

Luonto- ja luonnonhoitokohteiden automatisoitu tunnistaminen hakkuulaitteen sijaintitiedon avulla

Metsätehon tuloskalvosarja 9/2023

Ville Haavisto, Itä-Suomen yliopisto

Kirsi Rieki, Timo Melkas ja Jukka Malinen, Metsäteho Oy

Tiivistelmä

- Metsäteollisuudelta vaaditaan aiempaa enemmän toimenpiteitä, joilla edistetään luonnon monimuotoisuutta ja hillitään ilmastonmuutosta. Metsäluonnon monimuotoisuuden säilymisen todentaminen ja raportointi puunkorjuun yhteydessä mahdollistaa monimuotoisuuden kustannustehokkaan säilymisen seurannan.
- Hakkuulaitteen sijaintitiedot tarjoavat metsäalan toimijoille merkittävän potentiaalin luoda tarvittavia välineitä monimuotoisuuden todentamiseen. Esimerkiksi luontokohteiden säilymistä on mahdollista todentaa automaattisesti (Riekki ym. 2023).
- Työssä tutkittiin paikkatietoanalyysin avulla Metsätehon kehittämän, hakkuulaitteen sijaintitietoon perustuvan poistumakuviointimenetelmän (Riekki ja Malinen 2022a) tarkkuutta suhteessa maastossa kartoitettuihin luonto- ja luonnonhoitokohteisiin.
- Maastoaineistoa kerättiin 90 hakkuukuviolta, joilta kartoitettiin kaikkiaan 187 luonto- tms. kohdetta. Maastotöiden yhteydessä kerättiin lisäksi havaintoja tekijöistä, jotka olivat vaikuttaneet kartoitetun kohteen ja hakkuukuvion rajautumiseen.
- Tulokset osoittivat, että poistumakuviointimenetelmän tuottama hakkuukuvion rajaus ylitti maastoreferenssin keskimäärin yhdellä metrillä. Poistumakuvioiden ja vesistöjen välisten suojavyöhykkeiden leveydet olivat laskennallisesti todennettavissa keskimäärin noin 1–2 metrin tarkkuudella.
- Hakkuulla käsittelemättömille luonto- tms. kohteille muodostui vastineita poistumakuvioihin, kun kohteen pinta-ala ylitti 200 m². Kohteen pinta-alan ylittäessä 600 m² vastineet muodostuivat erittäin todennäköisesti.
- Tulosten perusteella poistumakuviot ovat käyttökelpoisia luontokohteiden säilymisen automaattiseen todentamiseen.
- Menetelmän tuottamat tulokset paranevat tulevaisuudessa mm. hakkuukoneen ja -laitteen sijaintitiedon tarkentumisen myötä. Myös poimintahakattujen runkojen tunnistaminen mm. vesistöjen suojavyöhykkeiltä ja säästöpuuryhmistä edesauttaa luontokohteiden säilymisen automaattista todentamisen luotettavuutta ja käyttökelpoisuutta.



Summary: Automated identification of nature- and nature management sites using the position information of the harvester head

- The forest industry is being called upon to take more measures to promote biodiversity and mitigate climate change. Automated measurement and reporting of forest biodiversity based on harvester data will enable cost-effective verification of biodiversity in harvesting operations.
- Harvester head position data offer significant potential for forest actors to create the necessary tools for automated verification of biodiversity. For example, the conservation of nature objects, such as important habitats, can be verified automatically (Riekki et al. 2023).
- Metsäteho has developed a method to delineate removal stands based on harvester head positions (Riekki and Malinen 2022a). The method provides the most detailed information based on current harvester-recorded data on stand boundaries and e.g. non-harvested areas within stands.
- In this study, spatial data analysis was used to investigate the accuracy of removal stands with respect to nature and nature treatment objects mapped in the field.
- In the field survey, reference data were recorded from 90 stands, which had nature or nature treatment objects within or adjacent to the stands. A total of 187 nature objects were measured. During the field work, observations of the factors that had contributed the delineation of the harvested area near the nature objects were collected.
- The results of the study showed that the boundaries of the removal stands exceeded the field references by an average of one metre. Around water bodies, streams and other areas of high biodiversity, a 10 m wide untreated protection zone was generally observed as a clearly distinguishable separate element at the area. The widths of the riparian zones were computationally verifiable at accuracy of 1–2 metres in average.
- The non-harvested areas within removal stands were observed when the area of the field recorded object exceeded 200 m². When that area exceeded 600 m², the non-harvested area was formed to the removal stands with very high probability.
- The results indicate that the overall accuracy of the removal stand method is applicable for automated verification of nature objects.
- In the future, the more precise information on the position of the harvester head will increase the accuracy of the removal stands. The automated verification of nature objects can also be improved with additional information on the trunks extracted from the riparian zones and certain areas, such as retention tree groups. Thus there is potential to further increase the reliability and usefulness of the automated verification of nature objects.



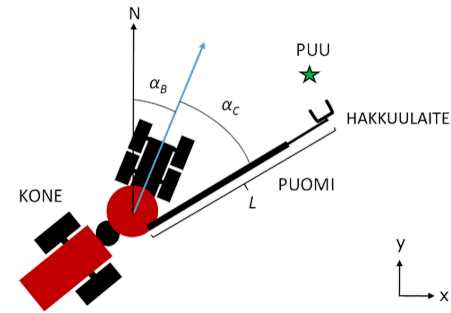
Luonto- ja luonnonhoitokohteet

- Luonto- ja luonnonhoitokohteet ovat tärkeä elementti luonnon monimuotoisuuden turvaamisessa ja edistämisessä. Kohteiden avulla edistetään myös metsässä elävien uhanalaisten lajien elinympäristöjen kehittymistä.
 - Suomen metsätalousmaan pinta-alasta on lähes joka viides hehtaari suojeltu metsätaloustalouden ulkopuolelle (18,2 %, 4,78 milj. ha, Luonnonvarakeskus 2022).
 - Suojellut alueet ja kohteet tulee huomioida kaikissa metsätalouden toimenpiteissä.
- Metsälaki ja metsien sertifiointi säätelevät ja ohjaavat talousmetsien hoitoa ja käyttöä käytännön tasolla
 - Metsälain 10. §:ssä on määritelty erityisen tärkeitä elinympäristöjä (ns. mete-kohteita), joiden ominaispiirteiden säilyminen tulee metsissä suoritettavien toimenpiteiden yhteydessä turvata (Metsälaki).
 - Metsäsertifiointin avulla ylläpidetään ja parannetaan metsien monimuotoisuutta ja talousmetsien luonnonhoitoa metsälain edellyttämää tasoa korkeammalle.
 - Käytössä olevien sertifiointijärjestelmien (PEFC ja FSC) sertifiointikriteerit edellyttävät suojavyöhykkeiden jättämistä vesistöjen ja muiden arvokkaiden elinympäristöjen reunoille sekä säästöpuiden jättämistä kaikille hakkuukuviolle.
- Suojavyöhykkeiden ja säästöpuiden jättäminen on merkittävä osa talousmetsien luonnonhoitoa. Suojavyöhykkeillä turvataan elinympäristön ekologisia ominaispiirteitä, monimuotoisuutta ja maisemallisia arvoja (Finér ym. 2009).

