokinäytteitä sisältäviä ratoja koira ohitti oikein. Mitä suurempi tarkkuus, sitä vähemmän koira on tehnyt virheellisiä ilmaisuja tyhjiillä radoilla verrokinäytteisiin. Täsmällisyys (precision) $TP/(TP+FP)$ kuvaa kuinka suuri osuus koiran kaikista ilmaisemista kohteista on oikein. Mitä suurempi täsmällisyys sitä vähemmän koira on tehnyt vääriä ilmaisuja. Virheettömyys (Accuracy) $(TP+TN) / (TP+FP+TN+FN)$ kuvaa kuinka suuri määrä tuloksista on oikein. Mitä suurempi virheettömyys, sitä vähemmän koira on tehnyt vääriä löytöjä tai ohittanut tunnistettavia kohteita.

Kenttätyöskentelyn testitulosten kirjaaminen ja analysointi

Koirien työskentelyn testaaminen aidossa ympäristössä on haastavaa ympäristöön, koiriin ja ohjaajiin sekä menetelmiin liittyvistä tekijöistä johtuen. Luonnonvarakeskuksen asiantuntijat (Tuula Piri ja Juha Kaitera) tarkastivat jokaisen koiran tekemät ilmaisut, jotka ohjaajat metsässä testin aikana ilmoittivat. Tulokset kirjattiin lomakkeelle, jolle kirjattiin myös, mikäli koirat ohittivat tartunnan saaneita kohteita 0,5 metrin etäisyydeltä. Erilliselle lomakkeelle havainnoidtiin koirien etsintäkäyttäytymistä ja ilmaisuja. Kaikki kenttätestit videoitiin ja niitä hyödynnettiin tarvittaessa tulosten tarkastamisessa. Lisäksi koirien ilmaisemat männyt, joissa ei näkynyt ulkoisia merkkejä juurikäpätartunnasta käytiin myöhemmin kaatamassa. Tyveltä sahatut kiekot inkuboituihin ja juurikäävän esiintyminen tarkastettiin mikroskopoimalla. Puustojen kartoituksessa ei ollut käytettävissä tyhjiä alueita eli sellaisia testialueita, joissa ei ole kohdehajua lainkaan. Tämän vuoksi testituloksiin ei kirjattu "ohittaa kohteen oikein" (True Negative (TN)) tuloksia. Tervasrosujen väli-isäntäkasvien koeruuduissa oli osalla koirista käytettävissä tyhjiä ruutuja, joten niistä kirjattiin tyhjiin ruutujen ohittaminen oikein eli niiden ilmaisematta jättäminen (True Negative (TN)). Kenttätesteistä kirjatut tiedot:

- Kohde tunnistettu oikein metsässä / koeruudulla: löytö oikein (True Positive (TP))
- Kohdetta ei tunnistettu metsässä 0,5 m etäisyydeltä / koeruudulla: ohi väärin (False Negative (FN))
- Kohdetta ei ole koeruudulla, koira ei ilmaise mitään: ohi oikein (True Negative (TN))
- Kohde on tunnistettu väärin metsässä / koeruudulla: löytö väärin (False Positive (FP))

Luontoympäristöön sijoittuvien testien tuloksia on raportoitu tutkimuksissa verrattain vähän, jonka lisäksi testausmenetelmät ja raportointitavat vaihtelevat. Bennet ym. (2020) suosittelivat kirjallisuuskatsauksen pohjalta kolmea mittaria harvinaisten lajien kartoittamisessa:

1. Täsmällisyys (precision) $TP/(TP+FP)$
2. Herkkyys (sensiivisyys) $TP/(TP+FN)$
3. Vaivannäkö/ponnistus (effort) - aika, jonka koira käyttää tietyn kokoisen alueen tai koe-
alan jakolinjan mukaiseen kartoittamiseen

Tervasroson ja männynjuurikäävän kenttätestien tuloksiin hyödynnettiin näistä mittareista täsmällisyyttä ja herkkyyttä. Täsmällisyys kuvaa koirakon kykyä tunnistaa oikein kartoittamansa alueen kohteet. Se kertoo, kuinka suuri osuus kaikista koiran ilmaisemista kohteista oli oikeasti tartunnan saaneita. Mitä suurempi luku, sitä paremmin koirakon ilmaisemat kohteet ovat olleet oikein eli tartunnan saaneita kohteita. Herkkyys, kuvaa koirakon kykyä tunnistaa kartoittamaltaan reitiltä kaikki sairaat kohteet. Se kertoo, kuinka suuren osuuden tartunnan saaneista kohteista koira tunnisti ja ohjaaja hyväksyi oikein. Mitä suurempi herkkyys, niin sitä vähemmän koirakko on ohittanut (maksimissaan puolen metrin etäisyydeltä) tartunnan saaneita kohteita.

Vaivannäkö (effort) ei ole yksiselitteinen mittari kenttätesteissä suoriutumisen arvioinnille ja sen soveltaminen vertailukelpoisesti maastotyöskentelyssä voi olla haastavaa. Kenttätestissä käytetyt alueet eivät ole suoraan verrattavissa toisiinsa maaston, puuston tai tartunnan esiintymismäärän suhteen. Myös koirien kartoittaman alueen laajuuden arvioiminen on haastavaa ja vaatii kartoitusmenetelmän jatkokehittämistä ja testausta. Lisäksi uuden kohdehajun osalta ei tarkasti voida määritellä hajun leviämistä.

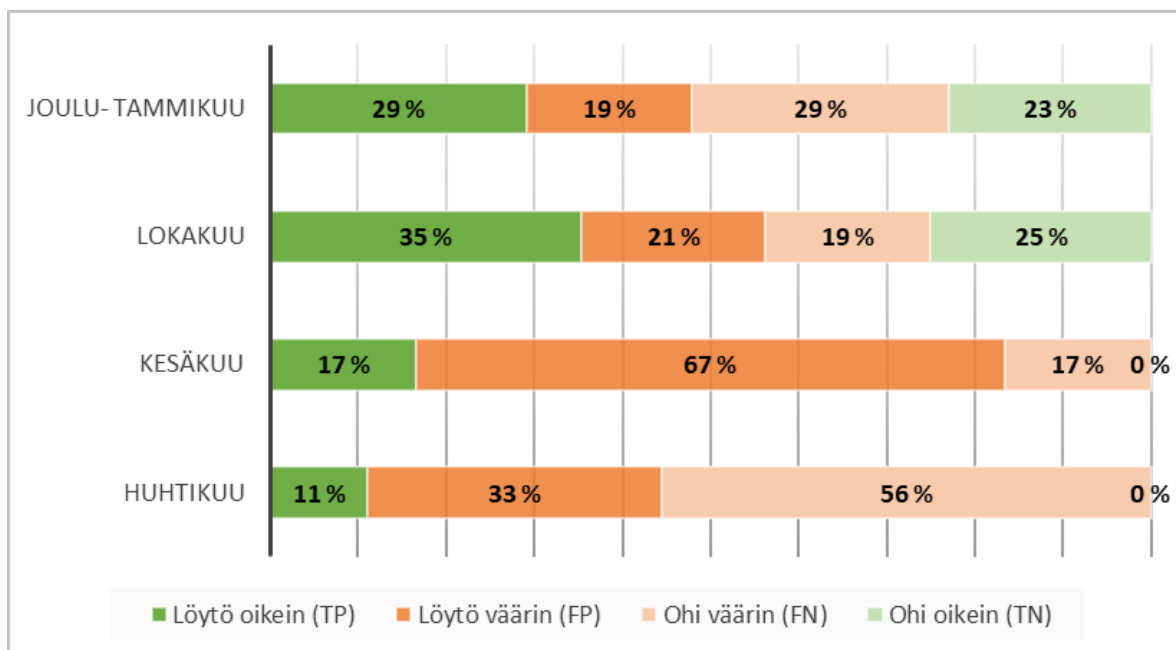
Tässä hankkeessa käytetty oikeiden kohteiden tunnistamisen testaus metsäaloilla on myös melko harvinaista aiemmissa julkaistuissa tutkimuksissa. Useimmiten kenttätestit tehdään maastoon tuoduilla näytteillä ja verrokeilla, mikä voi vaikuttaa testituloksiin mm. ihmisen maastoon aiheuttamien hajujälkien takia. Joissain tapauksissa on käytetty samalla testi- tai kartoitusalueella kahden eri koiran suorittamaa kartoitusta, mm. liito-oravien kartoituksessa (Gustafsson 2022). Käytännön metsäalojen kartoituksessa tämä lähestymistapa voikin olla toimiva kartoitustuloksen varmentamisessa. Testitilanteissa käytännön järjestelysistä koirakot kuitenkin kartoittaisivat saman alueen lyhyellä aikavälillä, esimerkiksi tervasroson itiöntiajan lyhyden vuoksi. Koirakot työskentelisivät lyhyellä aikavälillä samalla alueella, jolloin alueella olisi myös ensimmäisen koirakon hajujäljet. Tämä voisi vaikuttaa toisen koirakon testitulokseen, vaikka käytännön kartoituksessa tämä ei välttämättä olisi ratkaisevaa. Tästä syystä tässä hankkeessa testialueet olivat jokaiselle koirakolle omat erilliset alueet, jolloin myös maastoon ja kohdelajien ja niiden hajujen ilmenemiseen liittyvää vaihtelua ilmenee alueiden välillä.

