



Raportti



Kustannustehokas luonnonhoidon laadun seurantatiedon kerääminen

Lauri Saaristo, Kari T. Korhonen, Jarmo Laitinen, Jarkko Partanen, Hannes Pasanen, Pekka Punttila & Juha Siitonen

31.12.2020



TAPIO 



Lauri Saaristo, Kari T. Korhonen, Jarmo Laitinen, Jarkko Partanen, Hannes Pasanen, Pekka Punttila & Juha Siitonen, 2020, Kustannustehokas luonnonhoidon laadun seurantatiedon kerääminen. Tapion julkaisu.

© Tapio Oy

Kansikuva

Lauri Saaristo

Kuvat

Suomen metsäkeskus (s. 3)

Työn tilaaja: Maa- ja metsätalousministeriö



Sisällys

1	JOHDANTO	3
2	LUONNONHOIDON LAADUN MAHDOLLISET SEURANTAMENETELMÄT.....	4
	2.1 Vaihtoehtoisten seurantamenetelmien esittely.....	4
	2.1.1 Hakkuukoneen tuottama tieto	6
	2.1.2 Metsäkeskuksen laserkeilauspohjainen metsävaratiedon keruu	6
	2.1.3 Dronekuvaus	5
	2.1.4 Maastotarkastus	4
	2.1.5 Erotuskuvatulkinta	5
	2.1.6 Valtakunnan metsien inventointi	5
	2.2 Luonnonhoidon keinot ja eri keruumenetelmien ominaisuudet.....	7
	2.2.1 Elävä säästöpuusto	7
	2.2.2. Kuolleen puun säästäminen	8
	2.2.3. Luontokohteiden turvaaminen.....	9
	2.2.4. Riistatiheiköt.....	9
	2.2.5. Sekapuustoisuus.....	10
	2.2.6. Ajourapainat	10
	2.2.7. Suojavyöhykkeet vesien varrella ja vesiensuojelutoimenpiteiden toteutus	10
3	ENNEN-JÄLKEEN SEURANNAN KOKEILU	12
	3.1. Taustaa	12
	3.2. Aineisto ja menetelmät	13
	3.3. Tulokset	14
	3.3.1. Elävä säästöpuusto.....	14
	3.3.2. Kuollut puusto.....	16
	3.4. Tulosten tarkastelu.....	18
	VIITTEET.....	19



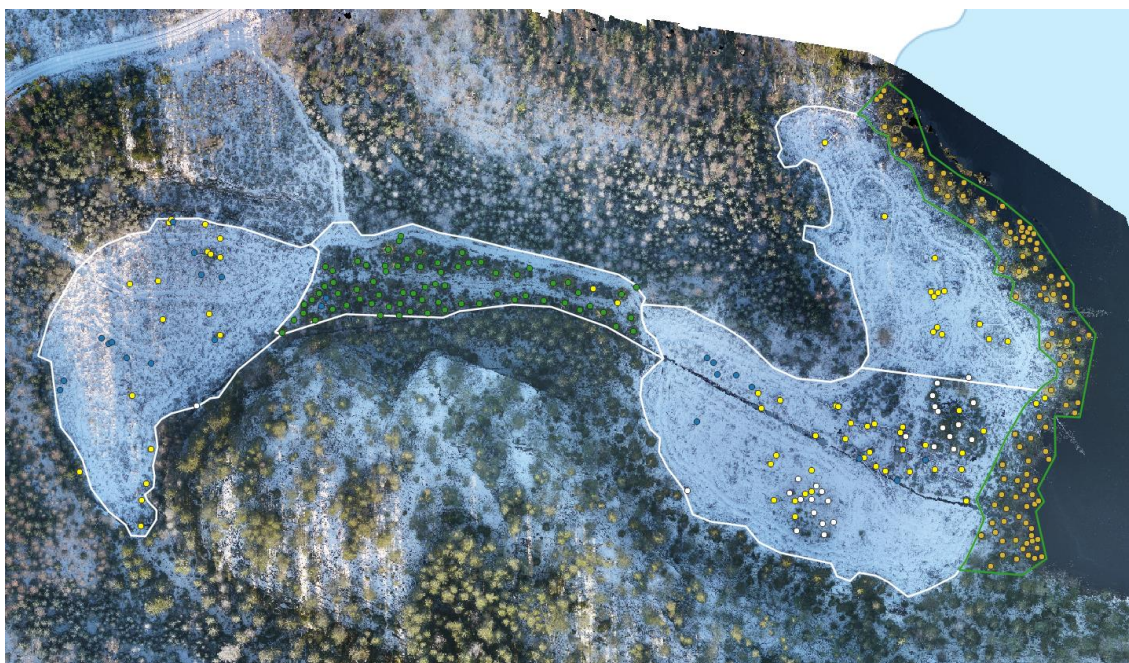
1 Johdanto

Nykyisin Suomen metsäkeskuksen ja aikaisemmin Tapion koordinoimalla luonnonhoidon laadun arvioinnilla on jo noin 25 vuoden ajan selvitetty, kuinka hyvin talousmetsien luonnonhoidolle asetetut tavoitteet toteutuvat metsätalouden käytännön toiminnassa. Nykyinen talousmetsien luonnonhoidon laadun seurantajärjestelmä kehitettiin vuonna 1995, eikä sen sisältöön tai arvosteluperusteisiin ole tehty merkittäviä muutoksia (Siitonen ym. 2020).

Maa- ja metsätalousministeriön tilauksesta toteutettavan Luontolaatu-hankkeen tehtävänä on tuottaa tarvittava tietopohja talousmetsien luonnonhoidon laadun seurannan uudistamiseksi. Hanke on koonnut yhteen tähänastisen luonnonhoidon laadun seurannan tulokset (Siitonen ym. 2020). Lisäksi hanke on selvittänyt luonnonhoidon laadun seurannan tietotarpeet seurantatuloksia käyttäviltä toimijoilta (Pasanen ym. 2020).

Tämän raportin sisältöön on koottu hankkeen keräämä tieto siitä, miten seurantatietoa luonnonhoidon laadusta saadaan kerättyä tarkoituksenmukaisesti, kattavasti, kustannustehokkaasti, nykyaikaisilla menetelmillä ja siten, että se vastaa mahdollisimman hyvin erilaisiin tietotarpeisiin. Selvityksen kohteena ovat olleet keskeisimmät luonnonhoidon keinot: elävä säästöpuusto, kuolleen puuston säästäminen, luontokohteet, lehtipuusto, riistatiheiköt ja vesiensuojelu. Selvitystä varten Luontolaatu-hankkeen projektiryhmä on koonnut tietoja kirjallisuudesta sekä erilaisia tiedonkeruumenetelmiä kehittävilta organisaatioilta.

Lisäksi raportissa esitetään tuloksia Luontolaatu-hankkeessa toteutetusta ennen-jälkeen seurannan kokeilusta.



Kuva 1. Säästöpuiden, maapuiden ja suojakaistan puiden tunnistaminen dronella otetusta kuvasta (Kuva: Suomen metsäkeskus).



2 Luonnonhoidon laadun mahdolliset seurantamenetelmät

2.1 Vaihtoehtoisten seurantamenetelmien esittely

Hankkeessa arvioitiin seuraavien tiedonkeruumenetelmien mahdollisuudet luonnonhoitoon liittyvän tiedon keruun kannalta:

- Maastotarkastus
- Erotuskuvatulkinta
- Dronekuvaus
- Valtakunnan metsien inventointi (VMI)
- Metsäkeskuksen laserkeilauspohjainen metsävaratiedon keruu
- Hakkuukoneen tuottama tieto

Tiedonkeruumenetelmien vahvuuksia ja heikkouksia arvioitiin yleisesti. Lisäksi arvioitiin eri menetelmien kykyä tuottaa seurantatietoa kunkin luonnonhoitokeinon käytöstä.