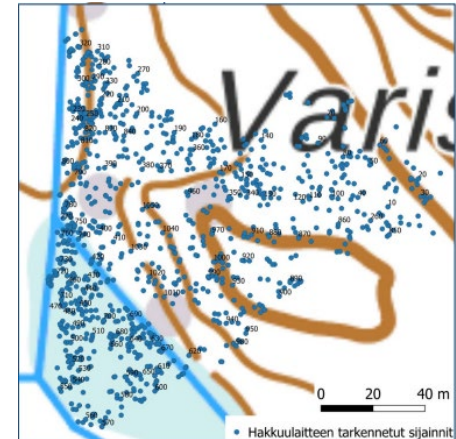


Käsittelyalueen rajaaminen hakkuukonetiedosta

- Hakkuukoneet tallentavat hpr-tiedostoihin StanForD-standardin (Skogforsk 2023) mukaista hakkuukoneen sijaintitietoa globaalin satelliittipaikannusjärjestelmän (GNSS) avulla.
- Komatsun hakkuukoneet voivat tallentaa nykyisin myös hakkuulaitteen sijaintitietoa, eli koneen ja puomin kompassisuunnat sekä puomin keskipituuden.
- Metsäteho on kehittänyt hakkuukonetietoihin perustuvia kuviointimenetelmiä: hakkuukonekuvioinnin ja poistumakuvioinnin.
- Hakkuukonekuviointimenetelmä tuottaa hakkuukoneen sijaintitiedosta korjuulohkon aluerajauksen; hakkuukonekuvion (Melkas ym. 2020).
 - Hakkuukonekuvioita käytetään Suomen metsäkeskuksen KAATO-palvelun kautta metsävaratietojen ajantasaistukseen.
- Poistumakuvioinnissa käsittelyalueen rajaaminen muodostetaan ns. poistumapuukartan avulla. Poistumapuukartta tuotetaan hakkuulaitteen sijainneista laskennallisesti tarkentamalla ja se edustaa kohteelta hakattujen runkojen sijainteja. (Rieki ja Malinen 2022a)
 - Poistumapuukartan runkokohtaiseksi tarkkuudeksi on saavutettu keskimäärin 4 m ja hyvissä olosuhteissa alle 3 m (Taipale ym. 2022).
 - Tarkkuuteen vaikuttavat mm. mäkien ja puuston muodostamat katveet ja saatavilla olevien satelliittien lukumäärä.
- Poistumakuviot rajautuvat hakkuukonekuvioita tarkemmin mm. luontokohteisiin nähden.



Hakkuutilanteen geometria Komatsun hakkuukoneella. Kuvassa :
 α_B = koneen etuakselin kompassisuunta,
 α_C = puomin kulma suhteessa koneen suuntaan ja
 L = puomin pituus.
Oletetaan, että puomin kiinnityskohta ja GNSS-vastaanottimen sijainti ovat samat.

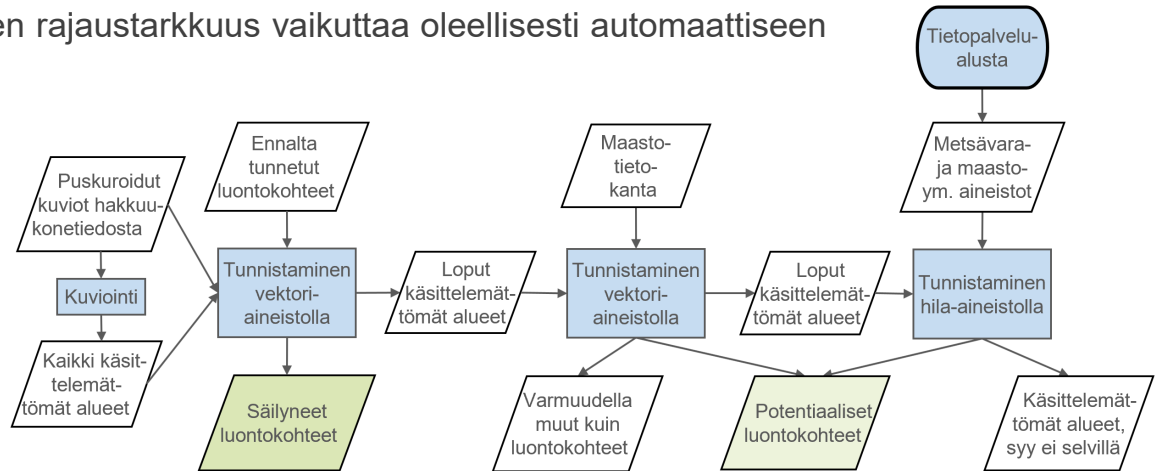


Poistumapuukartta.
Peruskartta © Maanmittauslaitos.

Luontokohteiden säilymisen todentaminen

- Tunnettujen luontokohteiden säilyminen puunkorjuulla voidaan todentaa hakkuukonetiedon sekä avoimien metsä-, luonto- ja maastotietoaineistojen avulla (Mustola ym. 2021).
 - Samalla voidaan tunnistaa potentiaalisia luontokohteita, kuten säästöpuuryhmiä, jotka on jätetty käsittelemättä.
- Todentaminen voidaan automatisoida mm. puunkorjuun laadun raportointia varten (Rieki ym. 2023).
- Käsittelykuvioiden ja luontokohteiden rajaustarkkuus vaikuttaa oleellisesti automaattiseen todentamiseen.

Luontokohteiden automaattisen todentamisen prosessikaavio

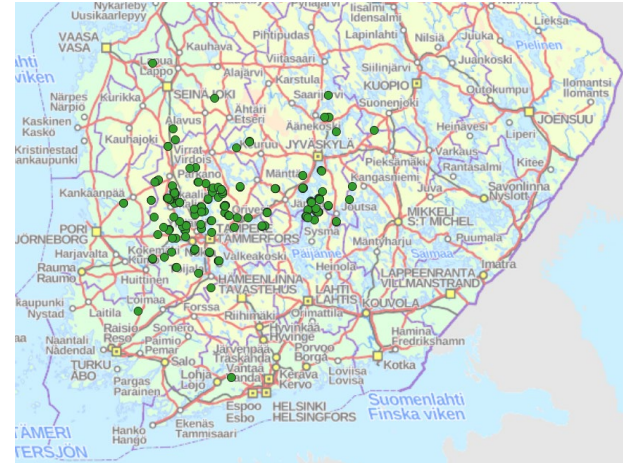


Tutkimuksen tavoitteet

- Työn tavoitteena oli selvittää hakkuulaitteen sijainneista tuotettujen poistumakuvioiden rajautumisen tarkkuutta ensisijaisesti luontokohteisiin ja vesistöihin nähden.
- Työssä selvitettiin myös hakkuukohteilla sijaitsevien säästöpuuryhmien ja muiden hakkuun ulkopuolisten aluerajausten vastaavuutta poistumakuviolle muodostuneisiin käsittelemättömiin alueisiin.
- Tämä tuloskalvosarja perustuu Ville Haaviston pro gradu -tutkielmaan ”Luonto- ja luonnonhoitokohteiden automatisoitu tunnistaminen hakkuulaitteen sijaintitiedon avulla” (Haavisto 2023) ja tiivistää sen keskeisimmät tulokset.