Kenttätestien havainnointilomakkeiden, GPS-seurantatietojen sekä ohjaajien oman työskentelystrategian perusteella kirjattiin koirille kartoitustapa ja -strategia. GPS-seurantatietojen hyödyntäminen yksinomaisesti reitti- tai kartoituskuvina ei kuitenkaan anna luotettavaa tietoa paikallisten ja satunnaisesti ilmenevien nettikatkosten vuoksi.

3. Tulokset

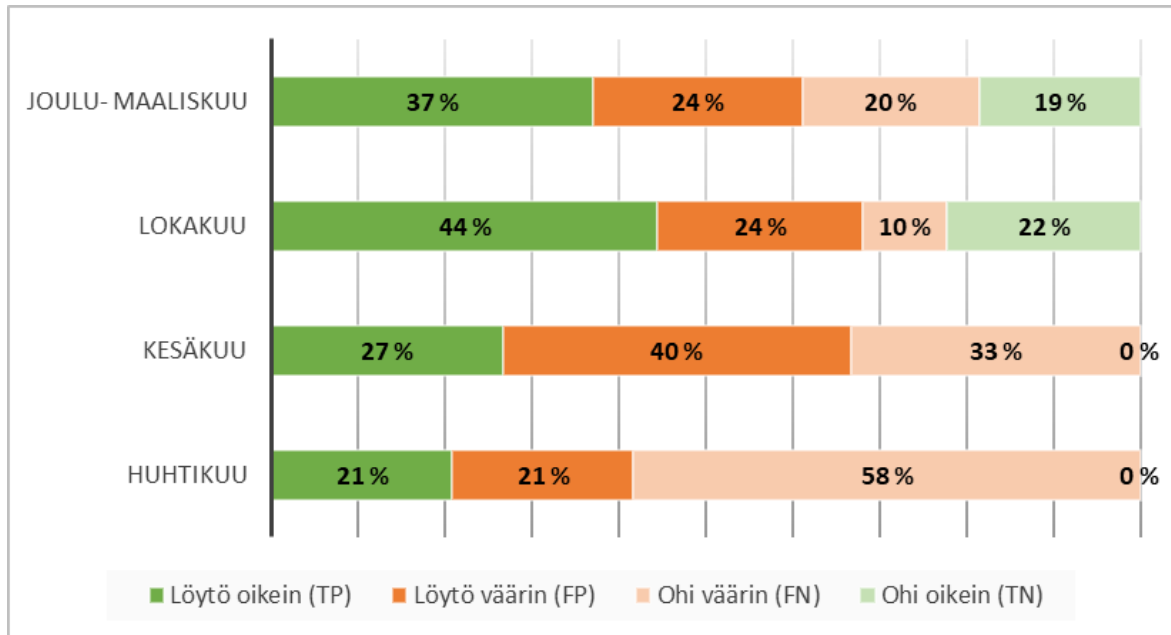
3.1. Hajuerotteluratojen tulokset

Koirien hajuerottelukykyä tasotestattiin vaiheittain neljä kertaa, joista viimeinen testi oli hajuerottelun lopputesti. Testeihin osallistui eri määrä koiria, sillä osa koirakoista ei suorittanut koulutusta loppuun. Kaikkiaan koirien kyky löytää oikeita kohdehajuja ja erotella niitä verrokkihajuista kasvoi huomattavasti testien edetessä, vaikka testit vaikeutuivat koko ajan laajuuden ja sisältöjen osalta. Kuvassa 10 on kuvattu osallistuneiden koirien tervasrosion hajuerotteluratojen testituloksia prosentuaalisesti testiin osallistuneiden koirien ratasuoritusten määrään suhteutettuna. Ensimmäisessä välitestissä huhtikuussa testiin osallistuneiden koirien yhteenlasketuista ratasuorituksista oli 11 % oikein. Kesäkuussa vastaava tunnistusprosentti oli 17 %. Lokakuussa tervasrosionäytteiden tunnistamisen onnistumisprosentti oli noussut 35 %:iin ratojen kokonaismäärästä. Joului- ja tammikuun aikana toteutetuissa lopputesteissä oikein tunnistettujen kohdehajujen ratamäärä oli 29 %. Uutena näytetyyppinä viimeisessä testissä oli vanha koro (CF).



Kuva 10. Tervasrosion hajuerotteluratojen testitulokset suhteutettuna kuhunkin testiin osallistuneiden koirien ja ratasuoritusten määrään.

Kuvassa 11 on kuvattu osallistuneiden koirien juurikäpähajuerotteluratojen testituloksia prosentuaalisesti testiin osallistuneiden koirien ratasuoritusten määrään suhteutettuna. Ensimmäisessä välitestissä huhtikuussa osallistuneiden koirien yhteenlasketuista kuusenuurikäävän tunnistamisen ratasuorituksista oli 21 % oikein. Kesäkuussa vastaava tunnistusprosentti oli 27 %. Lokakuussa kuusen- ja männynjuurikäpänäytteiden tunnistamisen onnistumisprosentti oli noussut 44 %:iin ratojen kokonaismäärästä. Joului- ja tammikuun aikana toteutetuissa lopputesteissä oikein tunnistettujen kuusen- ja männynjuurikäpänäytteiden ratamäärä oli 37 %. Uusina näytetyyppinä viimeisissä testeissä olivat tuore ja kylmäkuivattu kuusenuurikäävän itiöemäpala.



Kuva 11. Juurikääpien hajuerotteluradan testitulokset suhteutettuna kuhunkin testiin osallistuneiden koirien ja ratasuoritusten määrään.

Tervasrosan lopputestissä eri näytemuotojen erottelukykyä testattiin hajuerotteluradalla vuoden kestäneen koulutuksen jälkeen. Lopputesti koostui 60 radasta ja 240 näytteestä, joista tunnistettavia oli 45 kpl. Testiin osallistui 5 koiraa, joista kukin suoritti 12 rataa ja erotteli 48 näytettä. Taulukossa 5 on kuvattu koirien testitulokset. Koirat löysivät yhteensä 17 radalta tervasrosanäytteen oikein, kun taas tyhjiä ratoja oli 14 kpl suoritettu oikein. Radoista oikein suoritettiin kaikkiaan 52 %. Näytteitä ohitettiin yhteensä 17 kpl ja vääriä ilmaisuja tehtiin 12 radalle. Koirien herkkyys tunnistettaviin näytteisiin vaihteli 14 %–80 % (ka. 51 %). Tarkkuus vaihteli 29 %–100 % (ka. 60 %). Ilmaisujen täsmällisyys vaihteli 33 %–100 % (ka. 58 %). Koirien löytöjen virheettömyys vaihteli 33 %–75 % (ka. 52 %).

Vaikein tunnistettava näyte testissä oli männystä mäntyyn leviävän tervasrosomuodon itiöt, joista 20 % koirista tunnisti näytteet. Nuoret itiöivät korot sitä vastoin tunnistettiin erinomaisesti, kun männystä mäntyyn leviävän muodon osalta kaikki koirat tunnistivat näytteet oikein. Väli-isäntäkasvia vaihtavan muodon nuoret korot tunnistettiin 60 %:sti oikein.

Taulukko 5. Tervasrosan hajuerottelun lopputestin tulokset.

	TP	TN	FN	FP	Herkkyys TP/(TP+FN)	Tarkkuus TN/(FP+TN)	Täsmällisyys TP/(TP+FP)	Virheettömyys (TP+TN) / (TP+FP+TN+FN)
TR_D01	3	3	3	3	0,50	0,50	0,50	0,50
TR_D02	6	3	3	0	0,67	1,00	1,00	0,75
TR_D03	4	2	1	5	0,80	0,29	0,44	0,50
TR_D04	3	3	4	2	0,43	0,60	0,60	0,50
TR_D05	1	3	6	2	0,14	0,60	0,33	0,33
60 rataa yht.	17	14	17	12	Ka. 51 %	Ka. 60 %	Ka. 58 %	Ka. 52 %

Juurikäävän lopputestissä eri näytemuotojen erottelukykyä testattiin hajuerotteluradalla vuoden kestäneen koulutuksen jälkeen. Testi koostui 108 radasta ja 432 näytteestä, joista tunnistettavia oli 81 kpl. Koirat eivät olleet harjoitelleet ennalta testin kaikkia näytteitä, kuten männynjuurikäävän kolmea näytettä, joka on voinut vaikuttaa testin tulokseen.