Eri tiedonkeruumenetelmien kustannuksia on hankala arvioida. Esimerkiksi hakkuukoneiden mittauslaitteet ovat vasta kehittelyvaiheessa, joten niistä on vaikea saada realistista arviota. Monessa asiassa teknologian kehittyminen ja yleistyminen johtaa seurannan yksikkökustannusten laskuun.

2.1.1 Maastotarkastus

Nykyisin käytössä oleva tiedonkeruumenetelmä luonnonhoidon laadun arvioinnissa on maastossa jalan tehtävä tarkastus. Maastossa arvioija kerää tietoa yksittäisten luonnonhoidon keinojen toteutumisesta, esimerkiksi laskee säästöpuiden määrän puulajeittain ja arvioi niiden tilavuudet. Tarkastustulosten perusteella arvioija määrittää kohteelle luonnonhoidon toteutumisen kokonaisarvion.

Menetelmä tuottaa tietoa luonnonhoidon keinojen käytöstä hyvin monenlaisiin tarpeisiin. Menetelmän vahvuus on, että kohdetta arvioiva asiantuntija pystyy tekemään hyvin monen osatekijän avulla kokonaisarvion yksittäisen kohteen luonnonhoidon laadusta ja antamaan yksilöidyn palautteen.

Maastokäynti on toistaiseksi ainoa menetelmä saada tietoa asioista, joiden havaitseminen ilmasta käsin ei ole mahdollista. Tällaisia ovat esimerkiksi luontokohteen luontotyyppin ja statuksen määrittäminen (rajanveto metsälakikohteen ja muun arvokkaan elinympäristön välillä). Lisäksi maastoarvioija voi päätellä puiden kannoista kohteelta korjattujen puiden puulajin, jonka perusteella voi tehdä arvioita siitä, millaista puustoa tai millainen luontokohde alueella on todennäköisesti ollut ennen hakkuuta, ja onko kuolleita puita korjattu.

Maastotarkastus on ilman apukeinoja kallis menetelmä, ja tällä hetkellä käytössä olevat resurssit rajaavat valtakunnallisen otannan pieneksi, joidenkin muuttujien osalta liian pieneksi, jolloin sattuman osuus vuosien välisen vaihtelun selittäjänä nousee liian suureksi.



2.1.2 Erotuskuvatulkinta

Erotuskuvatulkinnassa käytettävät satelliittikuvat ovat avointa aineistoa. Suomen metsäkeskus käyttää erotuskuvatulkintaa esimerkiksi metsänkäyttöilmoitusten jättämisen valvontaan. Satelliittikuvista erottuvat voimakkaat harvennukset ja avohakkuut ainakin yli 0,5 hehtaarin kuviolta, mahdollisesti pienemmiltäkin.

Erotuskuvatulkinnassa laitetaan päällekkäin esimerkiksi metsänkäyttöilmoitustietoa ja uudet avohakkuualueet osoittavaa satelliittikuvatietoa. Lisäksi kuvatulkintaa käytetään lainvalvontatehtävien kohdistamisessa. Jos puustoa havaitaan kadonneen metsälain erityisen tärkeän elinympäristön alueelta, tälle alueelle voidaan kohdentaa lainvalvontaa.

Aineistoa saadaan lähes päivittäin sääoloista riippuen. Kuvissa pikselikoko ylittää parhaimmillaan 10 metrin tarkkuuteen.

2.1.3 Dronekuvaus

Metsäkeskus on alkanut kokeilla dronekuvauksen käyttöä tarkastustoiminnassaan. Dronetiedonkeruu ostetaan kilpailutetuilta yhteistyökumppaneilta. Tulosten tulkinta ja täydentävät maastokäynnit tehdään Metsäkeskuksen toimesta.

Dronekuvaukset toteutetaan ryppäinä, jolloin yhden työpäivän aikana kuvataan tietyllä alueella. Lentojen kohdentaminen pienentää kuvausten yksikköhintaa, kun lennättäjä liikkuu päivän aikana itse mahdollisimman vähän. Dronekuvausmenetelmä ei kustannussyistä sovellu laajojen alueiden kuvauksiin.

Nykyisin käytettävät dronet on varustettu lähinnä optisen alueen ja lähi-infran kameroilla. Laserkeilaimen liittäminen droneen on tällä hetkellä mahdollista, mutta kustannussyistä vielä harvinaista. Dronekeilauksen kustannukset todennäköisesti laskevat lähivuosina, joten pitkällä aikavälillä keilaimia aletaan dronessa käyttämään.

Dronekuvaus voi kuitenkin jo nykyisellään tuottaa luotettavaa tietoa hyvin monenlaisiin luonnonhoidon laadun seurannan tietotarpeisiin. Lisäksi dronekuvaus tuottaa erittäin todennäköisesti luonnonhoidon laadun arvioinnissa kustannussäästöjä verrattuna maastossa jalan tehtävään seurantaan. Menetelmän pilotointia tarvitaan kuitenkin edelleen lisää.

Ylipäätään dronekuvauksen voidaan arvioida olevan lähivuosina eniten kehittyvä tiedonkeruumenetelmä. Kuvausmatkat pitenevät laitteiden kehittyessä, ja koptereiden sensorit halpenevat ja yleistyvät samaan aikaan. Tiedon keruun tekniikan lisäksi kehittämistä tarvitaan kuvien tulkinnan osaamisessa.

2.1.4 Valtakunnan metsien inventointi

Valtakunnan metsien inventointi (VMI) pystyy tuottamaan objektiivista tilastotietoa kaikkiin inventoinnissa tarkasteltaviin asioihin. Luonnonhoidon osalta nykyinen tietosisältö kattaa esimerkiksi säästöpuut, kuolleen puun, sekapuustoisuuden ja aiemmin myös luontokohteet. Mittauksia tehdään



vuosittain, mutta vuosittainen otos on liian harva luonnonhoidon seurannan tarpeisiin. Esimerkiksi korkeintaan vuoden ikäisiin uudistusaloihin osuu yhden vuoden otoksessa koko maan tasolla vain noin 50 koealaa.

Inventoinnin roolina on tuottaa trendinomaista tietoa luonnonhoidon laadusta kunkin osatekijän osalta. VMI:n tuottama aineisto ei sovellu metsälain seurantaan tai toimijakoiteisen palautteen tuottamiseen. Jos VMI:tä haluttaisiin käyttää trendin seurantaan tehokkaasti, olisi tietosisältöä laajennettava ja ohjeistusta yhtenäistettävä luonnonhoidon laadun seurannan kanssa.

2.1.5 Metsäkeskuksen laserkeilauspohjainen metsävaratiedon keruu

Metsävaratiedon jakelua ohjaa metsätietolaki. Metsäkeskus koordinoi laserkeilauspohjaista metsävaratiedon keruuta. Keruu toteutetaan kuuden vuoden kierrolla ja laserkeilausaineiston tiheytenä on noin viisi pulssia per neliometri. Laseraineiston lisäksi metsävaratiedon päivityksessä käytetään vääräviiri-ilmakuvia, jotka päivitetään kolmen vuoden välein. Ilmakuvien erotuskyky on 50 cm.

2.1.6 Hakkuukoneen tuottama tieto

Hakkuukoneen tuottama tieto olisi kattavaa tietoa, ei otantaa. Hakkuukoneen tuottama tieto riippuu koneeseen asennetusta laitteistosta. Nykyisin mahdollisia varusteita ovat hakkuukoneen tai kouran sijaintitietoa tuottavat GPS-paikantimet sekä puustotietoa tuottavat laserkeilain ja kamera (kone-näkö). Tulevaisuuden visioihin kuuluu kuljettajan työtä tukeva drone, jolla on laskeutumistalukka koneessa.