Hakkuukoneaineisto

- Aineisto sisälsi 220 Metsätehon osakasyritysten hakkuukohdetta, jotka oli hakattu vuosien 2018–2021 aikana yhteensä 58 Komatsu hakkuukoneella.
 - Aineistoa oli Pirkanmaalta, Keski-Suomesta ja Satakunnan itäosista.
 - Hakkuukonetiedosta tuotettiin hakkuukone- ja poistumakuviot.
 - Lisäksi poistumakuvioidin muodostuneet käsittelemättömät alueet erotettiin omaksi aineistokseen.
- Hakkuukohteiden valinnassa käytettiin luontokohteiden todentamismenetelmää (Rieki ym. 2023), jonka avulla selvitettiin niiden rajautumista luontokohteisiin.
 - Säästöpuuryhmät todennettiin visuaalisesti Maanmittauslaitoksen ilmapäältä.
- Hakkuukohteet jaettiin kahteen ryhmään; ensisijaisiin ja toissijaisiin.
 - Ensisijaiset hakkuukuviot (n = 69) rajautuivat luontokohteeseen tai vesistöön tai niillä oli ennakkoon tunnistettuja säästöpuuryhmiä.
 - Toissijaisilla kohteilla (n = 151) oli ennalta tunnistettuja potentiaalisia luontokohteita tai muita käsittelemättömiä alueita.



Tutkimuksen aineiston maantieteellinen sijoittuminen. Peruskartta © Maanmittauslaitos.

Referenssiaineisto

- Referenssikohteita maastokartoitettiin 90 hakkuukuviolta tai niiden välittömästä läheisyydestä yhteensä 187 kpl.
 - Ensisijaisia hakkuukuviota kartoitettiin 68 kpl ja toissijaisia 22 kpl.
 - Maastotyöt tehtiin kesän 2022 aikana.
- Maastossa sijaintitietoa tallennettiin
 - Viivoina: hakkuukuvioiden reunoja niiltä osin kuin ne rajautuivat hakkuualueen ulkopuolisiin luontokohteisiin ja vesistöjen suojavyöhykkeisiin.
 - Alueina: hakkuualueen sisäpuolisia, mutta käsittelyn ulkopuolelle rajattuja kohteita, mm. luontokohteet, säästöpuuryhmät ja eri kehitysluokan pienet kuviot.
 - Pisteinä: yksittäisten puiden kantoja suojavyöhykkeellä, säästöpuuryhmässä tai luontokohteella.
- Viiva- ja aluemuotoista sijaintitietoa kartoitettiin hakkuualueen reunimmaisen kannon ja käsittelemättömän alueen reunimmaisen pystypuun välistä linjaa pitkin.
- Laadullisia havaintoja hakkuukohteista kerättiin erilliselle lomakkeelle.
- Laitteistona oli Trimble R12i -GNSS-vastaanotin ja Trimble T100 -maastotietokone.
 - Mittausten aikana paikannuslaitteiston nimellistarkkuus oli 3–5 cm ja satelliitteja käytössä keskimäärin 22 kpl.



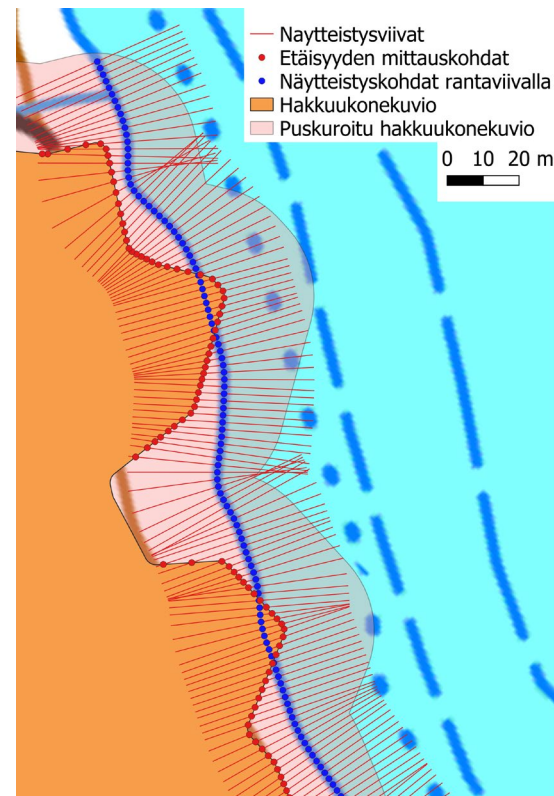
Aineistojen käsittely

- Aineistot jaettiin tarkastelua ja analysointia varten viiteen eri osioon:
 1. poistumakuvioiden rajautuminen viereisiin luonto- sekä muihin kohteisiin,
 2. vakavesien suojavyöhykkeet (poistumakuviot vs. vakavedet, referenssit vs. vakavedet ja poistumakuviot vs. referenssit),
 3. virtavesien suojavyöhykkeet,
 4. käsittelemättömien alueiden ja referenssien vastaavuus ja
 5. kohdan 4. erikoistapauksena käsittelemättömät alueet, joilla on maastossa kartoitettu säästöpuuryhmä.
- Aluemuotoisten referenssi- ja hakkuukoneaineistojen kohteiden vastinparit yhdistettiin.
 - Vastaavuuden edellytyksenä oli, että maastoreferenssille ja käsittelemättömälle alueelle muodostui yhteistä leikkauspinta-alaa.
- Osa-aineistoille tuotettiin rajautumistarkkuutta kuvaavat tunnusluvut Python-kielisinä paikkatietoprosessoineina QGIS-ohjelmassa.
 - Analyysimenetelmät on kuvattu dioilla 11 ja 12.



Paikkatietoanalyysi: suojavyöhykkeet ja viivamaiset kohteet

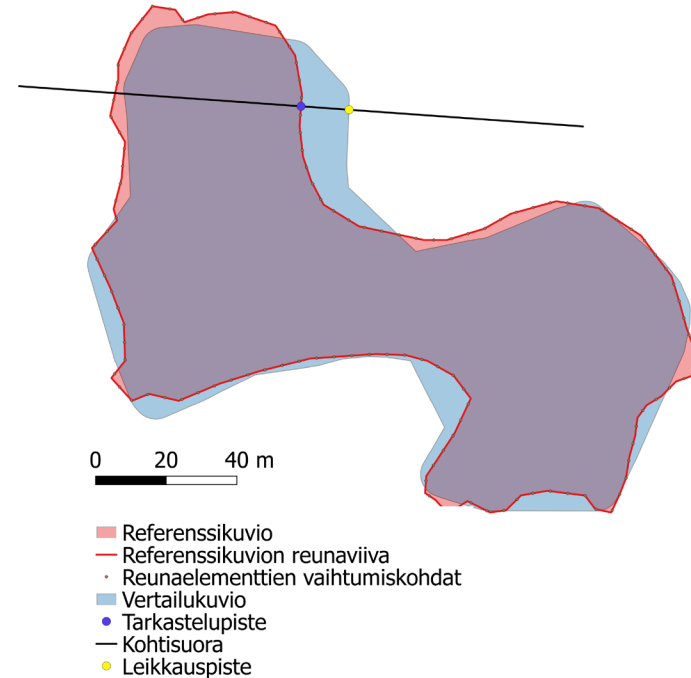
- Poistumakuvioiden ja vesistöjen väliset suojavyöhykkeiden leveydet määritettiin Riekin ja Malisen (2022b) kehittämällä laskentatyökalulla.
- Työkalun avulla oli mahdollista analysoida myös muiden viiva- ja aluemuotoisten kohteiden, kuten poistumakuvioiden, maastoreferenssien ja vesistöjen keskinäisiä etäisyyksiä.
- Kaikille aineistopareille laskettiin viivojen pituudet ja aineistojen välisen etäisyyden tilastolliset tunnusluvut.
 - Tilastollisiin tunnuksiin kuuluivat etäisyyden keskiarvo, keskihajonta, minimi, maksimi ja etäisyyshavaintojen lukumäärä.
 - Kohteiden välisten etäisyyksien katkaisuarvo oli 25 m ja havaintopisteiden väli 2 m.
- Vesistötiedot saatiin Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta (Maanmittauslaitos 2022).
 - Vakavesiä ovat meri, järvi, lampi ja tekojärvi, joiden vähimmäiskoko on 1000 m².
 - Virtavesiin kuuluvat joet, purot ja norot. Virtavesien sijaintitarkkuus maastotietokannassa on joko 5 m tai 12,5 m.