Testiin osallistui 9 koiraa, joista kukin suoritti 12 rataa ja erotteli 48 näytettä. Taulukossa 6 on kuvattu koirien testitulokset. Koirat löysivät yhteensä 40 radalta juurikäpänäytteen oikein, kun taas tyhjät radat (20 kpl) suoritettiin oikein. Radoista oikein suoritettiin kaikkiaan 56 %. Näytteitä ohitettiin yhteensä 22 kpl ja vääriä ilmaisuja tehtiin 26 radalle. Koirien herkkyys ilmaista tunnistettavia näytteitä vaihteli 43 %–80 % (ka. 65 %). Tarkkuus vaihteli 14 %–100 % (ka. 50 %). Ilmaisujen täsmällisyys vaihteli 22 %–100 % (ka. 62 %). Koirien löytöjen virheettömyys vaihteli 33 %–83 % (ka. 56 %).

Taulukko 6. Kuusen- ja männynjuurikäävän hajuerottelun lopputestin tulokset.

	TP	TN	FN	FP	Herkkyys TP/(TP+FN)	Tarkkuus TN/(FP+TN)	Täsmällisyys TP/(TP+FP)	Virheettömyys (TP+TN) / (TP+FP+TN+FN)
JK_D21	6	3	2	1	0,75	0,75	0,86	0,75
JK_D22	4	1	1	6	0,80	0,14	0,40	0,42
JK_D23	6	2	2	2	0,75	0,50	0,75	0,67
JK_D24	5	2	2	3	0,71	0,40	0,63	0,58
JK_D25	7	3	2	0	0,78	1,00	1,00	0,83
JK_D26	3	2	4	3	0,43	0,40	0,50	0,42
JK_D27	3	3	4	2	0,43	0,60	0,60	0,50
JK_D28	4	2	4	2	0,50	0,50	0,67	0,50
JK_D29	2	2	1	7	0,67	0,22	0,22	0,33
108 rataa yht.	40	20	22	26	Ka. 65 %	Ka. 50 %	Ka. 62 %	Ka. 56 %

Taulukkoon 7 on koottu juurikäävän itiöemänäytteiden eri muotoja ja laskettu kuinka monta koiraa tunnisti näytteitä säilytystavasta riippumatta. Taulukossa on testin huonoiten tunnistetut näytteet, joita olivat kuusenjuurikäävän (HP) tuore ja kylmäkuivattu itiöemän palanen, jotka tunnisti radalta 22 % koirista. Parhaiten tunnistettu näyte oli puolestaan kuusenjuurikäävän (HP) pakastettu itiöemän palanen, jonka tunnisti 89 % koirista. Pakastettua itiöemää käytettiin pääasiassa käytetty harjoitteluissa näytteenä. Testin tulosten perusteella koirat eivät pidä eri tavalla säilytetyn ja käsitellyn itiöemän palasten hajukuvia samanlaisina.

Taulukko 7. Eri tavoin käsiteltyjen kuusenjuurikäävän (HP) itiöemäpalojen tunnistaminen hajuerotteluradalla.

	HP itiö- emäpala, pakaste	HP, itiö- emäpala, tuore	HP itiö- emäpala, kylmä- kuivattu	Tunnisti pakaste ja tuore	Tunnisti pakaste ja kylmäkuivattu	Tunnisti tuore ja kylmäkuivattu	Tunnisti kaikki kolme
JK_D21	oikein	ohi	oikein	-	1	-	-
JK_D22	oikein	väärin	väärin	-	-	-	-
JK_D23	oikein	ohi	oikein	-	1	-	-
JK_D24	oikein	väärin	väärin	-	-	-	-
JK_D25	oikein	oikein	ohi	1	-	-	-
JK_D26	oikein	ohi	väärin	-	-	-	-
JK_D27	oikein	väärin	väärin	-	-	-	-
JK_D28	ohi	oikein	ohi	-	-	-	-
JK_D29	oikein	väärin	väärin	-	-	-	-
Yht. oikein	8	2	2	1	2	0	0
Yht. väärin	0	4	5	-	-	-	-

Koirilla ei ollut ennen juurikäävän hajuerottelun lopputestiä käytetty harjoituksissa männynjuurikäpää. Testiradalle laitettiin 3 näytettä männynjuurikäävästä (HA): pakastetun itiöemän palasen tunnisti 4/9, rihmaston tunnisti 5/9 ja lahoppupalasen tunnisti 6/9 koirista. Vastaavasti kuusenjuurikäävän pakastetun itiöemän palan tunnisti 8/9, rihmaston tunnisti 5/9 ja lahoppuun tunnisti 4/9. Tällä haluttiin tarkastella koirien mielikuvaa kuusen- ja männynjuurikäpäntytteidien hajujen eroista. Useamman koiran tunnistessa molempia näytteitä voidaan todeta koirien pitäneen hajuja läheisinä keskenään. Taulukossa 8 on kuvattu testiratojen tulokset asettamalla taulukkoon vierekkäin kuusen- ja männynjuurikäävän näytetyypit.

Taulukko 8. Kuusenjuurikäävän (HP) ja männynjuurikäävän (HA) hajunäytteiden testitulosten vertailua näytetyyppien välillä.

	HP itiöemäpala, pakaste	HA itiöemäpala, pakaste	HP rihmasto, jääkaappi	HA rihmasto, jääkaappi	HP lahopuu- lastu, pakaste	HA lahopuu- lastu, pakaste	Tunnisti HA:n kun edellinen näyte radalla oli tunnistettu HP lahoksi oikein
JK_D21	oikein	oikein	oikein	oikein	väärin	ohi	
JK_D22	oikein	väärin	oikein	oikein	oikein	väärin	
JK_D23	oikein	oikein	väärin	oikein	ohi	oikein	
JK_D24	oikein	oikein	ohi	ohi	oikein	oikein	1
JK_D25	oikein	oikein	oikein	oikein	oikein	oikein	1
JK_D26	oikein	ohi	ohi	ohi	oikein	oikein	1
JK_D27	oikein	ohi	oikein	ohi	ohi	oikein	
JK_D28	ohi	väärin	oikein	ohi	ohi	oikein	
JK_D29	oikein	väärin	ohi	oikein	väärin	väärin	
Oikein yht.	8	4	5	5	4	6	3
Väärin yht.	0	3	1	0	2	2	

3.2. Kenttätestien tulokset

Koirien kenttätöskentelyn testaaminen toteutettiin sokkotestinä aidossa metsäympäristössä. Koirat olivat treenanneet ennen testiä yhden kokonaisen kesän maastoetsintää ja testi toteutettiin toisen maastoharjoittelukauden aikana.

Tervasroson männystä mäntyyn leviävän muodon kartoittamisen testiin osallistui 4 koira Pudasjärvellä. Koirille oli varattu testiin 900 m² kokoinen alue kartoitettavaksi 0–30 minuutin ajassa. Taulukossa 9 on kuvattu koirien tulokset Pudasjärven testauksesta. Koirat käyttivät testiin aikaa 20–30 minuuttia, johon sisältyvät koirakoiden tauot. Koirat löysivät erinomaisesti tervasrosotartuntoja alueilta, herkkyys oli kaikilla koirilla yli 88 % (ka. 95 %). Täsmällisyys oli yli 70 % kaikilla (keskiarvo 89 %) koirilla. Kaikkiaan koirat löysivät yhteensä 31 tartunnan saanutta puuta (TP), ja ohittivat puolen metrin säteellä vain 2 tartuntaa (FN), ja väärä löytöjä tuli 5 kpl (FP). Koirakot tunnistivat hyvin luotettavasti tervasrososon testissä.

Taulukko 9. Kenttätestin tulokset tervasrososon helmi-itiöinnin aikaan männyllä Pudasjärvellä.

	TP	FN	FP	Herkkyys TP/(TP+FN)	Täsmällisyys TP/(TP+FP)	Käytetty aika 0–30 min
TR_D02	7	1	3	0,88	0,70	30,0
TR_D03	4	0	0	1,00	1,00	25,0
TR_D04	8	0	0	1,00	1,00	20,0
TR_D05	12	1	2	0,92	0,86	25,0
Yht.	31	2	5	Ka. 95 %	Ka. 89 %	Ka. 25,0

Väli-isäntäkasvia vaihtavan tervasrosomuodon kenttätestaukseen osallistui kaksi koira Kolarissa. Koirille oli varattu testiin 900 m² kokoinen alue kartoitettavaksi 0–30 minuutin ajassa. Taulukossa 10 on kuvattu vanhojen tervasrosokorojen tunnistamiseen liittyneen kenttätestin tuloksia. Edellisen kenttätestaukseen erona oli tervasroson itiöinnin päätyminen. Koirien hauserottelutestissä vanhan koron näytteiden tunnistaminen ei ollut vahvaa puoli vuotta aikaisemmin. Tämä ei kuitenkaan näkynyt kenttätestissä, sillä koirien herkkyydet olivat 67 % ja 90 %, ja molemmilla koirilla täsmällisyys oli 100 %, joten koirat eivät tehneet yhtään virheilmaisua. Koirakot olivat siis hyvin luotettavasti tunnistaneet tervasrososa testissä.

Taulukko 10. Kenttätestin tulokset tervasroson vanhoilla koroilla Kolarissa.