Kaikissa hakkuukoneissa on nykyään GPS-paikantimet, jotka auttavat hakkuukoneenkuljettajia esimerkiksi kartalle merkittyjen luontokohteiden huomaamisessa sekä rajaamisessa. Muut tiedonkeruulaitteet ovat prototyyppisiä, joiden saaminen laajamittaiseen käyttöön ottaa aikansa.

Keskeisiä kysymyksiä hakkuukoneiden tuottamaan seurantatietoon liittyen ovat tiedon avoimuus ja omistajuus. Esimerkiksi MTK ry, MMM ja Koneyrittäjät ry ovat sopineet, mitä tietoa koneista tulee Metsäkeskukselle metsävaratiedon päivitystä varten. Tietojen toimittaminen on alkamassa lähiaikoina. Tietosisällöt liittyvät jäävän puuston määrään ja ajouriin.

Metsäkeskuksen tulevaan luontotietojärjestelmään voidaan liittää monenlaista viivamaista, alue- maista ja pistemäistä tietoa. Kun tiedon siirron käytäntö on olemassa, myös luonnonhoidon keinojen käyttöön liittyvää tietoa voisi olla mahdollista liittää siirrettävään tietoon. Esimerkiksi ajouraverkoston avulla voitaisiin tarkastella luonnonhoitoon liittyviä asioita.

Tarvitaan pelisääntökeskustelua siitä, onko esimerkiksi hakkuukoneen yksityiskohtainen paikkatieto sellaista, että sen voisi jakaa avoimeen luontotietoon. Keskeisiä kysymyksiä ovat muun muassa se, kuka maksaa laitteet koneisiin, kuka omistaa tiedot ja maksetaanko tiedon välittämistä. Jos kone-ryrittäjä investoi laitteeseen, laitteen tuottama tieto on yrittäjän omaisuutta.



2.2 Luonnonhoidon keinot ja eri keruumenetelmien ominaisuudet

2.2.1 Elävä säästöpuusto

Luonnonhoidon laadun arvioinnissa on säästöpuiden osalta selvitettävä, millaista säästöpuuta (puulaji, järeys) hakkuussa on jätetty ja säästyvätkö rungot myöhemmissä toimenpiteissä. Nykyisellä maastotarkistuksen menetelmällä saadaan tietoa säästöpuiden määrästä (kpl/ha ja m³/ha) ja laadusta eli jakautumisesta eri puulajeihin sekä kokoluokkiin. Säästöpuiden puulajeihin ja kokoluokkiin liittyvää tietoa on seurannoissa kerätty siten, että tiedon keruu on tuottanut vastauksia PEFC-metsäsertifioinnin tietotarpeisiin, mutta säästöpuuston laatu on yleisemminkin kiinnostava muuttuja, jonka avulla voidaan seurata esimerkiksi metsätaloudellisesti vähämerkityksellisen puuston osuutta säästöpuiden kokonaismäärästä.

Dronekuvauksella saadaan monipuolisesti säästöpuita koskevaa tietoa. Säästöpuut pystytään paikallistamaan ja puista saadaan laskettua korkeus, läpimitta ja tilavuus. Kaatuneesta säästöpuuryhmästä näkyy juuripaakkuja. Säästöpuuryhmän sijoittelun oikeellisuutta voitaisiin arvioida vertaamalla toteutusta paikkatietoaineistoihin, esimerkiksi kosteusindeksiin.

Dronekuvia tulkitaan toistaiseksi vielä manuaalisesti, mutta automaattinen tulkinta kehittyy kovaa vauhtia. Toistamalla dronekuvausta samalla alueella voitaisiin arvioida säästöpuiden säilymistä esim. 5-vuotisjakson aikana.

Dronella tehtävää seurantaa voitaisiin kohdentaa muiden aineistojen yhdistämisen kautta. Esimerkiksi uudesta laserkeilausaineistosta voitaisiin tehdä tietokerros, joka kertoisi kohteen säästöpuupotentiaalin. Jos tämä yhdistetään hakkuukoneen tuottamaan tietoon, joka kertoo mihin säästöpuuryhmät on jätetty, voitaisiin tämän yhdistelmän avulla haarukoida dronella tarkistettavat kohteet.

VMI:n tuottaman tiedon osalta pitäisi tarkastella, onko VMI käsitteellisesti yhdenmukainen muiden tiedonkeruumenetelmien kanssa. Ylipäättään VMI:ssa kerättävällä tiedolla on oltava käyttötarkoitus. Jos tieto saadaan muista seurannoista, ei sitä kannata lisätä VMI otantaan. Jos trenditieto voidaan tuottaa jossain muussa seurannassa, niin silloin VMI:hin ei kannata lisätä kustannuksia.

Hakkuukoneiden tuottaman tiedon avulla säästöpuustosta voitaisiin nyky menetelmillä saada sijaintitietoa. Koneen GPS:ssä on noin 5–10 m heittoa. Hakkuukoneen kuljettajat voivat merkitä jättämänsä säästöpuuryhmän sijainnin järjestelmään. Tämä ei kuitenkaan tuota tietoa jätetyn säästöpuuston laadusta tai säästöpuuryhmän sijoittumisen oikeellisuudesta.

Mikäli laserkeilaimet yleistyvät hakkuukoneessa, ne voisivat tuottaa tiedon jätettyjen säästöpuuryhmien puuston laadusta. Hakkuukoneeseen sijoitettu keilain tekee kohteelle jäljelle jääneestä puustosta puukartan. Tällöin säästöpuuryhmän puuston tilavuustiedot ja puulajisuhteet, myös kuollut puu saataisiin selville. Tämä saattaisi olla kattavin ja tarkinta tietoa tuottava menetelmä.

Hakkuukoneiden tuottamasta säästöpuutiedosta voitaisiin tehdä otanta, josta voidaan laskea säästöpuiden määrää keskimäärin. Vahvuutena olisi se, että kasvatushakkuita ja jatkuvan kasvatuksen hakkuita koskeva säästöpuutieto saataisiin kattavammin talteen kuin nykyisin tehtävässä laadunarvioinnissa.

Yhdistämällä hakkuukoneen tuottamaa tietoa hakkuuta edeltäneisiin kaukokartoitustietoihin, voitaisiin tietojen yhdistämisellä arvioida jätetyn säästöpuuston laatua suhteessa kohteen



mahdollisuuksiin. Esimerkiksi säästöpuiksi sopivat lehtipuuryhmät näkyvät kaukokartoitusaineistossa. Ennen-jälkeen tilannetta analysoimalla voitaisiin nähdä, onko säästöpuuvalinta kohdentunut oikein.

Nykyisellään hakkuukoneet keräävät tietoa myös korjatun puuston laadusta. Jos arvioinnissa käytettäisiin apuna listoja hakkuukoneen korjaamasta puustosta, voitaisiin todeta, onko säästöpuuvalinta kohdistunut luonnonhoidon tavoitteiden mukaisesti suhteessa kohteella olleeseen puustoon.

Jätettyjen säästöpuiden paikantaminen jatkuvan kasvatuksen hakkuissa on haasteellista. Jotta seuranta pystytään tekemään, käytäntönä tulisi olla esimerkiksi se, että hakkuukoneenkuljettaja merkitsee jatkuvan kasvatuksen säästöpuuryhmät maastoon ympäröimällä ryhmän alueen tekopököillä.

Metsäkeskuksen laserkeilausaineiston pulssitiheyden kasvaminen voi tuottaa säästöpuuryhmien kohdentamista tukevaa aineistosta (säästöpuupotentiaali). Laserkeilauksessa tiedonkeruun sykli on kuitenkin liian harva tuottamaan käyttökelpoista tietoa siitä, miten elävää säästöpuustoa on jätetty ja miten se säilyy.