Suojavyöhykkeen leveyden määrittäminen.
Peruskartta © Maanmittauslaitos. 11

Paikkatietoanalyysi: alueiden vertailu

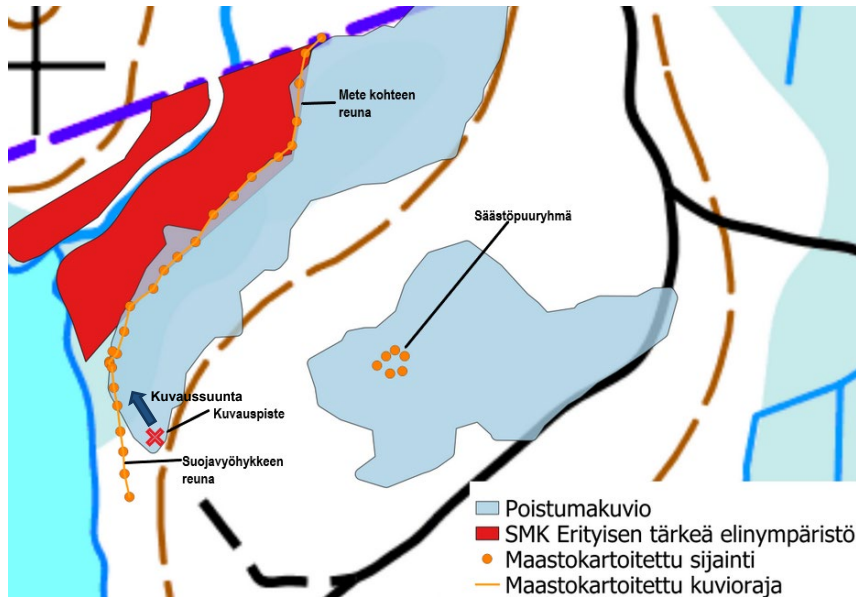
- Aluemuotoisten maastoreferenssien ja niitä vastaavien, poistumakuvioiden käsittelemättömien alueiden ominaisuuksia tutkittiin vertailutyökalun avulla (Melkas ym. 2020, liite G).
- Vastinpareille määritettiin maastoreferenssin sekä käsittelemättömän alueen pinta-ala ja piiri, pinta-alojen suhdeluku ja alueiden leikkauspinta-ala.
 - Näiden lisäksi laskettiin reunojen välisten etäisyshavaintojen keskiarvo, mediaani, keskihajonta, keskineliövirheen neliöjuuri ja havaintojen lukumäärä.
- Dioilla 13–23 esitetään tutkimuksen keskeiset tulokset ja havainnollistetaan niitä esimerkeillä.



Aluerajausten vertailutyökalun periaate.

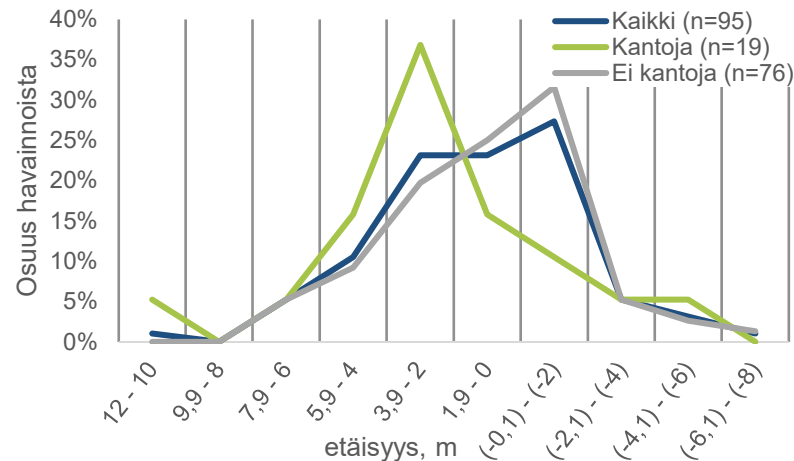
Esimerkki 1. Poistumakuvioiden rajautuminen

- Tutkittiin poistumakuvioiden ja mm. kuvion ulkopuolisten luontokohteiden välistä rajautumista, painottuen päätehakkuille.
 - Esimerkkikuvan poistumakuvioiden rajautuu vesistön suojavyöhykkeeseen ja luontokohteeseen.



Tulokset 1. Poistumakuvion rajautuminen

- Poistumakuvioden reunat sijaitsivat maastoreferensseihin nähden säännönmukaisesti samansuuntaisesti ja ylittivät maastoreferenssit keskimäärin noin yhdellä metrillä.
- Poimintahakkuut poistumakuvioden ulkopuolelta siirsivät merkittävästi kuvioden reunoja verrattuna maastoreferensseihin.
 - Poistumakuvioden reunan ylitys oli keskimäärin noin 2,5 m tai 1,0 m riippuen siitä, oliko kuvion ulkopuolelta poimintahakattu vai ei.
- Luontokohteiden reunat oli merkitty maastoon kuitunauhoin.



Poimintahakkuun vaikutus poistumakuvion reunan etäisyyteen referenssistä 2 m luokkavälein.

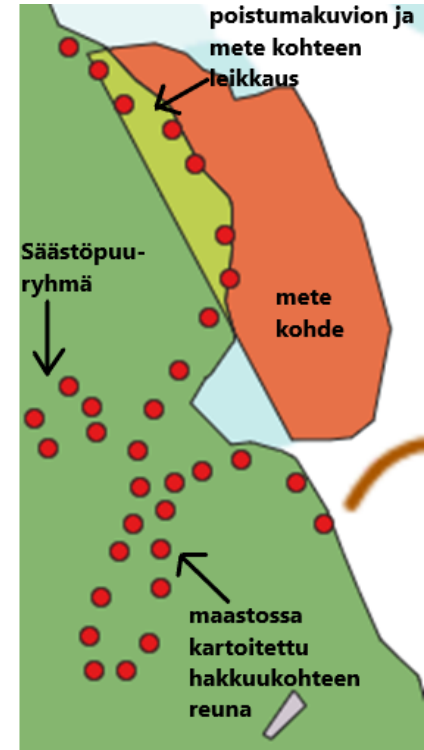
Poistumakuvion ja referenssien välisten etäisyshavaintojen tilastolliset tunnuksset.

