

VESISTÖJEN SUOJAVYÖHYKKEIDEN RIITTÄVYYS METSÄLANNOITTEIDEN LENTOLEVITYKSESSÄ

Salo Mirva

Opinnäytetyö

Metsätalouden koulutusohjelma
Metsätalousinsinööri (AMK)

2022

Metsätalouden koulutusohjelma
Metsätalousinsinööri (AMK)

Tekijä	Mirva Salo	Vuosi	2022
Ohjaaja	Jussi Soppela		
Toimeksiantaja	Päijänteen Metsänhoitoyhdistys ry		
Työn nimi	Vesistöjen suojavyöhykkeiden riittävyys metsälannoitteiden lentolevityksessä		
Sivumäärä	31		

Metsälannoittaminen on tehokkain tapa lisätä puuston kasvua ja hiilensidontaa, mutta lannoittaminen kuormittaa vesistöjä ravinteiden huuhtoutumisen vuoksi. Vesiensuojeluun kiinnitetään valtakunnallisesti huomiota, ja tutkimustuloksien avulla pyritään jatkuvasti tehostamaan vesiensuojelua erilaisilla toimilla.

Opinnäytetyön tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, ovatko metsälannoitteiden lentolevitystä varten määriteltyjen vesistöjen suojavyöhykkeet riittävän leveät. Toimeksiantaja, Päijänteen Metsänhoitoyhdistys, esitti työharjoitteluni ohessa kiinnostuksensa vesiensuojelun onnistumiseen lentolannoituksien yhteishankkeessaan.

Tutkimukset suoritettiin Päijänteen Metsänhoitoyhdistyksen lentolevityksen yhteishankkeen kohteilla. Tutkittavat kohteet sijaitsivat järvien tai lampien rannoilla, ja jokainen tutkittava kohde erosi maasto-ominaisuuksiltaan toisistaan. Lannoitteiden leviämistä mitattiin maastoon asennettujen suppiloiden avulla vesistöjen suojavyöhykkeiltä ja lannoitettavien kuvioiden puolelta. Lannoituksen suorittamisen jälkeen suppiloihin kertyneet lannoiterakeet pussitettiin ja punnittiin tuloksien keruuta varten.

Tutkimuksen tuloksista nähdään, että ohjeistuksen mukainen 50 metrin levyinen suojavyöhyke on riittävän leveä välttämään lannoitteiden leviämisen suoraan vesistöihin. Mittaustulosten perusteella suojavyöhykkeen alueelle levisi lannoitteita, mutta huomattavasti vähemmän kuin lannoitettavalle kuviolle. Työn toteutuksen laatu eli levityslinjat ja levityksen onnistuminen nousivat vesiensuojelun onnistumisen kannalta merkittävämmäksi tekijäksi.

Avainsanat lentolevitys, metsälannoitus, suojavyöhyke, vesiensuojelu

Forestry
Forestry Engineer

Author	Mirva Salo	Year	2022
Supervisor	Jussi Soppela		
Commissioned by	Forest management association Päijänne		
Subject of thesis	Adequacy of water protection zones in aerial spreading of fertilizer by helicopter		
Number of pages	31		

Forest fertilization is the most effective way to increase tree growth and carbon bonding, but fertilization loads water bodies due to nutrient leaching. National attention is paid to water conservation and research results are continuously aimed at enhancing water conservation through a variety of activities.

The objective of the study of the thesis was to find out whether the protection zones of water bodies defined for the flight spreading of forest fertilisers are wide enough. The contractor, Forest management association Päijänne, expressed an interest in the success of water conservation in its joint project on aerial fertilization.

The surveys were carried out at sites of the Forest management association's flyover joint project. The sites under study were located on the shores of lakes or ponds, and each object under study differed in terrain characteristics from each other. The spread of fertilizers was measured by funnels installed on the terrain from the protective zones of water bodies and on the side of the patterns to be fertilized. After carrying out fertilization, the fertilizer granules accumulated in the funnels were bagged and weighed for the collection of results.

From the results of the study, it is seen that the 50 m wide protection zone according to the guidelines is wide enough to avoid the spread of fertilizers directly into waterbodies. Based on the results of measurements, fertilizers spread to the area of the protection zone, but significantly less than for the pattern to be fertilized. The quality of the implementation of the work, namely the distribution lines and the success of the application, became a more important factor for the success of water conservation.