2.2.2. Kuolleen puun säästäminen

Kuolleen puun säästymisen ja säästämisen arvioinnissa pyritään saamaan tietoa, säästykö hakkuukohteen kuollut puusto hakkuissa ja metsänuudistamisessa. Nykyisin käytössä olevassa maastotarkastuksessa kuolleen puuston määrää mitataan kuten säästöpuustoakin, ja vähentymistä hakkuissa arvioidaan silmävaraisesti. Säilymistä toimenpiteissä on vaikea arvioida, ellei kuolleesta puusta ole ennakkotietoa.

Dronen ottamilta kuvilta kuollutta puustoa pystytään havaitsemaan silmävaraisen tulkinnan avulla. Pystyy kuolleet puut voidaan myös todeta valokuviin perustuen visuaalisella tulkinnalla. Kuolleen maapuun pituus voidaan määrittää alku- ja loppupisteen perusteella. Myös läpimitan määrittäminen onnistuu, jolloin saadaan laskettu runkotilavuus, mikäli puulajista on tarkka tieto (tilavuuslaskennan yhtälöt ovat yleensä puulajikohtaisia).

Kuvien tulkintaa ei ole vielä automatisoitu, mutta jossain vaiheessa automatisointi todennäköisesti toteutuu. Droneen liitettävien laserkeilainten yleistyessä automatisointi helpottuu. Tämän hetken käsitys on, että kuolleen puun osalta dronella saatava tieto on vähintään yhtä tarkkaa kuin maastossa kerätty mittaustieto. Dronen keräämä tieto kattaa kuviot laidasta laitaan. Kuolleen puuston säästymisestä saadaan dronella luotettavaa seurantatietoa, jos kuollut puusto on paikannettu esim. leimikon-suunnittelun yhteydessä.

VMI tuottaa kuolleesta puustosta tarkasti määritetyn tiedon, joka kertoo kuolleen puuston määrän kehityksestä talousmetsissä pitkällä aikavälillä.

Hakkuukoneen kuljettaja merkitsee kouran läpi kulkevan puun laadun. Tästä saataisiin ainakin teoriassa tietoa siitä, onko kuollutta puuta korjattu. Luultavasti tällaista tietoa ei kuitenkaan ole saatavilla. Toimijat eivät voi sitä toimittaa, koska Metsäkeskuksen järjestelmään toimitettava tieto muuttuu julkisesti saatavaksi.



Jos lahoppuuston esiintymisestä olisi tarjolla tarkkaa ennakkotietoa, hakkuukoneen ajouratiedoista voitaisiin nähdä, osuvatko urat päällekkäin lahoppuupisteiden kanssa ja tätä kautta seuloa kohteita, joissa näyttäisi, että lahoppuustoa on runsaasti ja ajourien perusteella sitä ei ole otettu huomioon.

Metsäkeskuksen tiheäpulsinen laserkeilausaineiston osalta kuollut puusto ei erotu riittävän hyvin aineistoissa. Aineisto voi kuitenkin tuottaa käyttökelpoista tietoa tähän tarkoitukseen tarkistettavien kohteiden valintaan. Tätä asiaa tutkitaan paljon ja laserkeilausmenetelmän kehittämisen kannalta olisi tärkeä saada parempaa ennakkotietoa kuolleen puun esiintymisestä.

2.2.3. Luontokohteiden turvaaminen

Nykyisin luontokohteista kerätään maastoarvioinnissa hyvin monipuolista tietoa. Arvioija selvittää luontokohteen luontotyyppin ja statuksen (lakisääteinen/sertifiointi/muu huomionarvoinen). Lisäksi arvioija selvittää kohteen pinta-alan siltä osin kuin kohde rajautuu hakkuualueeseen. Todetun pinta-alan alueelta mitataan elävän puuston määrä ja laatu sekä annetaan arvio puuston hakkuuarvosta. Lisäksi arvioidaan kuolleen puuston määrä kohteella.

Dronella saadaan näkyviin tietyt kohteet, esimerkiksi kalliot ja purot. Osa kohteista, esimerkiksi läheteiköt ja kosteikot, ovat kuitenkin hankalasti erotettavissa ilman maastokäyntiä. Jos vaaditaan puuston mitan levyinen suojakaista puronvarteen, tämä pystytään dronen kuvalta tulkitsemaan. Luontokohteiden käsittelyä pystyy seuraamaan nykyistä kattavammin, jos dronen ottamaan kuvaan liittävät tiedossa olevien luontokohteiden paikkatiedon.

Hakkuukoneen ajouratiedosta voitaisiin saada käsitys siitä, onko kone osannut ottaa huomioon ennakkoon tiedossa olevat luontokohteet. Silloin kun kohde on metsävaratiedossa ja kohteen raja on oikein, voidaan ajouraverkosta näkemään, onko kone kiertänyt kohteen ja miltä etäisyydeltä. Jos kohde on kierretty siltä etäisyydeltä, että koneen koura ei ulotu kohteeseen, on luontokohde todennäköisesti jätetty kokonaan käsittelemättä hakkuussa. Tällä hetkellä Metsäkeskus saa hakkuukohteen geometriat, josta pystyy näkemään, millä alueella hakkuu on tehty.

Laserkeilaus tuottaa luotettavaa tietoa lakikohteiden ja muiden arvokkaiden kohteiden turvaamisesta, jos kohteet ovat paikkatietona. Tieto tulee kuitenkin liian hitaasti useimpiin käyttötarkoituksiin.

2.2.4. Riistatiheiköt

Nykyisessä laadunarvioinnissa ei seurata riistatiheikköjen huomioon ottamista. Riistatiheikköjen seuraamisen aloittaminen voisi edistää keinon käyttöä talousmetsissä. Riistatiheiköt olisivat todettavissa luotettavasti esimerkiksi dronekuvilta.

Laserkeilausaineistoista voidaan laskea riistatiheikköisyydelle tunnus. Menetelmää on kehitetty digiriistametsä-hankkeessa, jossa on tuotettu Metsään.fi -palveluun riistakohdeaineistot 16 m × 16 m grideihin lähes koko Suomeen. Menetelmä perustuu suurelta osin laserkeilauksen alakaikuihin, ja kun pulssitiheydet kasvavat, niin erottelukyky luultavasti paranee edelleen. Tuotettua aineistoa voitaisiin



toteutuksesta voitaisiin saada myös ilmakuvauksella luotettavaa tietoa, mutta vain muutaman vuoden välein.

Metsäkoneen tuottaman tiedon osalta suojavaöhykkeiden säilymistä voitaisiin selvittää vastaavalla tavalla kuin luontokohteita silloin, kun GPS-tarkkuus on riittävä. Suojavaöhykkeen säilyminen voisi olla mahdollista ainakin periaatteessa todeta koneen tai koneen kouran sijainnin perusteella. Teknologia ei ole vielä kuitenkaan laajemmassa mittakaavassa käytettävissä. Kouraan sijoitettavan GPS-laitteen korkea hinta rajoittaa toistaiseksi laajamittaisempaa käyttöä. Todennäköisesti seuraavan viiden vuoden aikana ei ole merkittävää muutosta tapahtumassa.

Kohteelle syntynyt ajouraverkosto kertoo, onko suojakaistalla liikuttu koneilla. Tätä tarkastelua voitaisiin kohdentaa niille kohteille, joissa paikkatietoanalyysiin pohjautuvat kartat, kuten kosteusindeksi- tai eroosioherkkyysskartat, osoittavat vesiensuojelun riskipaikkoja eli tilanteita, joissa suojakaistoilla on suurempi merkitys.