Reunan tyyppi	Keskiarvo, m	Keskihajonta, m	Etäisyshavaintoja keskimäärin, kpl
Luontokohte (n=59)	-1,09	3,20	69
Suojavyöhyke (n=22)	-1,79	2,68	51
Leimikon reuna (n=7)	-0,91	3,91	139
Muu alue (n=7)	-2,30	2,75	49
Kaikki reunat (n=95)	-1,34	3,09	68
Ei kantoja (n=76)	-1,05	3,29	62
Kantoja (n=19)	-2,45	3,04	70



Tulokset 1. Poistumakuvioiden rajautumiseen vaikuttavia tekijöitä

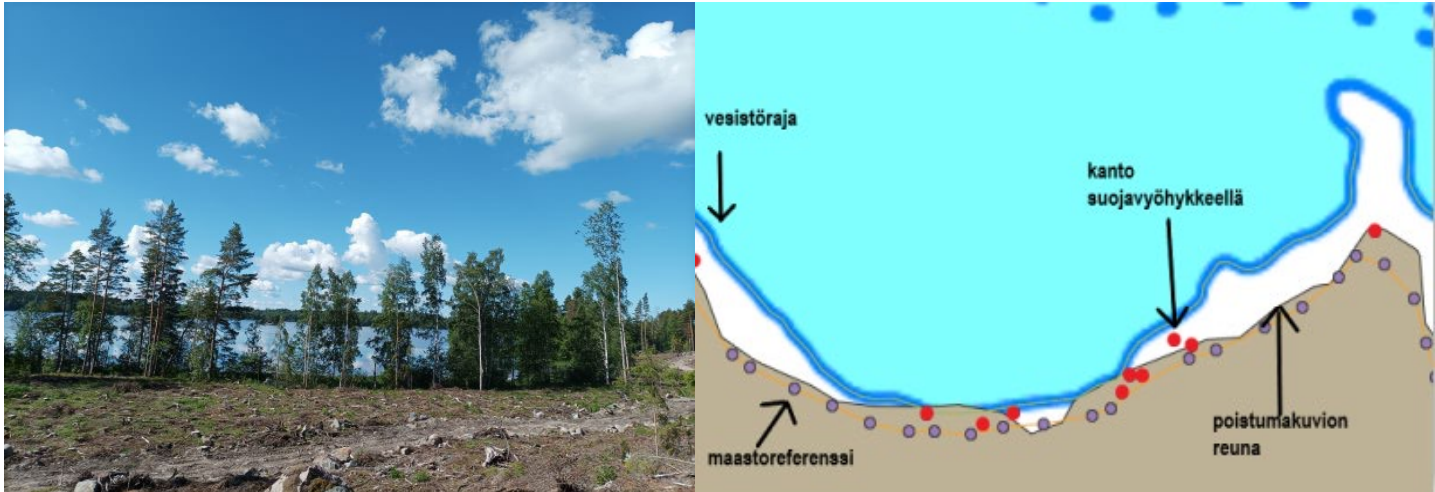
- Tässä tutkimuksessa poistumakuvioiden rajautumisen tarkkuuteen vaikuttivat eniten:
 - Hakkuualueen ulkopuolelta poimintahakatut rungot.
 - Kuvion reunan pienipiirteinen muoto yhdistettynä kuviointimenetelmän yksityiskohtiin.
 - Esimerkiksi kiilamaisten reunojen tuottaminen kuvioinnissa todenmukaisesti on haastavaa.
 - Hakkuukoneen sijaintitiedon laatu.
- Rajautumisepätarkkuuksista johtuvaa tulosten virhemarginaalia voidaan kuitenkin pitää kohtuullisena.



Maastossa kartoitettu pienipiirteinen kuvion reuna poistumakuviolla. Peruskartta © Maanmittauslaitos.

Esimerkki 2. Vakaveden suojavyöhyke

- Tarkasteltiin poistumakuvion reunan ja sen maastoreferenssin etäisyyttä vesistöstä. Myös poistumakuvion ja maastoreferenssin keskinäiset etäisyydet määritettiin.
- Esimerkitapauksessa suojavyöhykkeeltä poimintahakatut rungot siirtävät poistumakuvion reunaa suojavyöhykkeelle. Tällöin laskennallinen suojavyöhykkeen leveys kapenee.

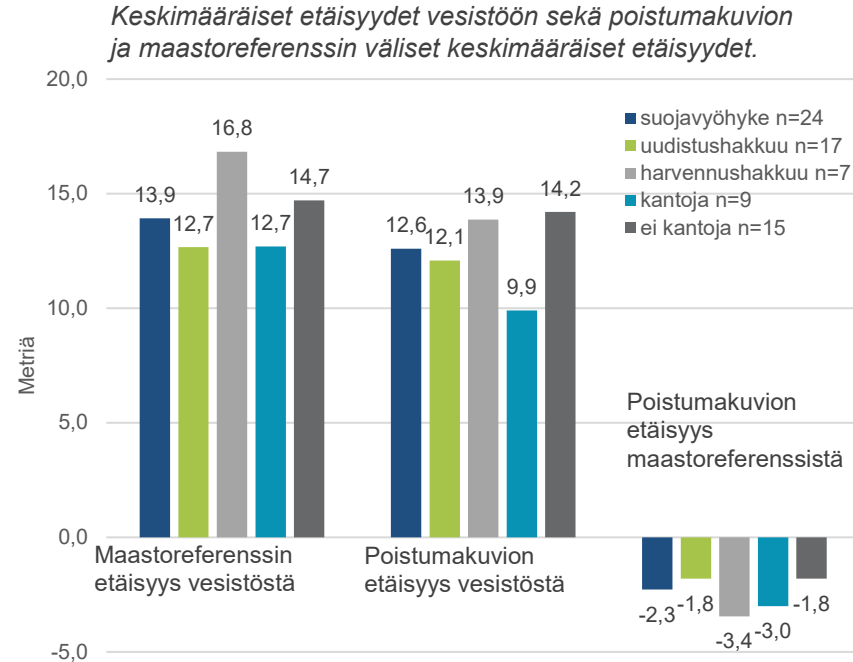


Peruskartta © Maanmittauslaitos.



Tulokset 2. Vakavesien suojavyöhykkeet

- Vesistön suojavyöhyke oli kaikilla aineiston hakkuukohteilla selvästi havaittavissa maastossa.
 - Kapein poistumakuviosta laskennallisesti määritetty suojavyöhyke oli leveydeltään 5,5 m.
- Poimintahakkuu suojavyöhykkeeltä vaikutti merkittävästi tuloksiin.
 - Kun poimintahakkuuta ei oltu tehty, poistumakuvion ja maastoreferenssin avulla määritetyt vesistön suojavyöhykkeet olivat lähes yhtä leveät.
 - Poimintahakatut suojavyöhykkeet olivat poistumakuviosta määritettyinä kapeampia ja poistumakuvion reunan etäisyys referenssistä kasvoi.
 - Lisäksi poimintahakkuu kapeahkolta suojavyöhykkeeltä ja hakkuukoneen sijaintiepätarkkuudet aiheuttivat joissakin tapauksissa lopputuloksen, jossa poistumakuvion reuna ylitti paikallisesti vesistörajan.
- Vesistörajan geometrinen monimuotoisuus lisäsi suojavyöhykkeen laskennan epätarkkuutta tapauskohtaisesti.