	TP	FN	FP	Herkkyys TP/(TP+FN)	Täsmällisyys TP/(TP+FP)	Käytetty aika 0–30 min
TR_D02	9	1	0	0,90	1,00	27,0
TR_D03	2	1	0	0,67	1,00	17,0
Yht.	11	2	0	Ka. 78 %	Ka. 100 %	Ka. 22,0

Väli-isäntäkasvia vaihtavan tervasrosomuodon testaukset toteutettiin Kolarissa myös maitokoiden ja silmäruohojen kartoituksena 0,25m² kokoisista ruudukoista. Taulukossa 11 on kirjattu kahden testiin osallistuneen koiran tulokset. Kartoitusaikaa testissä oli varattu maksimissaan 15 minuuttia, mutta koirat olivat valmiita reilusti ennen maksimiajan päättymistä. Koe-ruudukot vaativat tarkkaa haistelua. Täsmällisyys oli 100 % molemmilla koirilla. Herkkyys oli koirilla yli puolet eli 67 % ja 50 %, joka on hyvä tulos. Kumpikaan koirista ei ilmaissut virheellisesti ruudukkoa, mutta koirat jättivät ilmaisematta tervasrososa sisältäneen ruudukon (FN). Toisella koirista oli tyhjä ruutu testissä ts. siinä ei esiintynyt tervasrososa, jonka koira jätti oikein ilmaisematta. Koirakot tunnistivat luotettavasti tervasrososa testissä.

Tunnistus onnistui hyvin väli-isäntäkasvia vaihtavan tervasroson maastokohteessa Kolarissa. Suoraan männystä mäntyyn leviävän tervasroson kohteella Pudasjärvellä koirat tunnistivat myös hyvin tervasroson tartuntakohdista oksissa ja rungolla. Tunnistus onnistui alle 0–1,5 m:n korkeudelle puun runkoa, johon koirat ylsivät kuonoineen. Myös tätä korkeammalla sijaitsevia tartuntoja koirat kuitenkin ilmaisivat. Koirat tunnistivat molemmat tervasrosomuodot puista yhtä tehokkaasti, joten sienimuodolla ei ollut eroa tunnistuksen onnistumisessa. Koirat tunnistivat tervasroson myös verrokinäytteiden joukosta luotettavasti.

Taulukko 11. Kenttätestin tulokset tervasrososta kasvikoeruuduilla Kolarissa.

	TP	TN	FN	FP	Herkkyys TP/(TP+FN)	Täsmällisyys TP/(TP+FP)	Käytetty aika 0–15 min
TR_D02	2	0	1	0	0,67	1,00	8,5
TR_D03	1	1	1	0	0,50	1,00	5,6
Yht.	3	1	2	0	Ka. 58 %	Ka. 100 %	Ka. 7,1

Männynjuurikäävän kartoittamista testattiin Läyliäisillä samalla alueella erilaisissa metsiköissä. Taimialueiden kartoitusten testaamiseen osallistui 7 koira. Kaikille oli varattu testiin 1 300–1 900 m² kokoinen alue kartoitettavaksi 0–30 minuutin ajassa. Taulukoissa 12 on kuvattu koirien tulokset testauksesta. Koirat käyttivät testiin aikaa 16–29 minuuttia, joka sisälsi

koirakoiden tauot. Koirat löysivät hyvin juurikäpää alueilta, sillä herkkyys oli 50 %–93 % (ka. 72 %). Täsmällisyys oli 67–100 % (ka. 84 %). Kaikkiaan koirat löysivät yhteensä 53 tartunnan saanutta puuta (TP), ja ohittivat puolen metrin säteellä 19 tartuntaa (FN). Vääriä löytöjä tuli yhteensä 12 kpl (FP).

Taulukko 12. Kenttätestin tulokset männynjuurikäävistä mäntytaimikossa Läyliäisillä.

	TP	FN	FP	Herkkyys TP/(TP+FN)	Täsmällisyys TP/(TP+FP)	Käytetty aika 0–30 min
JK_D22	13	1	4	0,93	0,76	20,0
JK_D23	10	4	2	0,71	0,83	29,0
JK_D24	5	4	4	0,56	0,83	23,0
JK_D25	4	4	0	0,50	1,00	16,0
JK_D26	6	1	3	0,86	0,67	22,0
JK_D27	8	3	0	0,73	1,00	27
JK_D29	7	2	2	0,78	0,78	22,0
Yht.	53	19	12	Ka. 72 %	Ka. 84 %	Ka. 22,7

Männynjuurikäävän kartoittamista testattiin Läyliäisillä myös varttuneemmassa metsässä. Näiden alueiden testaamiseen osallistui 3 koiraa. Kaikille oli varattu testiin 1500 m² kokoinen alue kartoitettavaksi 0–30 minuutin ajassa. Taulukossa 13 on kuvattu koirien tulokset testauksesta. Koirat käyttivät testiin aikaa 17,5–20 minuuttia, joka sisälsi koirakoiden tauot. Koirat löysivät erinomaisesti juurikäpää alueilta, sillä herkkyydet olivat 78 %, 91 % ja 95 % (ka. 88 %). Täsmällisyys oli 95 %, 100 % ja 100 % (ka. 97 %). Kaikkiaan koirat löysivät yhteensä 35 tartunnan saanutta puuta (TP), ja ohittivat puolen metrin säteellä vain 4 tartuntaa (FN). Vääriä löytöjä tuli 2 kpl (FP).

Maastotesti tehtiin männynjuurikäävän vaivaamassa männikössä, sillä kuusella juurikäpärtunnan varmistaminen on huomattavasti vaikeampaa kuin männyllä. Maastotestiin osallistuneista koirista (7 koiraa) kaksi koiraa tunnisti männynjuurikäävän taimikosta 50–60 %:sti ja viisi koiraa tunnisti 70–93 %:sti (herkkyys) kaikista potentiaalisista tartuntakohteista. Varttuneemmista männystä kolme testattua koiraa tunnisti männynjuurikäävän 78–95 %:sti alueen tartunnoista.

Taulukko 13. Kenttätestin tulokset männynjuurikäävistä varttuneessa männikössä Läyliäisillä.

	TP	FN	FP	Herkkyys TP/(TP+FN)	Täsmällisyys TP/(TP+FP)	Käytetty aika 0–30 min
JK_D22	18	1	2	0,95	0,90	17,5
JK_D23	10	1	0	0,91	1,00	20,0
JK_D29	7	2	0	0,78	1,00	20,0
Yht.	35	4	2	Ka. 88 %	Ka. 97 %	Ka. 20,0

3.3. Jatkuvan kasvatuksen koealueiden tulokset

Koirat eivät tunnistanee ja ilmaisee lahopuita tai -kantoja Tervolan jatkuvan kasvatuksen kuusikossa. Kyseisen tuloksen arvioitiin kuvaavan hyvin alueen juurikäpäisyyttä.

Jatkuvan kasvatuksen koealoilla Hirvaalla ja Tervolassa koirat harjoittelivat metsämaitikkakasvustoissa tervasrosoisten kasvien tunnistusta elokuussa 2022 ja 2023. Tervasrosion tunnistaminen onnistui paremmin Hirvaan koealalla, jossa tervasrosoa oli metsämaitikalla enemmän. Tervolan koealalla tervasrosion havaitsemista vaikeutti sen vähäisemmän esiintymisen lisäksi mahdollisesti rehevämpi aluskasvillisuus. Koiran on havaittava pienet tervasrosopesäkkeet runsaan taustahajun joukosta, mikä vaatii koiralta erittäin hyvää tarkkuutta, keskittymiskykyä ja sinnikkyyttä.

4. Tulosten tarkastelua

4.1. Juurikäpä

Juurikäpien osalta opetus tapahtui pääasiassa kuusenjuurikäävällä. Männynjuurikäpä kuului opetukseen vasta loppuvaiheessa, kun koirat olivat jo oppineet tunnistamaan kuusenjuurikäävän. Koirille ei ollut opetettu eri juurikäpäälajien ilmaisua erikseen, mutta tulokset osoittavat, etteivät koirat tehneet tunnistuksessa eroa kuusenjuurikäävän ja männynjuurikäävän välillä. Hankkeessa ei siis opetettu koirille eroa ja valintaa kuusenjuurikäävän ja männynjuurikäävän välillä, vaan havainnoitiin miten koirat tunnistavat luontaisesti lajit samaksi tai eri lajeiksi.