3 Ennen-jälkeen seurannan kokeilu

3.1. Taustaa

Elävien säästöpuiden jättäminen ja olemassa olevan lahoppuuston säästäminen hakkuissa on osa talousmetsien luonnonhoidon suosituksia (Saaristo ja Vanhatalo 2015, Äijälä ym. 2019) sekä metsäsertifioinnin kriteereitä (PEFC-metsäsertifioinnin kriteerit 2014). Talousmetsien luonnonhoidon suosituksen mukaan kaikilla hakkuin käsiteltävillä aloilla suositellaan käyttämään vähintään seuraavia toimenpiteitä: Säästöpuista koostuvan puuryhmän tai -ryhmien rajaaminen, monimuotoisuudelle arvokkaiden yksittäisten puiden säästäminen sekä järeiden lahoppuiden säilyttäminen. Säästöpuiden valinnassa tulisi suosia talousmetsissä harvinaisia puita, esimerkiksi järeitä ja pitkälle lahonneita puita, aiempien puusukupolvien vanhoja puita, kolopuita ja palon vaurioittamia puita. Avainpuulajeina mainitaan haapa, raita ja jalot lehtipuut. Suositusten mukaan ekologista vaikuttavuutta voidaan korostaa jättämällä säästöpuiksi vanhoja ja järeitä puuyksilöitä, ja kustannustehokkuutta saadaan valitsemalla säästöpuiksi taloudellisesti vähäarvoisia puita.

Metsäsertifioinnin kriteereissä on määritelty hyvinkin yksityiskohtaisesti, mitä säästöpuilla tarkoitetaan ja millaisia säästöpuita tulisi jättää (PEFC-metsäsertifioinnin kriteerit 2014). Kriteerien mukaan säästöpuut ovat eläviä, maamme luontaiseen lajistoon kuuluvia puita. Säästöpuiksi jätetään petolintujen pesäpuut, järeät katajat, vanhat palokoroiset puut, aiemman puusukupolven järeitä puuyksilöitä, muodoltaan poikkeuksellisia puuyksilöitä, jaloja lehtipuita, kookkaita haapoja, puumaisia raitoja, tuomia ja pihlajia, tervaleppiä sekä kolopuita. Edellä lueteltujen ja järeän runkolahoppuuston puuttuessa jätetään säästöpuiksi biologisen monimuotoisuuden kannalta hyödyllisiä, rinnankorkeusläpimitaltaan vähintään 10 cm paksuja puita, joilla on hyvät edellytykset kehittyä vanhoiksi puiksi. Kriteerien mukaan runkolahoppuustolla tarkoitetaan rinnankorkeusläpimitaltaan yli 20 cm paksuja keiloja ja muita kuolleita pystypuita, pötkelöitä ja maapuita.

Säästöpuuston sekä lahoppuuston määrää ja laatua on seurattu talousmetsien luonnonhoidon laadun arvioinnissa vuodesta 1995 alkaen. Vuosittain tarkastettujen yksityismaiden leimikoiden määrä on vaihdellut noin 350 ja 1000 välillä ja tarkastettu pinta-ala 1100 ja 3900 hehtaarin välillä. Kaikilta hakkuualoilta arvioidaan elävien säästöpuiden sekä pysty- ja maalahoppuiden lukumäärä ja tilavuus. Säästöpuiksi lasketaan hakkuualan rajojen sisällä olevat säästöpuut. Luontokohteiden puita ei kirjata hakkuualan säästöpuiksi. Mitattavien elävien säästöpuiden minimiläpimitta on ollut kaikkina arviointivuosina 10 cm. Mitattavien kuolleiden säästöpuiden minimiläpimitta on vuodesta 2011 lähtien ollut 20 cm. Luonnonhoidon laadun arvioinnissa on myös pyritty arvioimaan kantojen tai hakkuutähteiden perusteella, onko varsinaisen puunkorjuun jälkeen hakkuualalta korjattu säästöpuiksi tarkoitettuja puita tai lahoppuuta. Luontokohteisiin ja hakkuualalle säästetyn puuston luonnonhoidollista laatua on arvioitu neliluokkaisella asteikolla (erinomainen, hyvä, välttävä, heikko). Puutteet luontokohteiden puuston ja hakkuualan säästöpuiden laadussa on merkitty syykoodein, joita on käytettävissä yhteensä 40 erilaista. Näitä ovat esimerkiksi seuraavat: lehtipuita olisi pitänyt säästää, kuollutta puus-toa on korjattu, tuulenkaatoja on korjattu, lahoppuita on tuhoutunut ainespuun korjuussa tai energia-puun korjuussa



Vaikka luonnonhoidon laadun arvioinnissa kerätäänkin tarkkaa tietoa hakkuukohteiden elävästä säästöpuustosta ja lahoppuustosta, arviointimenetelmään liittyy tiettyjä heikkouksia. Luonnonhoidon laadun arviointi perustuu kertakäyntiin hakkuukohteella yleensä seuraavana vuonna heti hakkuun jälkeen. Hakkuun jälkeen on melko vaikeaa arvioida varmuudella, onko esimerkiksi hakkuussa poistettu pystykuivaa puustoa tai onko eläviksi säästöpuiksi jätetty luonnonhoidon kannalta parhaat puut tai puuryhmät. Lisäksi luonnonhoidon laadun arvioinnissa ei saada tietoa siitä, poistetaanko säästöpuustoa kohteilta arvioinnin jälkeen.

Tämän pilottihankkeen tarkoituksena on ollut selvittää sitä, voisiko luonnonhoidon laadun tavoitteiden toteutumista arvioida siten, että hakkuuseen tulevilta kohteilta mitattaisiin potentiaalinen säästöpuusto ja lahoppuusto sekä ennen hakkuuta että hakkuun jälkeen. Samojen kohteiden mittaamisella ennen hakkuuta ja sen jälkeen pystytään arvioimaan sekä kuolleen puuston säilymistä hakkuussa että säästöpuuston valinnan onnistumista.

3.2. Aineisto ja menetelmät

Tarkastettavia hakkuukohteita valittiin kahdelta alueelta yhteensä 30 kappaletta: Uudeltamaalta 20 ja Pohjois-Savosta 10. Kohteet valittiin metsänkäyttöilmoitusten perusteella. Suomen metsäkeskuksen tietojärjestelmästä haettiin edellisen puolen vuoden jaksolta (1.4.–1.10.2018) kaikki metsänkäyttöilmoitukset seuraavilla kriteereillä: kivennäismaat, uudistushakkuu (koodit 5 = avohakkuu, 8 = siemenpuuhakkuu, 19 = uudistushakkuu, paperi-ilmoitukset), pinta-ala vähintään 0,5 hehtaaria. Aluejakona käytettiin poiminnassa maakuntajakoa Uusimaa, Kanta-Häme, Päijät-Häme sekä Pohjois-Savo.

Näillä kriteereillä potentiaalisia kohteita oli 9143 kappaletta. Kohdetiedot toimitettiin hankkeen käyttöön Luonnonvarakeskukseen Excel-taulukkona sekä shapefile-tiedostona. Näistä poimittiin satunnaisesti tutkittavat kohteet. Koska oli odotettavissa, että osa kohteista on jo ehditty hakata tai hankalasti saavutettavia, mahdollisia lisäkohteita valittiin kartalta satunnaista kohdista kultakin alueelta. Noin 30 kohteesta kummaltakin alueelta tuotettiin pdf-muotoiset kuviokartat 1:10 000 mittakaavassa. Kansalaisen karttapaikasta tarkistettiin ilmakuvien avulla ennakkoon, että kohde on helposti saavutettavissa ja kuviorajat hahmotettavissa. Kohteille tulostettiin lähestymiskartat.