Key words aerial spraying, exclusion area, forest fertilization, water conservation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	METSÄLANNOITUS	7
2.1	Käsin levitys	7
2.2	Maalevitys	8
2.3	Ilmalevitys	8
3	VESIENSUOJELU	12
3.1	Metsätalouden vesistökuormitus	12
3.2	Metsälannoittamisen vesistövaikutukset	13
3.3	Ravinteiden huuhtoutuminen	13
3.4	Metsälannoittamisen vesiensuojeluratkaisut	14
4	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	17
4.1	Kohteiden valinta	17
4.2	Suppiloiden asettelu	17
5	TUTKIMUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	22
5.1	Lannoitemäärät	22
5.2	Lannoitteiden kertymät	22
5.3	Levityslinjat	24
5.4	Tuulen vaikutus	26
6	POHDINTA	28
	LÄHTEET	30

1 JOHDANTO

Suomen vesistöjen suurimpia kuormittajia ovat haja-asutus, teollisuus, kalankasvatus, turvetuotanto sekä maa- ja metsätalous. Metsät kuormittavat vesistöjä niin metsätalouden toimenpiteiden kuin luonnonhuuhtoumien vuoksi. (Joensuu, Kauppila & Vuollekoski 2015, 16.) Luonnollinen eroosio, ojittaminen, maanmuokaus, hakkuut ja metsän lannoittaminen aiheuttavat ravinnehuuhtoumia sekä kiintoaineen valumista vesistöihin horjuttaen vesistöjen koko ekosysteemiä. Ravinteiden huuhtoutuminen lisää vesistön kasvillisuutta ja kiintoaineen valuminen vesistöön aiheuttaa vedenpohjan liettymistä. (Finér, Laurén & Saari 2009, 7.)

Metsätalouden aiheuttamaa vesistökuormitusta seurataan jatkuvasti erilaisilla tutkimuksilla ja haetaan lisää keinoja, jotta vesistökuormitusta saataisiin vähennettyä. Luonnon monimuotoisuuden lisäämisen ja luonnonsuojelun kautta myös metsänomistajien kiinnostus vesiensuojelua kohtaan on kasvanut. Metsäalan eri organisaatiot noudattavat vaadittavia vesiensuojelun toimenpiteitä kaikilla metsänhoidon osa-alueilla.

Metsälannoittaminen on kannattava ja tuottoa lisäävä sijoitus, joka lisää puuston kasvua ja metsän kiertoaika nopeutuu. Kasvatuslannoitusten suositeltu levitysajankohta on harvennusten jälkeen. Pääasiassa taimikoille levitettävällä terveyslannoituksella korjataan puuston ravinnepuutoksia, jolloin metsän kasvu pääsee vauhtiin, metsä vahvistuu ja kestää tulevaisuudessa paremmin muun muassa taudinaiheuttajia. Lannoittaminen kasvattaa myös metsien sien- ja marjasatoja. Hyvin kasvava puusto myös sitoo enemmän hiilidioksidia ja toimii tehokkaana hiilinieluna. (UPM Metsä 2021, 3–12.) Esimerkiksi Metsähallitus on lisännyt vuosittaista metsälannoitusmäärää metsien hiilensidonnan parantamiseksi (Hiltula 2021).

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Päijänteen Metsänhoitoyhdistys, jonka palveluksessa suoritin harjoittelujakson kesällä 2020. Päijänteen Metsänhoitoyhdistyksen asiakkaat ovat olleet kiinnostuneita lentolevityksen vesiensuojelun onnistumisesta levityksiä suorittaessa, joten toimeksiantaja tarjosi minulle tätä opinnäytetyön aihetta harjoittelujaksoni yhteyteen.

Lentolevitys on huomiota herättävää toimintaa, sillä matalalla lentävä tai pellolle laskeutunut helikopteri jää harvoin huomaamatta. Helikopterin nopeat liikkeet ja ilmassa lentävät lannoitteet aiheuttavat usein hämmennystä ja huolta vesistöjen puolesta. Opinnäytetyön tutkimustyö suoritettiin yhteistyössä metsänlannoittamisen palveluja tarjoavan ForestVital Oy:n kanssa.