Hajutyöskentelyharjoittelu kuusenjuurikäävän maastokohteilla, joissa pystypuiden terveys oli varmistettu kairaamalla ja itiöemien esiintyvyys kartoitettu, osoitti, että seitsemän kahdeksasta koirasta oppi tunnistamaan kuusenjuurikäävän maastossa juurakoiden itiöemistä ja kantojen lahosta. Lahon tunnistus terveen näköisistä pystypuista, jotka sisälsivät lahoa, osoittautui selvästi vaikeammaksi. Koska pystypuiden lahoisuus tarkastettiin ainoastaan puiden tyveltä eikä juuristoja analysoitu, on mahdollista, että alkuvaiheessa olevia, juuristoon rajoittuneita tartuntoja jäi havaitsematta ja koiran oikea ilmaisu puun juurikäpäisyydestä on tulkittu virheellisesti vääräksi. Ruotsissa tehdyssä tutkimuksessa (Wysocka 2021), jossa juurikäpänäytteinä käytettiin kuusenjuurikäävän lahottamaa kuusta sekä siitä valmistettua vesiuutetta, lahoppuu osoittautui koirille uutetta vaikeammaksi tunnistettavaksi. Uutenäytteestä koirat ilmaisivat oikein (true positive) 73 % ja puunäytteistä 67 %. Ruotsalaistutkimuksen tulokset eivät kuitenkaan ole verrattavissa tämän tutkimuksen tuloksiin, sillä sekä käytetyt hajunäytteet että tutkimusasetelma olivat erilaiset. Ruotsalaistutkimus tehtiin vanhalla laidunmaalla, missä juurikäävän lahottamat puupalat (verrokkina terveet puupalat) oli haudattu noin 10 cm syvyyteen ja lahopaloista tehty vesiuute (verrokkina terveestä puusta tehty uute) ruiskutettiin maan pinnalle. Toisin kuin tässä tutkimuksessa koirien ei tarvinnut erottaa juurikäpälahoa muiden sienten aiheuttamasta lahosta eivätkä koirat toimineet luontaisessa ympäristössä - juurikäävän tartuttamassa metsässä.

Koirat, joilla oli ennalta hajuerottelutaitoja ja olivat aiemmin osallistuneet hajutyöskentelyyn, oppivat nopeimmin tunnistamaan tuhosienet hajuerotteluradalla. Tunnistustaito oli näillä koirilla korkea jo ensimmäisten tasotestausten jälkeen. Osalla koirista tunnistustaito parani koulutuksen edistyessä ja näilläkin koirilla tunnistustaito oli korkea koulutuksen päättyessä. Koirat oppivat tunnistamaan juurikäävät hyvin kontroleina toimineista lahottajista. Verrokkihajujen korkea määrä, maastotreenien rajattu käyttömahdollisuus kohdealueilla, hajujen leviämisen laajuus opetettavilla pistemäisillä kohteilla (itiöemät juurakoissa), lahojen erottamisen hankaluus lahottajasienten välillä sekä koulutuksessa käytettyjen näytteiden poikkeavuus luonnonnäytteistä viivästyttivät koirien oppimista. Ilmeni mm., että pakastetut itiöemänäytteet tuoksuvat erilaisilta verrattuna tuoreisiin näytteisiin. Tuoreiden ja eri tavoin kuivattujen itiöemänäytteiden hajukuvan välinen saman- tai erikaltaisuus vaatii lisätutkimusta.

Haasteellisinta juurikäpien tunnistamisessa oli ulospäin terveiden puiden lahoisuuden tunnistus luotettavasti. Osa lahoppuista tuli onnistuneesti tunnistettua, kun taas osa jäi tunnistamatta. Siten koirien tuhoutunnistus toimii parhaiten kaatuneista rungoista, juurakoista ja kannoista. Menetelmää voidaankin hyödyntää parhaiten kohteilla, joissa on tehty hakkuita ja kannot ovat näkyvillä, myrskytuhometsikoissa, joissa kaatuneita ja katkenneita puita esiintyy ja aloilla, joissa taudin oireita uskotaan esiintyvän pystypuissa. Näytteistä pakastetut

lahonäytteet tuoksuivat erilaisilta verrattuna tuoreisiin näytteisiin, mikä hidasti koirien hajuopimista. Juurikkääpien tunnistusta maastossa voidaan tehdä minä sulan maan aikana hyvänsä. Laho (puuta lahottava rihmasto) samoin kuin itiöemät ovat monivuotisia ja esiintyvät puissa ympäri vuoden. Sienen itiöinti on runsaimmillaan lahokohteissa syksyllä, joten se on parasta aikaa taudin havainnoinnille.

4.2. Tervasroso

Tervasrosojen osalta koirat tunnistivat hyvin sienen itiöistä, koroista, itiöemistä ja suurien kasvien lehdistä puhdasnäytteistä. Koulutukseen suoritti loppuun kuitenkin hyvin vähän koirakkoja, joten tulosten yleistäminen on hankalaa. Maastossa koirat oppivat erinomaisesti tunnistamaan tervasrosan itiöistä, itiöemällisistä oksista, tuoreista ja vanhoista koroista ja jopa latenteista tartunnoista oksista ja rungoilla, jolloin sieni esiintyy vasta rihmastona puussa. Koirien kykyä löytää tervasrosan tai muiden ruostesienten tartuntoja puista ei ole aiemmin selvitetty. Molempien tervasrosomuotojen itiöinti- ja latenssiaika männyissä voi olla hyvin pitkä (Kaitera 2000, 2003), joten koirien korkea eristeisten tartuntojen havaitsemiskyky on hyödyllistä taudin tunnistuksessa.

Koirat merkitsivät myös tervasrosan kohtuullisesti väli-isäntäkasveilta Kolarin kasvikoaloilla. Tunnistusta hidasti koirien aiempi opetus pystyvuilla, jolloin koirat eivät osanneet tehokkaasti etsiä sientä maanpinnan lähellä esiintyvistä kasveista. Tunnistusta vaikeutti myös tautisten lehtien pistemäisyys kasveissa, sillä sienen itiöpesäkkeet keskittyivät vain yksittäisiin lehtiin ja niissäkin pienialaisiin itiöpesäkealoihin. Sen sijaan pionikasvustoissa koirat tunnistivat erinomaisesti tervasrosan isoista lehdistä, joissa on laajoja pesäkealueita. Jättipalsamikasvustoissa koirat eivät merkinneet tautisia kasveja, mikä oli yhteneväinen silmävaraisten havaintojen kanssa. Jättipalsameilta ei löydetty itiöpesäkkeitä silmävaraisessa tarkastelussakaan. Vaikka jättipalsami on tartutuskokeissa ollut lievästi altis tervasrosolle (Kaitera ym. 2015), tautia ei ole löydetty kasvilta luonnossa. Siten koirien hajutulokset tukevat tätä havaintoa.

Menetelmä toimi hyvin maastossa molempien tervasrosomuotojen osalta, kun tunnistus tehdään pystyvuista. Koirat onnistuvat haistamaan jopa latentit tartunnat puista. Väli-isäntäkasvien osalta tunnistus on haasteellisempaa, sillä tunnistus on hankalaa kasveista, joilla on hyvin pieniä lehtiä kuten maitikoilta tai silmäruohoilta. Lisäksi lähellä maanpintaa ja aluskasvillisuuden joukossa olevien pesäkkeiden haistamista vaikeuttaa todennäköisesti suuri määrä häiriöhajuja, joiden joukosta koiran pitää osata erottaa pienet tervasrosopesäkkeet. Tämä vaatii koiran haistelutekniikan koulutusta hyvin pienten hajumäärien erotteluun. Puutarhakasveista suurilehtisillä ja korkeammilla pioneilla tunnistus sen sijaan onnistuu luotettavasti, joilla pesäkealueet ovat laajoja ja korkeammalla maanpinnasta. Näin ollen tunnistusta voidaan hyödyntää yksityisissä puutarhoissa ja kaupapuutarhoilla. Menetelmä soveltuu parhaiten taudin tunnistukseen puista alkukesästä kesäkuun puolivälistä heinäkuun puoliväliin sienen itiöinnin aikaan. Koska koirat voivat haistaa sienen myös latenttina puista, voidaan menetelmää käyttää tunnistukseen koko kasvukauden aikana. Tämä vaatii kuitenkin vielä lisätutkimusta. Kasveista tunnistus on mahdollista vain sienen kesä- ja talvi-itiöpesäkkeiden esiintymisen aikaan elo-syyskuussa.

4.3. Havainnot

4.3.1. Havainnot koulutuksesta

Pitkäkestoisesta koulutuksesta on kerätty osallistujien ja järjestäjien havainnot koulutuspäivien aikana sekä harjoittelukyselyiden kautta. Koulutukseen haki paljon ihmisiä, hakemuksia tuli vielä hakuajan jälkeenkin. Tämä osoittaa hajutyöskentelyyn liittyvien koulutusten kiinnostavuutta. Pitkä koulutusprosessi haastoi kuitenkin osallistumista. Suuresta alkukiinnostuksesta huolimatta keskeyttämisistä tuli useita koulutuksen aikana. Myös harjoituspäiväkirjojen kirjaaminen, harjoittelumäärät sekä kyselyihin vastaaminen väheni koulutusprosessin edetessä. Vapaamuotoisten haastatteluiden mukaan tähän vaikuttivat elämäntilanteiden äkilliset muutokset ja arjen kiireet, koiran ja oman ohjausosaamisen etenemisen haasteet sekä tulosten hyödyntämisen mahdollisuudet. Koiran pitkäaikaisessa koulutusprosessissa on panostettava lisää sitoutumiseen ja motivaatioon vaikuttaviin tekijöihin kuten voimavaroihin, pystyvyyteen, onnistumisen kokemuksiin ja lähtötasojen huomioimiseen koulutusten aikataulutuksessa.