Kohteet mitattiin ennen hakkuuta syksyllä 2018. Uudeltamaalta mitattiin 15 kohdetta ja Pohjois-Savosta 10 kohdetta. Maastossa hahmotettiin ensiksi mitattava kuvio. Jos leimikko koostui useammasta, toisistaan kiinni olevasta kuviosta, näistä valittiin yksi mitattavaksi. Koko hakattavan kuvion alalta mitattiin potentiaaliset elävät säästöpuut, joille käytettiin puulajikohtaisesti seuraavia minimiläpimittoja: koivut ≥ 40 cm, haavat ≥ 30 cm, raidat ja pihlajat ≥ 15 cm, jalot lehtipuut ja pähkinäpensas ≥ 7 cm. Elävistä puista mitattiin rinnankorkeusläpimitta sekä koordinaatit GPS:llä. Koko hakattavan kuvion alalta mitattiin myös kaikki vähintään 15 cm läpimittaiset kuolleet puut ja puunosat, joiden pituus oli vähintään 1,3 metriä. Kuolleista puista mitattiin puulaji, läpimitta, lahoaste, laatu sekä koordinaatit GPS:llä. Lahoasteen ja laadun mittauksessa käytettiin valtakunnan metsien inventoinnin kuolleen puun mittauksessa kanssa yhdenmukaisia luokituksia. Kaikille mitatuille puille annettiin kohdekohtainen juokseva numero.



Kohteet mitattiin uudelleen hakkuun jälkeen syksyllä 2019. Uudenmaan kohteista kolmea ja Pohjois-Savon kohteista yhtä ei ollut hakattu, joten hakkuun jälkeen mitattujen kohteiden kokonaismääräksi tuli yhteensä 21 kuviota. Näiden yhteispinta oli 52,0 hehtaaria (28,1 ha Uudellamaalla ja 23,9 ha Pohjois-Savossa). Ennen uusintamittausta kohteista tuotettiin mitattujen puiden puukartat 1: 10 000 mitakaavassa. Puukartoille oli merkitty puun numero sekä erivärisillä symboleilla laatu ennen hakkuuta (elävä säästöpuu, pystyyn kuollut, maapuu). Hakkuun jälkeen mittauksessa puiden paikallistamisessa käytettiin apuna puukarttaa sekä lomakekopioita ennen hakkuuta tehdystä mittauksesta. Tällä tavoin mitatuista puista oli mahdollista selvittää, olivatko ne säilyneet tai hävinneet hakkuussa, tai oliko niiden laatu muuttunut hakkuussa (esimerkiksi ennen hakkuuta pystyyn kuolleesta puusta tullut maapuu).

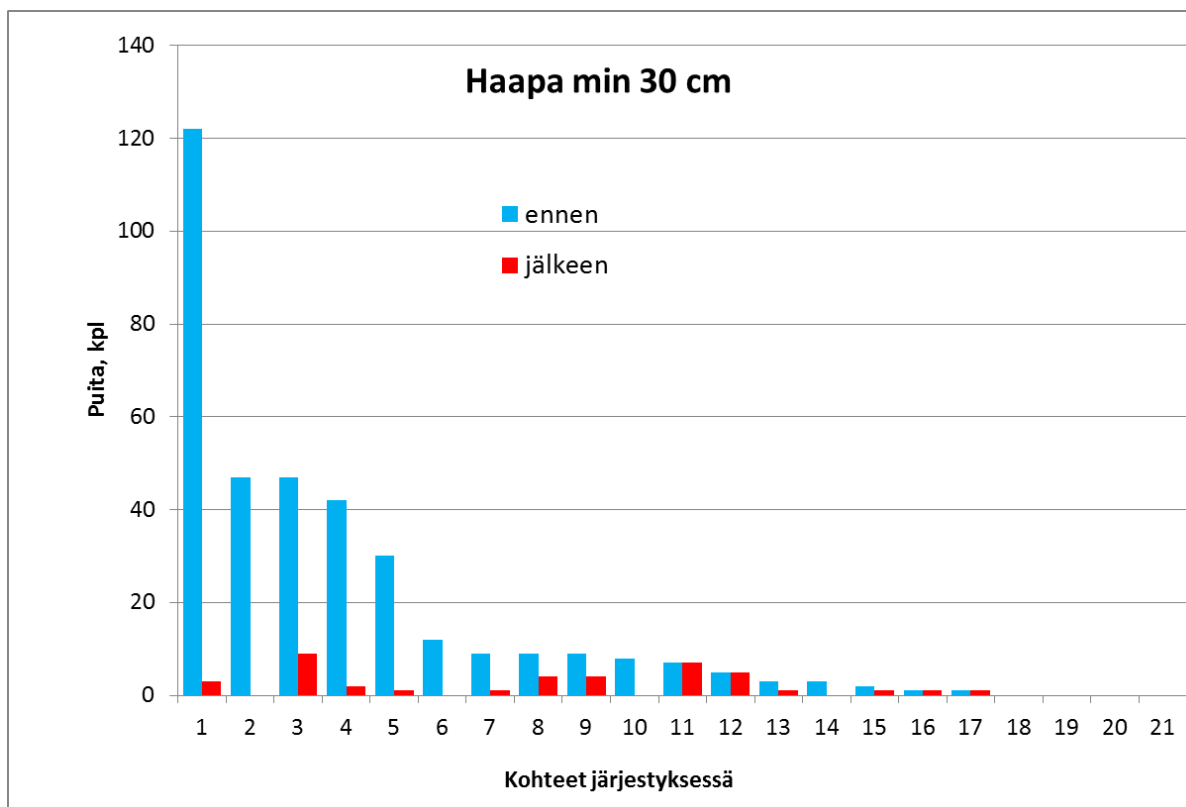
Hakkuun jälkeen mitattiin myös kaikki hakkuussa jätetty, vähintään 10 cm läpimittainen elävä säästöpuusto sekä kaikki uusi hakkuussa syntynyt, vähintään 15 cm läpimittainen lahoppuusto (esim. korjaimatta jääneet pöllit, järeät latvukset, tekopökkelöt, kaatuneet säästöpuut). Mittausten perusteella verrattiin toteutunutta säästöpuustoa potentiaaliseen säästöpuustoon ennen hakkuuta sekä lahoppuuston tilavuutta ennen hakkuuta ja hakkuun jälkeen. Koska pilottihankkeen tarkoituksena oli myös selvittää ennen-jälkeen mittauksen vaatimaa työmäärää ja ajankäyttöä mitattua hehtaaria kohden, käytetyistä työtunneista pidettiin kirjaa.

3.3. Tulokset

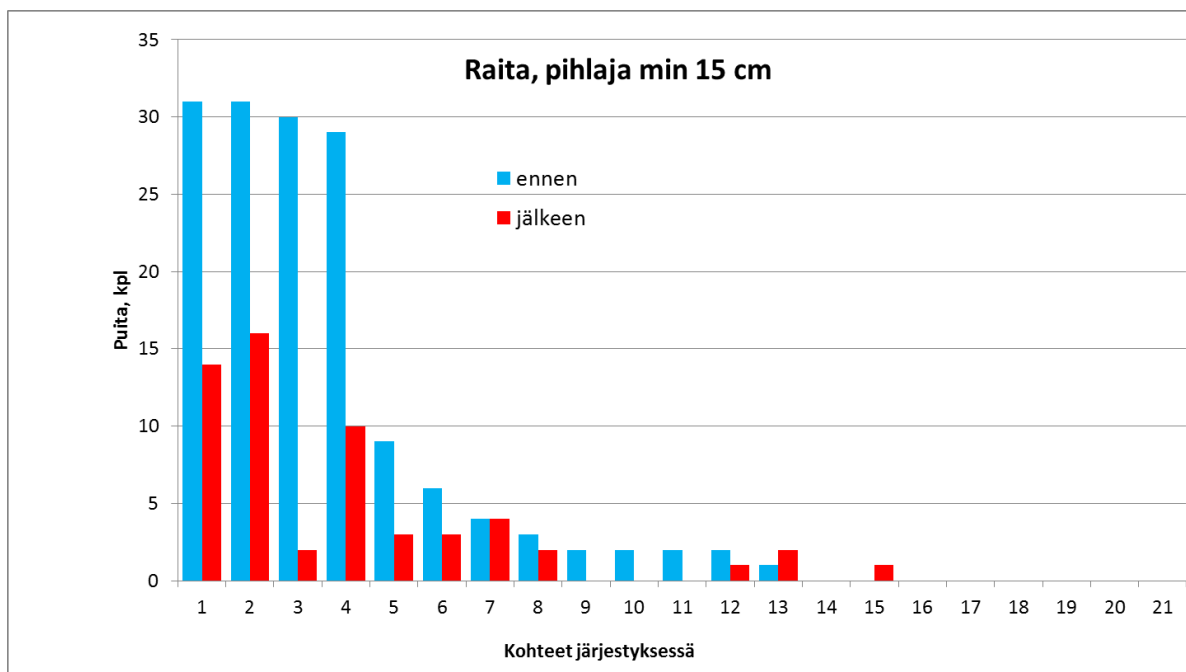
3.3.1. Elävä säästöpuusto

Ennen hakkuuta kohteilta mitattiin yhteensä 363 järeää haapaa, 197 raitaa tai pihlajaa ja 63 koivua. Haapojen määrä väheni hakkuussa 40:een eli 89 %, raitojen ja pihlajien määrä 58:aan eli 71 % ja koivujen kahdeksaan eli 87 % (kuvat 1, 2 ja 3).