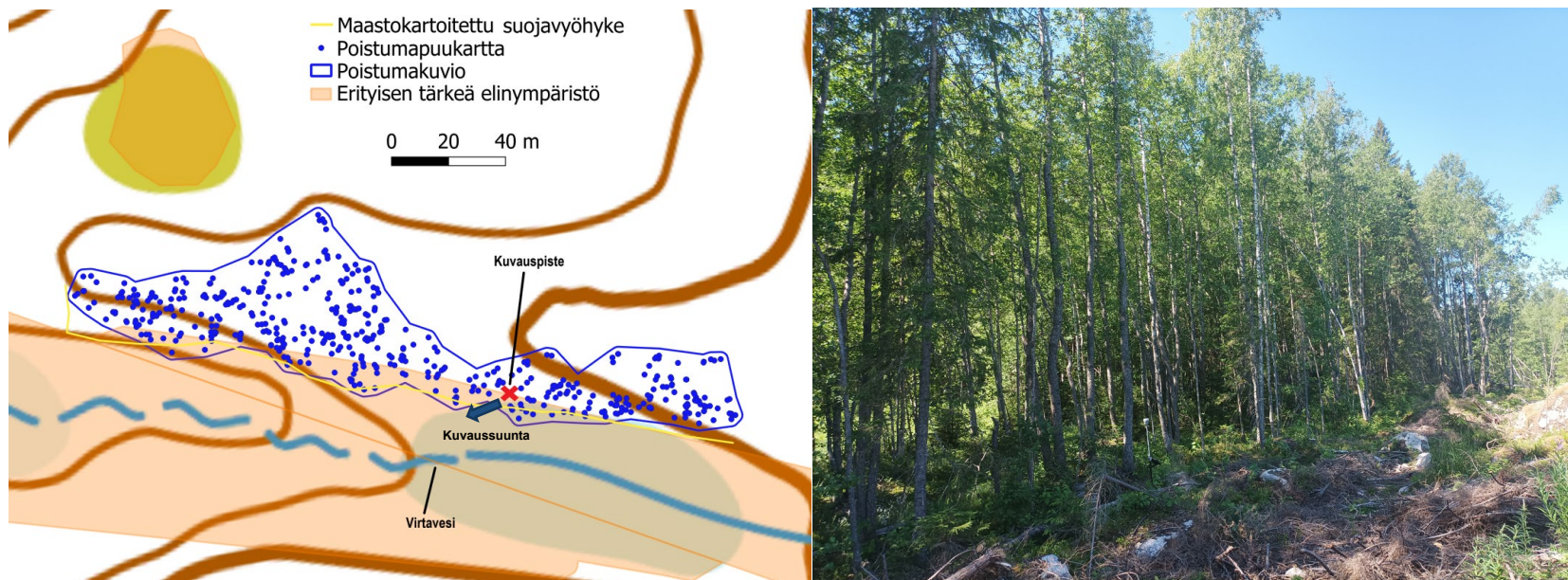


Huom.! Negatiivinen arvo kuvaa tilannetta, jossa poistumakuvion reuna ylittää maastoreferenssin.



Esimerkki 3. Virtavesikohteen suojavyöhyke

- Kuvan virtavesiluontokohteelle on jätetty uomaa mukaileva suojavyöhyke.

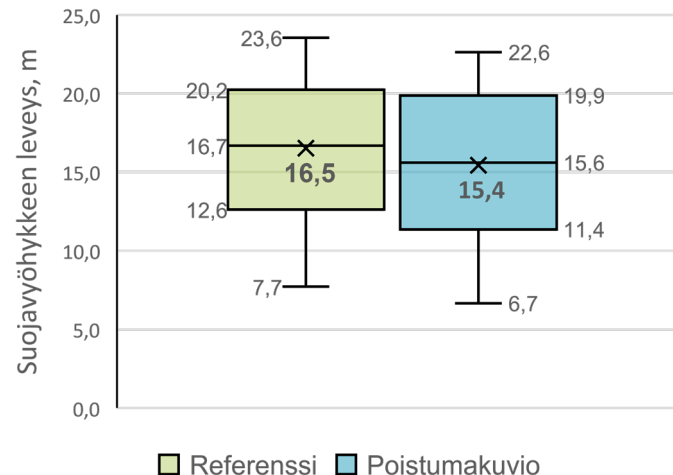


Peruskartta © Maanmittauslaitos.



Tulokset 3. Virtavesien suojavyöhykkeet

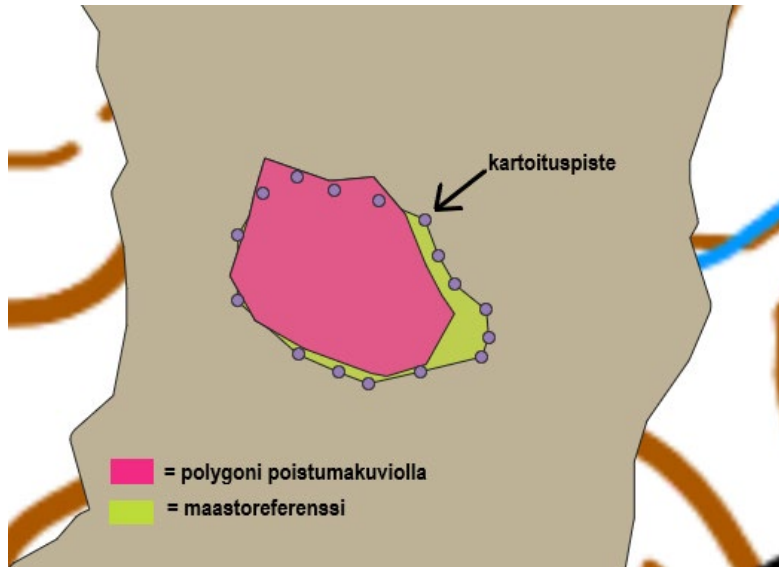
- Tarkasteluun valittiin virtavesikohteet, joilla on luontokohteiden ja joiden sijainti hakkuukuvioihin nähden mahdollisesti rannan suuntaisen suojavyöhykkeen muodostumisen.
- Sekä poistumakuvioiden että niiden maastoreferenssien keskimääräiset tulokset osoittavat, että virtavesien luontokohteiden ympärille oli jätetty yli 15 m leveät käsittelemättömät suojavyöhykkeet.
- Osa virtavesikohteista jouduttiin hylkäämään suojavyöhykkeiden tarkastelusta. Hylkäämiseen johtaneita syitä olivat:
 - Kuviorajan kohtisuora leikkaus virtaveteen nähden, jolloin rannan suuntaista suojavyöhykettä ei voitu määrittellä.
 - Virheellinen virtaveden sijainti maastotietokannassa yhdistettynä hakkuukoneen sijainnin epätarkkuuteen vaikeutti toteutuneen suojavyöhykkeen leveyden laskennallista määrittämistä.
 - Hyvin lyhyet suojavyöhykkeen leveyden näytteistysjaksot analyysimenetelmässä.



Virtaveden keskimääräinen etäisyys maastoreferenssiin ja poistumakuviioon nähden ruutu- ja janakaaviossa esitettynä. Etäisyyden keskiarvot on merkitty kuvaajaan rastilla.

Esimerkki 4. Käsittelmätön alue poistumakuviolla

- Säästöpuuryhmien kohdille muodostuu käsittelmättömiä alueita poistumakuvioidin. Kuvan esimerkissä aluerajausten vastaavuus on hyvä.

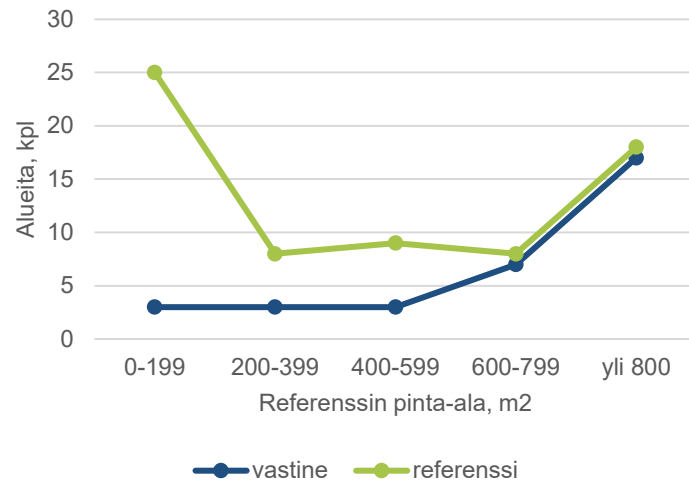


Peruskartta © Maanmittauslaitos.