Ammattitaitoiset kouluttajat ja asiantuntijat sekä koulutuksen verkosto oli korvaamatonta koulutuksissa. Lisää keskusteluapua, lähipäiviä ja treeniseuraa haluttiin useissa ohjaajien harjoittelukyselyyn vastauksissa koulutusprosessin eri vaiheissa. Perustaitojen treenaaminen nostettiin monessa palautteessa esille, jonka merkitys ja tärkeys oli usein huomattu koulutuksen edetessä. Koulutuksen aikatauluttamisessa tuleekin varata perustaitojen harjoitteluun reilusti aikaa ja varmistaa niiden taitojen osaaminen ennen maastoharjoittelua.

Hajuerottelutekniikan ja hajujen käsittelyn opettelu vei odotettua enemmän aikaa ja voimavaroja koulutuksessa. Tähän tulee koulutuksen aikatauluttamisessa varata enemmän aikaa. Varmennettuja harjoitteluympäristöjä kaivattiin ohjattuun ja omatoimiseen harjoitteluun koulutuksen aikana. Tällaisten laajojen varmennettujen kohteiden saaminen on haaste kaikissa niissä etsintäkohteissa, joissa halutaan hyödyntää koiraa aikaisen vaiheen kartoittamista, ennen kuin ihminen havaitsee tartunnan tai kun ihminen ei pysty havaitsemaan tartuntaa. Varmennettuja kohteita tarvitaan ensi sijassa koulutuksen maastoetsinnän alkuvaiheessa. Näiden osalta jatkossa yhteistyön lisäämistä eri toimijoiden ja organisaatioiden välille toivotaan.

Hajunäytteiden ja aitojen maastossa olevien näytteiden osalta havainnot syntyivät juurikäävän itiöemien osalta. Pakastettaessa ja näytettä leikatessa sen hajukuva muuttui. Koirat oppivat tunnistamaan molempia hajuja, mutta eivät yhdistäneet eri muotoja automaattisesti toisiinsa. Näytteiden säilymisen vuoksi itiöemiä kokeiltiin kuivata, kylmäkuivata sekä säilyttää jääkaapissa paloina ja kokonaisina. Jääkaapissa käyvät homehtuivat ajan kuluessa, kun taas kuivaaminen mahdollisti säilymisen ja tuki käytön helppoutta. Näytteiden kuivattamista kokeiltiin myös lahoppuulle, jossa se tuntui myös toimivan ja lisäävän käytettävyyttä. Lahoppuussa kuivan ja pakastetun puun eroja ei havaintojen mukaan tuntunut olevan, mutta kuivatetun itiöemän eroja tuoreeseen ei päästy laajemmin koulutuksessa testaamaan.

4.3.2. Havainnot koulutusmenetelmästä

Sekä juurikäävän että tervasrosan tunnistamisessa koirien ja ohjaajien vaihtelevat lähtötasot aiheuttivat oppimisen eritahtisuutta ja molemmille uuden oppimista. Treenimäärien suuri tarve yllätti myös osallistujat, mikä johti usean koirakon kohdalla koulutuksen lopettamiseen ennenaikaisesti.

Hajutyöskentelyn koulutusmenetelmä vaikuttaa olevan sovellettavissa metsätuhojen kartoittamiseen. Menetelmässä on huomioitava osallistujien (koirat sekä ohjaajat) eri lähtötasot, esimerkiksi mahdollisuudella tulla eri vaiheissa koulutukseen mukaan. Koulutuksen edetessä osa koiranohjaajista otti omia uusia koiria mukaan koulutukseen koulutuksen keskeyttäneiden koirakoiden tilalle. Hankkeessa saatujen kokemusten perusteella vaikuttaa siltä, että myöhemmin mukaan otettujen koirien koulutus etenee nopeammin kuin ensimmäisenä koulutukseen tulleen koiran, sillä ohjaajan kokemus hajuerottelun koulutustekniikasta, kohdehajuista ja niiden kouluttamisesta sekä maastoetsintäteknikoista on kehittynyt ensimmäisen koiran koulutuksen aikana. Koulutuksen perustoiminnot hajuerottelutaidoista, etsinnän alkeisiin etenevät yhtä matkaa tervasrosan ja juurikäävän osalta. Maastoharjoitteluun siirryttäessä erkanevat koulutusprosessit hieman etsittävien kohteiden, etsintäteknikoiden ja harjoitusympäristöjen osalta. Näytteet ja niiden saatavuus sekä käytännön maastoalojen merkitys on koulutuksessa merkittävä. Juurikäävän osalta myös mahdollisuus hyödyntää eri tavoin kuivattuja ja uutettuja (Wysocka 2021) näytteitä tarjoaa uusia mahdollisuuksia tutkia näytetyyppejä ja niiden soveltuvuutta ja hyödynnettävyyttä koulutuksessa.

4.3.3. Havaintoja testauksesta

Koirien kenttätöskentelyn testaaminen on haastavaa monesta muuttuvasta tekijästä johtuen. Kunkin koirakon omat, erilliset testialueet mahdollistivat autenttisen ympäristön testin toteuttamiseen, mutta haastavat tulosten vertailua koirien kesken, sillä alueiden tauti- ja puustotiheydet voivat vaihdella. Eri tekijöiden muutosvaikutuksia tulisi saada lisää selville, joita varten olisi tarpeellista tehdä lisää kenttätestejä erilaisissa ympäristöissä puuston tiheyden, kasvuvaiheen sekä tartuntojen esiintymisen osalta. Koirien etenemistä ei pystytty katkeilevien GPS signaalien vuoksi luotettavasti hyödyntämään, joten kartoituksen tehokkuutta (nopeus-laajuuskustannukset) olisi hyvä vielä testata. Lisäksi koirien testituloksia olisi hyvä verrata ihmisen tekemiin kartoitustuloksiin koirien tehokkuuden arvioimiseksi.

Kaikkiaan koirilla tehdyistä kenttätutkimuksista aidoissa ympäristöissä, ilman vietyjä näytteitä, on tutkittu melko vähän. Vertailutuloksia aikaisemmista tutkimuksista on tämän vuoksi haastavaa löytää. Esimerkiksi kuusenjuurikäävällä on Ruotsissa tehdyssä tutkimuksessa hajuerottelun koeasetelmana aiemmassa tutkimuksessa käytetty peltoon testialalle suihkutettua uutettua näytettä terveestä ja infektoituneesta puunäytteestä sekä asetettu terveitä ja infektoituneita puunäytepaloja testialaan kaivettuihin kuoppiin, jotka on peitetty maalla (Wysocka 2021). Koeasetelmien lisäksi tutkimusten raportointitavat, osallistuneet koiramäärät ja käytetyt näytteet vaihtelevat. Voitaneenkin todeta, että kenttätestaus aidossa ympäristössä aidoilla kohdelajin esiintymillä on harvemmin käytetty tapa ja näkökulma koirien testaamiseen hajutyöskentelyssä. Tämän lisäksi testauksia voi toteuttaa vietyjen näytteiden osalta, jotta erilaisen testitapojen eroja saataisiin entistä paremmin todennettua.

Koiran ohjaajien etsinnästä kirjaamia numeraalisia arvioita verratessa (ennen ja jälkeen testin) oli havaittavissa usean ohjaajan positiivisen suhtautumisen lisääntyminen. Lisäksi koirakkojen osaaminen ja etsinnän kohdentaminen puihin oli useilla testiin osallistuneilla koirilla lisääntynyt testikesän aikana ohjaajien ja muiden osallistuneiden mukaan. Tämä rohkaisee harjoittelun tuovan tuloksia.

4.3.4. Havaintoja työpajoista

Koirien koulutusmenetelmää on esitelty prosessin aikana eri intressiryhmille, kuten koirakouluttajille sekä metsäammattilaisille. Heidän kanssaan on käyty keskustelua tervasrosan ja juurikäävän kartoittamisen tarkkuuden tarpeista, hyödyntämiskohteista sekä palvelullistamisesta. Tervasrosan esiintymätietojen ilmoittaminen yksittäisten puiden osalta voisi olla metsäammattilaisten näkökulmasta tarpeellista esimerkiksi säästöpuiden tunnistamisessa. Pintakasvillisuuden osalta tietoa tervasrosan esiintymisestä voisi tarvita, jos alueella on tykkytuhoriski tai myrskypuita. Muilta osin riittää havainnointitarkkuudeksi yleinen tieto siitä, esiintyykö alueella tervasrosaa. Juurikäävän osalta esiintymätietojen ilmoittaminen riittää metsikkötasolla, mutta joissain tilanteissa - kuten tautipesäkkeitä uudistettaessa – täsmällisempi tieto lahopuiden sijainnista on tärkeä. Kartoituspalveluiden hintaa on vaikeaa arvioida, mutta hinnan määräytyminen hehtaariperustaisesti vaikuttaa helpoimmalta.