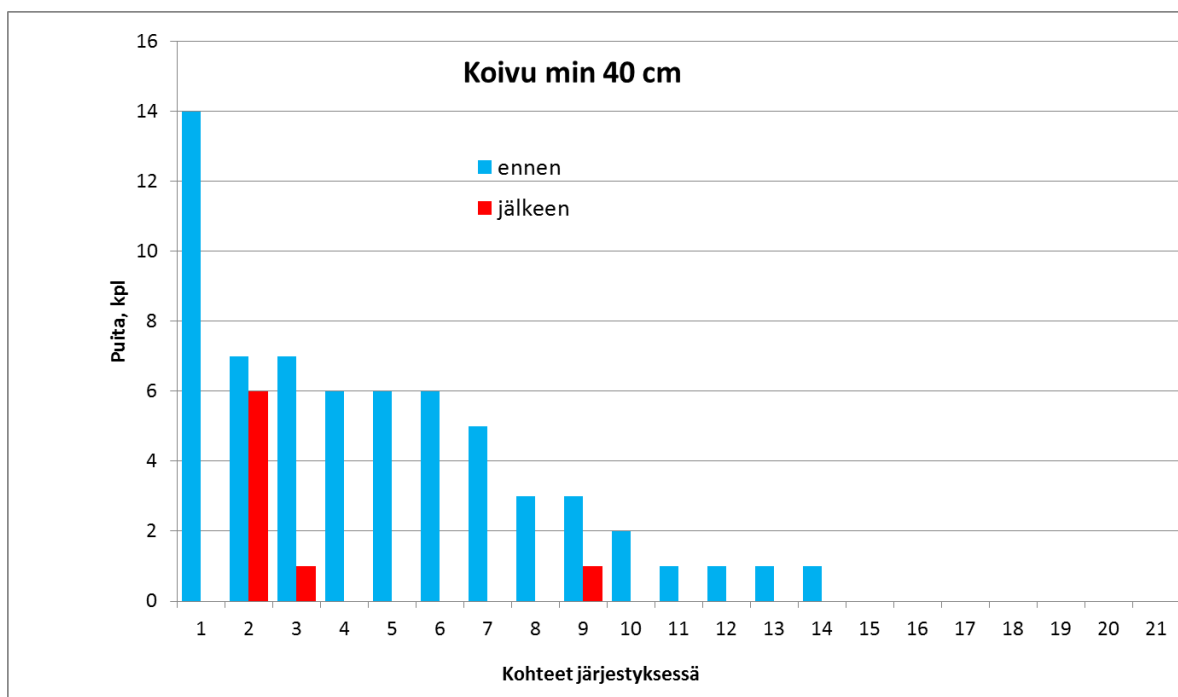
Hakkuussa oli jätetty kohteille yhteensä 756 muuta elävää säästöpuuta kuin edellä mainitut potentiaalisesti arvokkaat säästöpuut eli keskimäärin 14 puuta hehtaarille. Näistä 54 % oli 10–19 cm läpimittaisia ja vastaavasti 46 % oli vähintään 20 cm läpimittaisia. Säästöpuista valtaosa oli koivuja (38 %), mäntyjä (30 %) ja kuusia (17 %).



Kuva 1. Järeiden (≥ 30 cm) haapojen kappalemäärä mitatuilla kohteilla ennen hakkuuta ja hakkuun jälkeen. Kohteet on asetettu järjestykseen sen perusteella, kuinka paljon niissä oli järeitä haapoja ennen hakkuuta (esim. kohteella 1 yli 120 kappaletta, kohteilla 18–21 ei yhtään).



Kuva 2. Järeiden (≥ 15 cm) raitojen ja pihlajien kappalemäärä mitatuilla kohteilla ennen hakkuuta ja hakkuun jälkeen. Kohteet on asetettu järjestykseen sen perusteella, kuinka paljon niissä oli järeitä raitoja ja pihlajia ennen hakkuuta.

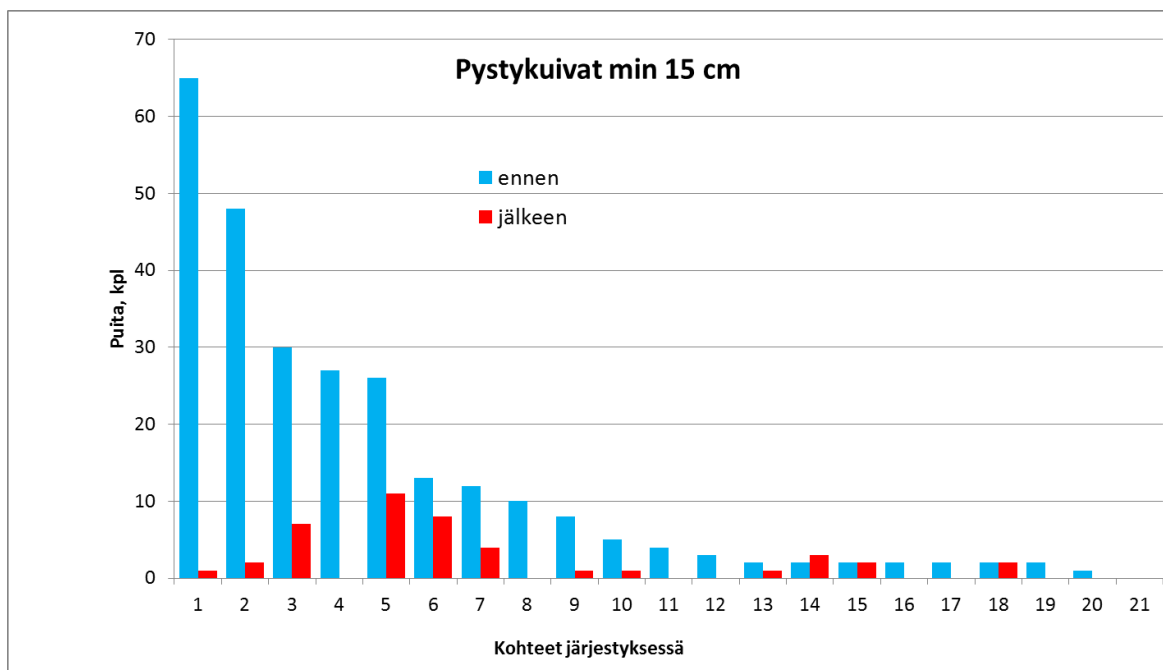


Kuva 3. Järeiden (≥ 40 cm) koivujen kappalemäärä mitatuilla kohteilla ennen hakkuuta ja hakkuun jälkeen. Kohteet on asetettu järjestykseen sen perusteella, kuinka paljon niissä oli järeitä koivuja ennen hakkuuta.