Tulokset 4. Käsittelimättömät alueet poistumakuviolla

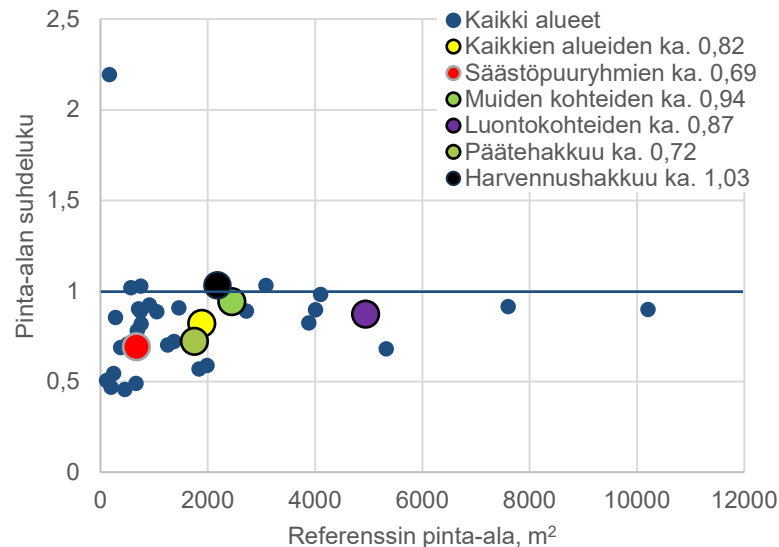
- Maastossa kartoitetuista käsittelemättömistä alueista (n=68) noin puolelle (n=33) muodostui vastine poistumakuvioidin.
 - Vastineita muodostui käsittelemättömän maastoreferenssin pinta-alan ollessa yli 200 m².
 - Pinta-alan ylittäessä 600 m² vastineet muodostuivat hyvin todennäköisesti.
 - Vastineettomien alueiden pinta-ala oli keskimäärin 230 m², mikä vastaa päätehakkuumetsikössä noin kymmentä säästöpuuta.
- Vastineen puuttumiseen vaikuttaneita syitä olivat:
 - maastoreferenssin pieni pinta-ala,
 - referenssin sijoittuminen kahdelle eri poistumakuvioidin käsittelemättömälle alueelle,
 - kapea ja pitkänomainen referenssikohde,
 - poimintahakkuu referenssin alueelta,
 - referenssikohde sijainti lähellä poistumakuvioidin reunaa, mikäli kuvioreunan ja alueen välistä ei oltu hakattu puita tai
 - virheellisesti muodostunut käsittelemätön alue.
- Kaikille metsälain 10. § mukaisille luontokohteille muodostui vastine poistumakuvioidin.



Vastineen muodostuminen poistumakuvioidin referenssikohdeiden pinta-alan mukaan.

Tulokset 4. Käsittelemättömät alueet poistumakuviolla

- Maastokartoitettujen kohteiden rajauksia verrattiin poistumakuvioiden käsittelemättömiin alueisiin.
- Poistumakuvioiden käsittelemättömien alueiden pinta-alan vastaavuus referenssiin nähden paranee pinta-alan kasvaessa. Tavoitearvo on 1.
 - Alle 2000 m² alueilla pinta-alan suhdeluku on keskimäärin 0,79.
 - Yli 4000 m² alueilla keskimääräinen pinta-alan suhdeluku on 0,92.



Kohteittaiset poistumakuvioiden käsittelemättömien alueiden ja maastoreferenssien keskimääräiset pinta-alat, pinta-alan suhdeluvut ja rajausten reunojen etäisyyksien tilastolliset tunnusluvut.

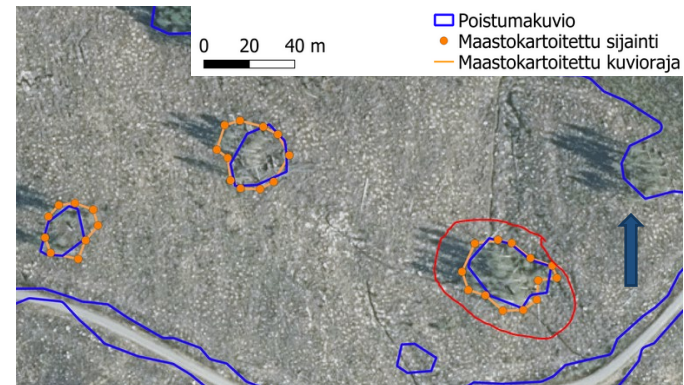
Käsittelemätön kohde	Käsittelemättömän alueen pinta-ala, m ²	Maastoreferenssin pinta-ala, m ²	Keskimääräinen pinta-alan suhdeluku	Reunojen etäisyyden keskiarvo, m	Reunojen etäisyyden keskiahajonta, m	Reunojen etäisyyden havainnot, kpl
Säästöpuuryhmä (n=14)	480	680	0,69	-2,6	3,3	19
Muu kohde (n=14)	2100	2400	0,94	-2,2	4,5	38
Luontokohde (n=3)	4300	4900	0,87	-3,0	4,9	48
kaikki kohteet (n=31)	1600	1900	0,82	-2,4	4,0	32

Yllä kuvassa käsittelemättömien alueiden ja referenssien pinta-alan suhdeluvut koko aineistolle sekä suhdeluvun keskiarvot eri aineiston osille.



Tulokset 5. Säästöpuuryhmät poistumakuvioilla

- Maastossa kartoitettiin 46 kpl säästöpuuryhmiä.
- Alueista kolmasosalle (n=14) muodostui vastine poistumakuviolle. Näiden alueiden maastoreferenssien keskimääräinen pinta-ala oli noin 680 m².
 - Vastineellisessa säästöpuuryhmässä oli keskimäärin 29 runkoa, läpimitaltaan alle 20 cm runkoja 17 kpl ja yli 20 cm runkoja 12 kpl.
 - Poistumakuvioiden käsittelemättömät alueet olivat keskimäärin 30% pienempiä kuin maastoreferenssit.
 - Vastineetta jääneet säästöpuuryhmät olivat keskimäärin pinta-alaltaan noin 200 m². Yli kaksi kolmasosaa vastineettomista säästöpuuryhmistä oli tätä pienempiä.
- Säästöpuuryhmän vastinealueen muodostumista poistumakuviolle edistivät riittävän suuri pinta-ala, alueen säännöllinen muoto ja se, että säästöpuuryhmästä ei ollut poimintahakattu runkoja.
- Säästöpuuryhmän pinta-alan ylittäessä 700 m² kaikille maastoreferensseille muodostui vastine poistumakuviolla.



Ilmakuva © Maanmittauslaitos.



Ylemmässä kuvassa maastokartoitettuja säästöpuuryhmiä. Punaisella ympyröity säästöpuuryhmä, joka on alemmassa kuvassa. Sinisellä nuolella osoitettu säästöpuuryhmä, joka rajautuu hakkuualueen reunan ulkopuolelle.