Metsäalan ammattilaiset näkivät juurikäävän ja tervasrosan kartoituspalvelulle tarpeita muun muassa seuraavissa tilanteissa

- Jos ei ole osaamista tai osaavaa henkilöstöä käytössä
- Jos epäilee, että metsässä voisi olla juurikääpä tai tervasrosaa
- Jos on ostamassa tai myymässä kiinteistöä
- Jos arvioi metsikön uudistamistarvetta/uudistamistapaa tai kasvatuksen jatkamista
- Jos tarvitsee tukea uudistuskohteen puulajin valintaa
- Jos suunnittelee hakkuita ja metsätöitä

Koirien käytössä havaittiin muutamia huomioita kuten onko koiran toiminta riittävän tarkkaa vai jopa tarkempaa kuin ihmisten. Koiran toivottiin voivan kattaa laajoja alueita aiheuttamatta vahinkoa. Tällaisen haluttiin jatkossa yleistyvän, mutta hinta, maksuvalmius ja koirien koulutus, koirakoiden sertifiointi sekä koirakoiden kontaktointi ja löydösten raportointitapa tulisi selvittää.

Koirakouluttajien kanssa keskusteltaessa useampi toimija näki tuhosienien kartoittamisen mielenkiintoisena ja yhteistyön toimijoiden väliselle koulutusten kehittämiseksi tärkeänä. Hajukoulutusten sertifiointille voitaisiin luoda yhteinen pohja, joka palvelisi jatkossa testaajia, kouluttajia, koulutettavia sekä ostajia. Eri kouluttajien yhteistyönä jaettiin myös tietoa menetelmistä ja koulutusvälineistä. Koulutusprosessin nähtiin olevan soveltuva metsätuhoisien tunnistamisen kouluttamiseen ja sovellettavissa mahdollisesti myös muiden hajujen koulutukseen.

5. Yhteenveto ja johtopäätökset

Menetelmä toimi hyvin sekä juurikääpien että tervasroson tunnistamisessa niin irtonäytteistä kuin maastokohteissa. Juurikääpien tunnistamisessa haasteellisimpia kohteita ovat terveennäköiset pystypuut, joista ei aina pystynyt varmuudella sanomaan, onko puu terve vai sairas. Menetelmä soveltuukin maastossa parhaiten kaatuneiden puiden ja juurakkojen sekä kantojen tunnistamiseen juurikäävistä. Toisaalta erityisesti männynjuurikäävällä sairastuneiden, mutta ulkoisesti terveen näköisten puiden tunnistamisessa on myös potentiaalia. Tämä kuitenkin vaatii näytteiden ottamista, mikäli varsinaista männynjuurikäävän itiöemän havainnointia ei saada kartoituksen aikana. Menetelmän avulla saadaan luotettavasti selvitettyä varsinkin hakkualojen kantojen ja puupinojen perusteella juurikäävän esiintyminen alueella. Sen avulla voidaan varmentaa sienen valtaama alue. Pystypuiden lahoisuuden arviointiin pitää sen sijaan suhtautua varauksella. Menetelmä sopii sekä kuusenuurikäävän että männynjuurikäävän tunnistamiseen, sillä koirat tunnistavat molempien sienten aiheuttaman lahon. Menetelmää voidaan siis käyttää juurikääpien aikaisen vaiheen tunnistamiseen metsikössä suhteellisen luotettavasti. Se soveltuu kaikenikäisiin ja -kokoisiiin puustoihin ympäri vuoden.

Tervasroson osalta menetelmä soveltuu hyvin itiöpesäkkeiden, korojen ja jopa latenttien tartuntojen tunnistamiseen männystä. Se soveltuu molempien tervasroson muotojen tunnistamiseen metsissä. Parhaiten tunnistus onnistuu nuorissa männiköissä, joissa tartuntaa esiintyy alle pari metriä maanpinnasta. Tällöin mahdollistuu koirien hajutyöskentely puiden tyviosassa. Menetelmä on käyttökelpoinen parhaiten alkukesästä kesäkuun puolivälistä heinäkuun puoliväliin, mutta sitä voidaan käyttää tunnistuksen koko kasvukauden ajan. Sen sijaan väli-isäntäkasvien tunnistus onnistuu parhaiten suurilehtisillä kasveilla kuten pioneilla. Tunnistus on hyvin luotettavaa. Sen sijaan pienillä puoliloiskasveilla kuten maitikoilla ja silmäruohoilla tunnistus on hankalaa lehtien pienestä koosta ja satunnaisuudesta johtuen. Tunnistus onnistuu myös vain elo-syyskuussa.

Menetelmän laaja-alainen käyttö vaatii yritystoiminnan käynnistämistä tuhosienten tunnistamisessa. Koirien koulutus ja hajujen harjoittelu vaatii jatkuvaa panostamista koirakoiden taitojen ylläpitoon ja näytteiden saatavuutta. Laajempaa koirien koulutusta tulisi myös lisätä. Referenssimateriaalin hankinnan ja tunnistamisen osalta pitää kehittää myös koirayritysten, koirakouluttajien ja tutkimusorganisaatioiden yhteistyötä koulutuksen ja hajutyöskentelyn turvaamiseksi. Toiminnan rahoitus tulee taata joko yksityisin varoin (maksullinen toiminta) tai julkisella rahoituksella (esim. MMM).

Kiitokset

Projektin maastotöihin osallistuivat Ari Kokko (Luke) ja Ari Rajala (Luke). Tuhosienten laboratorioanalyysiin ja kasvatusalustojen valmistukseen osallistuivat Timo Mikkonen (Luke) ja Tuija Hytönen (Luke). Koulutuksessa käytettävien välineiden puhdistuksessa sekä näytteiden jakamisessa avusti laborantti Sirkka Aakkonen (Arktinen keskus, Lapin yliopisto). Koulutukseen osallistuneet koirakot mahdollistivat tutkimusaineistojen keräämisen. Elisa Reunanen (Vainuvoima Oy) ja Anna Loimaranta (Vainuvoima Oy) mahdollistivat koirakoiden kouluttamisen. Hanke rahoitettiin Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen myöntämällä Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) ja valtion tuella [(A77327) Koirat metsätuhohojen tunnistamisessa – aikaisen havainnoinnin järjestelmä (Nose4Wood)] sekä Luken ja Lapin ammattikorkeakoulun tuella. Esitämme kaikille edellä mainituille parhaimmat kiitokset. Kiitokset myös asiantuntevalle hankkeen ohjausryhmälle mielenkiintoisista keskusteluista ja hyvistä neuvoista. Erityiskiitos hankkeen koulutusprosessiin osallistuneille vapaaehtoisille koirakoille, joiden panos oli korvaamaton.

Viitteet

- Bennett, E.M., Hauser, C.E. & Moore, J.L. 2020. Evaluating conservation dogs in the search for rare species. *Conservation Biology* 34.
- Carter, Z.T., McNaughton, E.J., Fea, M.P., Horner, I., Johnson, K., Killick, S., McLay, J., Shields, B., Stanley, M.C. & Glen, A.S. 2023. Evaluating scent detection dogs as a tool to detect pathogenic *Phytophthora* species. *Conservation Science and Practice*, e12997. <https://doi.org/10.1111/csp2.12997>
- Cooper, R., Wang, C. & Singh, N. 2014. Accuracy of trained canines for detecting bed bugs (*Hemiptera: Cimicidae*). *Journal of economic entomology* 107(6): 2171–2181.
- Coli, A., Stornelli, M.R. & Giannessi, E. 2016. The dog Vomeronasal organ: A review. *Dog Behavior* 1: 24–31.
- Garbelotto, M. & Gonthier, P. 2013. Biology, epidemiology, and control of *Heterobasidion* species worldwide. *Annual Review of Phytopathology* 51: 39–59.
- Greig, B.J.W. 1998. Field recognition and diagnosis of *Heterobasidion annosum*. Teoksessa: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R. & Hüttermann, A. (toim.). *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. p. 105–124. London: CAB International.
- Gustafsson, J. 2022. Dog-assisted flying squirrel inventories. Varsinais-Suomen ELY-keskus. Kausijulkaisu Turku. <https://www.doria.fi/handle/10024/185133?show=full>
- Hall, N.J., Glenn, K., Smith, D.W. & Wynne, D.C. 2015. Performance of Pugs, German Shepherds, and Greyhounds (*Canis lupus familiaris*) on an odor-discrimination task. *Journal of comparative psychology* 129(3): 237–246.
- Hantula, J., Ahtikoski, A., Honkaniemi, J., Huitu, O., Härkönen, M., Kaitera, J., Koivula, M., Korhonen, K.T., Lindén, A., Lintunen, J., Luoranen, J., Matala, J., Melin, M., Nikula, A., Peltoniemi, M., Piri, T., Räsänen, T., Sorsa, J.-A., Strandström, M., Uusivuori, J. & Ylioja, T. 2023. Metsätuhojen kokonaisvaltainen arviointi : METKOKA-hankkeen loppuraportti. Luonnonvara ja biotalouden tutkimus 46/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 140 s.
- Holdenrieder, O. & Greig, B.J.W. 1998. Biological methods of control. Teoksessa: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R. & Hüttermann, A. (toim.). *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. p. 235–258. London: CAB International.
- Hormila, I. & Romppainen, P. 2019. Tunnistusetsintäkoirat. Koiran kouluttaminen ihmisen ominaishajun tunnistamiseen ja etsintään. Arthouse, Helsinki.
- Jenkins, E.K., DeChant, M.T. & Perry, E.P. 2018. When the Nose Doesn't Know: Canine Olfactory Function Associated With Health, Management, and Potential Links to Microbiota. *Frontiers in veterinary science* 5: 56.
- Kaitera, J. 2000. Analysis of *Cronartium flaccidum* lesion development on pole-stage Scots pines. *Silva Fennica* 34(1): 21–27.