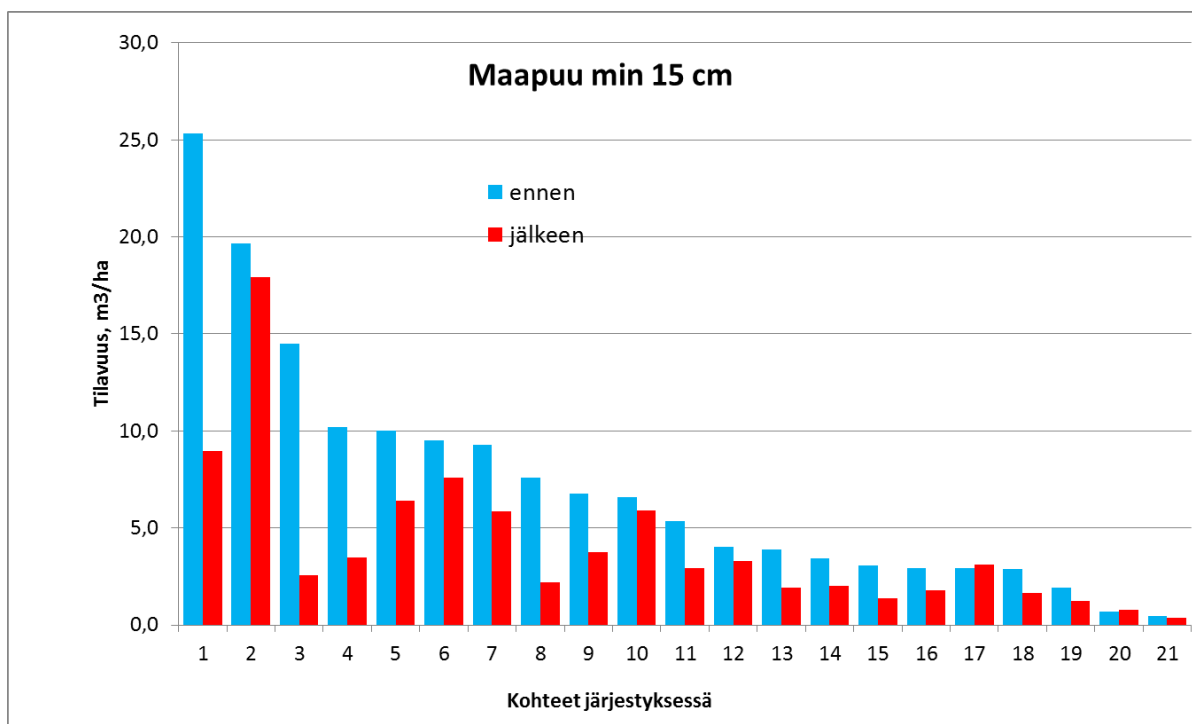
3.3.2. Kuollut puusto

Ennen hakkuuta kohteilta mitattiin yhteensä 266 kuolleita pystypuita, vähintään 15 cm läpimittaista kuollutta puuta. Näistä valtaosa (86 %) oli kuusia. Kuolleiden pystypuiden määrä laski hakkuussa 43:een eli 84 % (kuva 4).

Kuolleen maapuuston keskimääräinen tilavuus ennen hakkuuta oli $12,7 \text{ m}^3/\text{ha}$. Hakkuun jälkeen tilavuus oli keskimäärin $3,9 \text{ m}^3/\text{ha}$ eli 69 % ennen hakkuuta olleesta määrästä (kuva 5). Hakkuun jälkeisestä tilavuudesta uutta, hakkuussa syntynyttä maapuuta oli $0,5 \text{ m}^3/\text{ha}$.



Kuva 4. Pystykuivien (kuolleet pystypuut) (≥ 15 cm) kuolleiden puiden kappalemäärä mitatuilla kohteilla ennen hakkuuta ja hakkuun jälkeen. Kohteet on asetettu järjestykseen sen perusteella, kuinka paljon niissä oli kuolleita pystypuita ennen hakkuuta.



Kuva 5. Kuolleen maapuuston (≥ 15 cm) tilavuus mitatuilla kohteilla ennen hakkuuta ja hakkuun jälkeen. Kohteet on asetettu järjestykseen sen perusteella, kuinka paljon niissä oli kuollutta maapuuta ennen hakkuuta.



3.4. Tulosten tarkastelu

Tutkimuksessa selvitettiin luonnonhoidon laadun kannalta arvokkaan, potentiaalisen säästöpuuston sekä järeän lahoppuuston määrää hakkuuseen tulossa olevilla kohteilla ennen hakkuuta sekä hakkuun jälkeen. Tulosten mukaan säästöpuiden valinta ja olemassa olevan lahoppuuston säästäminen eivät toimi metsänhoidon suositusten mukaisesti. Järeästä, ennen hakkuuta olevasta arvokkaasta elävästä lehtipuustosta hävisi hakkuussa noin 90 %. Eläviksi säästöpuiksi oli jätetty näiden sijaan pääasiassa pieniläpimittaisempaa koivua ja mäntyä. Lahoppuuston tilavuus pieneni hakkuussa alle kolmasosaan. Ennen hakkuuta uudistuskypsissä metsissä on usein runsaasti lahoppuuta. Havaintojen perusteella pystykuivat puut ja usein kovia kaatuneitakin puita korjataan energiapuiksi. Pidemmälle lahonneet maapuut puolestaan usein hajoavat korjuussa ja maanmuokkauksessa.

Yksittäisten kohteiden välillä oli suurta vaihtelua sekä säästöpuuston jättämisen edellytyksissä että toiminnassa. Osalla kohteista lahoppuut oli pyritty säästämään systemaattisesti. Pystykuivat puut oli joko jätetty pystyyn tai kaadettu maahan. Kovia maapuita oli siirretty syrjään hakkuukoneen kulku-uralta. Olisi ensiarvoisen tärkeää selvittää ne syyt, miksi joillain kohteilla oli onnistuttu noudattamaan hyvin luonnonhoidon tavoitteita ja miksi toisaalta useimmilla kohteilla oli epäonnistuttu tässä.



Viitteet

PEFC-metsäsertifiointin kriteerit 27.10.2014. PEFC FI 1002:2014. 41 s.

Pasanen H., Saaristo L., Laitinen J., Partanen J., Korhonen K.T., Punttila P. & Siitonen J. (2020). Luonnonhoidon laadun seurannan tietotarpeet. Tapion raportteja 40: 1-42.

Saaristo, L. & Vanhatalo, K. (toim.) 2015. Metsänhoidon suositukset talousmetsien luonnonhoitoon, työopas. Tapion julkaisuja. 98 s.

Siitonen, J., Punttila, P., Korhonen, K. T., Heikkinen, J., Laitinen, J., Partanen, J., Pasanen, H. & Saaristo, L. 2020. Talousmetsien luonnonhoidon kehitys vuosina 1995–2018 luonnonhoidon laadun arvioinnin sekä valtakunnan metsien inventoinnin tulosten perusteella. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 69/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 71 s.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.). 2019. Metsänhoidon suositukset. Tapion julkaisuja. 252 s.

Metsätehon materiaaleja hakkuukoneella kerättävään tietoon:

http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2016_11_Kohti-puuhuollon-digitalisaatiota_FBD_jh.pdf

http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Hyyti_Aalto_Metsakoneiden_sensoritekniikka_kehitty_FBD_tulosseminaari.pdf

http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2019_04_Ajourien_automaattinen_tuottaminen.pdf

http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2019_03_Puustovaurioiden_maarittaminen.pdf

http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2018_07a_Automaattinen_toimintokuvion_rajien_muodostus.pdf

http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2017_09_Puiden_paikannustarkkuus_hakkuukoneen_tallennettuun_sijaintiin.pdf



Maistraatinportti 4 A

00240 Helsinki

tapio@tapio.fi

www.tapio.fi