Tulosten yhteenveto

- Poistumakuvioiden rajaukset ylittävät keskimäärin yhdellä metrillä maastokartoitetut referenssirajaukset.
 - Esimerkiksi sijaintiepätarkkuudet luontokohteiden paikkatietoaineistossa ja hakkuukonetiedossa tuottavat usein luontokohteelle ja poistumakuviolle yhteistä leikkauspinta-alaa.
- Tutkimuksessa tarkasteltujen poistumakuvioiden ja vesistöjen välisten suojavyöhykkeiden leveydet olivat laskennallisesti todennettavissa keskimäärin noin 1–2 metrin tarkkuudella.
 - Suojavyöhykkeiltä poimintahakatut yksittäiset rungot pienensivät poistumakuvioiden avulla määritettyjen suojavyöhykkeiden leveyttä toteutuneeseen nähden.
 - Erityisesti virtavesikohteilla epätarkkuudet maastotietokannassa vaikuttivat tulosten luotettavuuteen ja käyttökelpoisuuteen.
- Säästöpuuryhmiä vastaavien käsittelemättömien alueiden muodostuminen poistumakuviolle riippui säästöpuuryhmien pinta-alasta.
 - Vastineita muodostui pääsääntöisesti yli 200 m² säästöpuuryhmille.
 - Yli 600 m² säästöpuuryhmille vastineet muodostuivat hyvin suurella todennäköisyydellä.
 - Poistumakuvioiden käsittelemättömän alueen todentamiseen säästöpuuryhmäksi tarvitaan kuitenkin hakkuukonetietojen lisäksi muuta tietoa tai erikoismerkintäkoodin (StemCode) käyttöä säästöpuuryhmän osoittamiseksi.
 - StemCode-merkinnän käyttö mahdollistaisi myös pienten säästöpuuryhmien todentamisen.
- Poistumakuvioiden avulla yli 4000 m² (0,4 ha) käsittelemättömille alueille pystyttiin tuottamaan laskennallinen arvio pinta-alasta noin 10 % tarkkuudella.



Johtopäätökset

- Hakkuulaitteen sijaintitiedosta tuotetut poistumakuviot ovat jo nykyisellään käyttökelpoisia käsittelyalueiden rajaamiseen ja luontokohteiden säilymisen automaattiseen todentamiseen.
 - Poistumakuviointi vastaa maastokartoitettuja rajauksia sellaisella tarkkuudella, joka palvelee operatiivista puunkorjuuta.
 - Vakavesien sekä virtavesien uomien suuntaisten suojavyöhykkeiden leveydet voidaan määrittää poistumakuviosta laskennallisesti riittävällä tarkkuudella todentamista varten.
 - Poistumakuvioiden käsittelemättömiä alueita voidaan käyttää mm. metsälain 10. § luontokohteiden säilymisen todentamiseen. Lisäksi saadaan aluerajauksia muista käsittelemättä jätetyistä kohteista, kuten säästöpuuryhmistä.
 - Tämän työn avulla poistumakuvioiden rajausten tarkkuutta on mahdollista hienosäätää.
 - Poistumakuviointimenetelmä on tarpeen validoida kattavammalla aineistolla ennen operatiivista käyttöönottoa.
- Säästöpuuryhmistä tai suojavyöhykkeiltä ym. luontokohteilta poimintahakattujen runkojen erottelulla esimerkiksi hpr-tiedostojen StemCode-koodin avulla voidaan jatkossa tuottaa vielä nykyistä todenmukaisemmat poistumakuvioiden aluerajaukset ja todentaa myös pienimmät säästöpuuryhmit.
- Uudistuneet sertifiointikriteerit edellyttävät aiempaa suurempia määriä säästöpuita ja leveämpiä suojavyöhykkeitä. Tällöin luonto- ja luonnonhoitokohteiden todentaminen hakkuukonetiedolla tulee helpottumaan, koska hakkuukoneen sijaintiepätarkkuuden suhteellinen vaikutus pienenee.
- Tarkemman hakkuukoneen ja -laitteen sijaintitiedon myötä poistumakuvioiden käyttökelpoisuus luontokohteiden säilymisen todentamiseen paranee edelleen.



Lähteet

- Finér L, Laurén A, Saari P (2009) Metsätaloudessa vesistöjen ja pienvesien suojavyöhykkeille asetetut tavoitteet ja niiden toteutuminen. Metlan työraportteja 124. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2167-1>. [Viitattu 20.6.2023].
- Haavisto V (2023) Luonto- ja luonnonhoitokohteiden automatisoitu tunnistaminen hakkuulaitteen sijaintitiedon avulla. Pro-gradu tutkielma, Itä-Suomen yliopisto, luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta.
- Maanmittauslaitos (2022) Maanmittauslaitoksen maastotietokohteet. Saatavissa: https://maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/attachments/2022/09/Maastotietokohteet_2022.pdf. [Viitattu 20.6.2023].
- Melkas T, Riekkilä K, Sorsa J-A (2020) Automated Method for Delineating Harvested Stands Based on Harvester Location Data. Remote Sens. 2020, 12(17), 2754. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/rs12172754>. [Viitattu 20.6.2023].
- Metsälaki 1996/1093. 10 § (20.12.2013/1085). Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961093>. [Viitattu 20.6.2023].
- Mustola M, Melkas T, Riekkilä K (2021) Hakkuukoneen tuottama toteumatieto monimuotoisuudelle arvokkaiden luontokohteiden säilymisen todentamisessa ja potentiaalisten kohteiden tunnistamisessa. Metsätehon tuloskalvosarja 6/2021. Saatavissa: <https://www.metsateho.fi/hakkuukoneen-tuottama-toteumatieto-monimuotoisuudelle/>.
- Riekkilä K, Malinen J (2022a) Poistumakuviointi hakkuulaitteen sijaintitiedosta. Metsätehon tuloskalvosarja 8/2022. Saatavissa: <https://www.metsateho.fi/poistumakuviointi-hakkuulaitteen-sijaintitiedosta/>.
- Riekkilä K, Malinen J (2022b) Suojavyöhykkeiden leveyden laskennallinen määrittäminen hakkuukonetiedosta. Metsätehon tuloskalvosarja 9/2022. Saatavissa: <https://www.metsateho.fi/suojavyohykkeiden-levyden-laskennallinen-maarittaminen-hakkuukonetiedosta/>.
- Riekkilä K, Strandström M, Malinen J, Sorsa J-A (2023) Luontokohteiden säilymisen automaattinen todentaminen hakkuukonetiedosta. Metsätehon tuloskalvosarja 3/2023. Saatavissa: <https://www.metsateho.fi/luontokohteiden-sailyminen-automattinen-todentaminen-hakkuukonetiedosta/>.
- Skogforsk (2023) StanForD/StanForD 2010 Standard for Forest Machine Data and Communication. Saatavissa: <http://www.skogforsk.se/english/projects/stanford/>. [Viitattu 20.6.2023].
- Taipale E, Riekkilä K, Melkas T, Malinen J (2022). Hakkuupään sijaintitiedon tarkkuus. Metsätehon tuloskalvosarja 1/2022. Saatavissa: <https://www.metsateho.fi/hakkuupaän-sijaintitiedon-tarkkuus/>.



Kestävän metsätalouden todentaminen ja menetelmät - KESTOTÄSMÄ

- Tämä tutkimus on toteutettu osana Kestävän metsätalouden todentaminen ja menetelmät (KESTOTÄSMÄ) -hanketta, jota rahoittaa EU:n elpymis- ja palautumistukiväline (RRF).



Euroopan unionin rahoittama –
NextGenerationEU