- Kaitera, J. 2003. Susceptibility and lesion development in Scots pine saplings infected with *Peridermium pini* in northern Finland. *Forest Pathology* 33: 353–362.
- Kaitera, J. & Nuorteva, H. 2008. Inoculations of eight *Pinus* species with *Cronartium* and *Peridermium* stem rusts. *Forest Ecology and Management* 255: 973–981.
- Kaitera, J., Nuorteva, H. & Hantula, J. 2005. Distribution and frequency of *Cronartium flaccidum* on *Melampyrum* spp. in Finland. *Canadian Journal of Forest Research* 35: 229–234.
- Kaitera, J., Aalto, T. & Jalkanen, R. 1994. Effect of resin-top disease caused by *Peridermium pini* on the volume and value of *Pinus sylvestris* saw timber and pulp wood. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9: 376–381.
- Kaitera, J., Hiltunen, R. & Hantula, J. 2015. *Cronartium* rust sporulation on hemiparasitic plants. *Plant Pathology* 64: 738–747. <https://doi.org/10.1111/ppa.12291>
- Kaitera, J., Hiltunen, R., Kauppila, T. & Hantula, J. 2017. Five plant families support natural sporulation of *Cronartium ribicola* and *C. flaccidum* in Finland. *European Journal of Plant Pathology* 149: 367–383.
- Kaitera, J., Piispanen, J. & Bergmann, U. 2021. Terpene and resin contents of Scots pine stem lesions colonized by a rust fungus *Cronartium pini*. *Forest Pathology* 51(4): 1–9.
- Kaitera, J. & Kokko, A. 2023. Vakava tervasrosoepidemia Pudasjärvellä 2022. Julkaisussa: Melin M. & Terhonen, E. (toim.). Metsätuhot vuonna 2022. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 48/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 34–37.
- Kaitera, J., Kokko, A. & Piri, T. 2023a. Ylikiimingissä tehtiin tähän mennessä pohjoisin tyvitervastautihavainto. Julkaisussa: Melin M, Terhonen E (toim.). Metsätuhot vuonna 2022. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 48/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 18–22.
- Kaitera, J., Huhta, E. & Mäkitalo, K. 2023b. Fruiting of *Cronartium pini* and *Coleosporium tussilaginis* f.sp. *melampyri* in Scots pine stands a year after continuous cover forestry and rotation forestry application treatments in northern Finland. *Baltic Forestry (tarkastajilla)*
- Kiddy, C.A. & Mitchell, D.S. 1981. Estrus-Related odors in Cows: Time of Occurrence. *Journal of dairy science* 64(2): 267–271. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(81\)82563-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(81)82563-5)
- Kim, M.-S., Hantula, J., Kaitera, J., Zambino, P.J., Woodward, S., Richardson, B.A., Stewart, J.E., Spaine, P., Shaw, D.C., Takeuchi, Y. & Klopfenstein, N.B. 2022. Recovery plan for Scots pine blister rust caused by *Cronartium pini*. *Plant Health Progress* 23(1): 105–130.
- König, H.E., Liebich, H.-G. 2009 *Veterinary anatomy of domestic mammals*. 4. p. Schattaeur, Stuttgart.
- Laine, L. 1976. The occurrence of *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. in woody plants in Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 93(3): 1–53.
- Metsähallitus. 2022. Tervasroso tappaa nuoria männiköitä. Tiedote 19.10.2022.

- Müller, M.M., Sievänen, R., Beuker, E., Meesenburg, H., Kuuskeri, J., Hamberg, L. & Korhonen, K. 2014. Predicting the activity of *Heterobasidion parviporum* on Norway spruce in warming climate from its respiration rate at different temperatures. *Forest Pathology* 44(4): 325–336.
- Müller, M.M., Hamberg, L., Kuuskeri, J., La Porta, N., Pavlov, I. & Korhonen, K. 2015. Respiration rate determinations suggest *Heterobasidion parviporum* subpopulations have potential to adapt to global warming. *Forest Pathology* 45(6): 515–524.
- Müller, M.M., Henttonen, H.M., Penttilä, R., Kulju, M., Helo, T. & Kaitera, J. 2018a. Distribution of *Heterobasidion* butt rot in northern Finland. *Forest Ecology and Management* 425: 85–91.
- Müller, M.M., Kaitera, J. & Henttonen, H.M. 2018b. Butt rot incidence in the northernmost distribution area of *Heterobasidion* in Finland. *Forest Ecology and Management* 425: 154–163.
- Piri, T. 1996. The spreading of the S type of *Heterobasidion annosum* from Norway spruce stumps to the subsequent tree stand. *European Journal of Forest Pathology* 26: 193–204.
- Piri, T. & Valkonen, S. 2013. Incidence and spread of *Heterobasidion* root rot in uneven-aged Norway spruce stands. *Canadian Journal of Forest Research* 43: 872–877.
- Piri, T., Korhonen, K. & Sairanen, A. 1990. Occurrence of *Heterobasidion annosum* in pure and mixed spruce stands in southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 5: 113–125.
- Piri, T., Selander, A., Hantula, J. & Kuitunen, P. 2019. Juurikäpätuhojen tunnistaminen ja torjunta. Suomen metsäkeskus. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2019091828606>
- Piri, T., Vainio, E.J., Nuorteva, H. & Hantula, J. 2021. High Seedling Mortality of Scots Pine Caused by *Heterobasidion annosum* s.s. *Forests* 12(9): 1289.
- Reunanen, E. 2021a. Etsintäkoiran motivaatio luento 13.12.2021, Nose4Wood-hanke, Vainuvoima Oy.
- Reunanen, E. 2021b. Koiran hajuasti -luento 20.12.2021. Nose4Wood-hanke, Vainuvoima Oy.
- Reunanen, E. 2022. Satunnainen vahvistaminen-luento 3.8.2022. Nose4Wood-hanke, Vainuvoima Oy.
- Reunanen, E. & Loimaranta, A. 2022a. Hajurata –opetusmateriaali. Nose4Wood-hanke, Vainuvoima Oy
- Reunanen, E. & Loimaranta A. 2022b. Etsinnän alkeet –opetusmateriaali. Nose4Wood-hanke, Vainuvoima Oy.
- Repo, T. 2015. Miten haju leviää ja tarttuu kiinni? Artikkel, Suomen Akatemia. <https://www.aka.fi/tietysti/kysy-tieteesta/miten-haju-leviaa-ja-tarttuu-kiinni/>

- Samils, B., Kaitera, J., Persson, T., Stenlid, J. & Barklund, P. 2021. Relationship and genetic structure among autoecious and heteroecious populations of *Cronartium pini* in northern Fennoscandia. *Fungal Ecology* 50: 101032
- Stenlid, J. & Wästerlund, I. 1986. Estimating the frequency of stem rot in *Picea abies* using an increment borer. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1(1–4): 303–308.
- Vošvrková, N., Johansson, A., Turčáni, M., Jakuš, R., Tyšer, D., Schlyter, F. & Modlinger, R. 2023. Dogs trained to recognise a bark beetle pheromone locate recently attacked spruces better than human experts. *Forest Ecology and Management* 528: 120626. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120626>.
- Wulff, S., Liendelow, A., Lundin, L., Hansson, P., Axelsson, A.-L., Barklund, P., Wijk, S. & Stahl, G. 2012. Adapting forest health assessments to changing perspectives on threats – a case example from Sweden. *Environmental Monitoring Assessment* 184: 2453–2464.
- Wysocka, N.K. 2021. Using sniffer dogs for non-invasive detection of *Heterobasidion* root rot from scent stimuli derived from Norway spruce trees. Master's Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, SLU Southern Swedish Forest Research Centre, Alnarp. 52 s.
- Yli-Kojola, H. & Nevalainen, S. 2006. Metsätuhojen esiintyminen Suomessa 1986–94. *Metsätieteen Aikakauskirja* 1: 97–180. <https://doi.org/10.14214/ma.5735>



**Löydät meidät
verkosta**

luke.fi