Tutkimus suoritettiin toimeksiantajan yhteislannoitushankkeen vesistöjen rannoilla sijaitsevilla kohteilla. Tutkimuksessa ei vertailla levitettävien lannoitteiden eroja, vaan painotetaan levityksen työnjäljen laadun analysointia. Opinnäytetyössä olevat kuvat olen ottanut tutkimuksen suorittamisen yhteydessä. Opinnäytetyön tarkoituksena on havainnoida lentolevityksen laatuun vaikuttavia tekijöitä ja vastata seuraavaan tutkimuskysymykseen:

- Ovatko vesistöjen suojavyöhykkeet riittävän leveät lannoitteiden lentolevityksessä?

2 METSÄLANNOITUS

Metsälannoittaminen on tehokkain tapa lisätä puuston kasvua, sillä jo yksi lannoituskerta nopeuttaa puuston kasvua ja järeytymistä sekä lisää puuston tuottavuutta. Kasvupaikasta riippuen, lannoittaminen lisää suometsissä puuston vuotuista kasvua jopa 2–5 ja kivennäismailla 1,8–2,5 kuutiometriä hehtaarilla. Lannoittamalla saatava kasvunlisäys lisää metsän hiilensidontaa jopa 10 000 kilogrammaa hehtaarilla. (Yara 2017, 2–4, 16, 24.)

Metsälannoittamisella on tarkoituksena tasapainottaa metsämaan ravinnetilaa lisäämällä puutteellisia ravinteita kasvatettavan puuston tarpeen mukaan (Yara 2017, 8). Lannoittamistarpeen arvioiminen voidaan tehdä silmämääräisesti puuston oireiden, kehitysluokan ja kasvupaikan viljavuuden perusteella. Näkyvät puutosoireet kertovat puuston kärsineen kasvu- tai kehityshäiriöistä. Puutosoireita ovat esimerkiksi puuston heikentynyt kasvu, pensasmaisuus ja kellertyneet neulas. (Äijälä, Koistinen, Sved, Vanhatalo & Väisänen 2014, 169.)

Neulas- ja maa-analyysillä saadaan selvitettyä maaperän tarkempi ravinnetila. Ravinteiden puutteesta kärsivillä kohteilla ravinneanalyysi tehdään ennen hakuita ja kunnostusajituksia. Ravinneanalyysi tarvitaan myös metsitetyillä pelloilla ja paksuturpeisilla soilla. (Äijälä ym. 2014, 169.) Heikkolaatuiset, lahovikaiset ja erittäin kiviset kohteet ovat taloudellisesti kannattamattomia lannoituskohteita (UPM Metsä 2021, 8).

2.1 Käsin levitys

Lannoitteiden käsin levitys sopii omatoimiselle metsänomistajalle. Lannoitesäkit kuljetetaan lannoitettavalle kuviolle valmiiksi ja lannoitteet levitetään käsityönä heittelemällä käyttäen apuna esimerkiksi äyskäreiä. Lannoitteiden käsin levitys sopii pienille ja vaikeasti saavutettaville kuvioille. Metsänomistaja voi käyttää levityksessä hyväkseen omaa traktoria ja lannoitteiden pintalevitintä. (Yara 2017, 22–23.)

Reppuruiskulla voidaan levittää boorilannoitteita boorin puutoksesta kärsiville pienehköille kuvioille. Reppuruiskulla levittäminen sopii haastavimmille kohteille, jotka sijaitsevat esimerkiksi asuinalueen läheisyydessä tai ovat pellonmetsitys-alueita. (UPM Metsä 2021, 10.)

2.2 Maalevitys

Metsätraktorilla suoritettava maalevitys on ilmalevitystä edullisempi ja tarkempi levitysmenetelmä. Maalevityksen suorittaminen vaatii kantavan maan ja ajouraverkoston, minkä vuoksi suositellaan, että maalevitys suoritetaan mahdollisimman pian harvennuksen jälkeen, jolloin ajourat ovat hyvin näkyvillä. (Yara 2017, 22.)

Maalevitys soveltuu hyvin mäntyvaltaisille kesäkorjuukelpoisille kohteille ja lannoitteiden levitystä suunnitellaan jo puunkorjuun suunnittelun yhteydessä (UPM Metsä 2021, 10). Tuhkalannoitteiden maalevitystä turvemaille suositellaan talvi-aikaan välittömästi puunajon jälkeen, jotta jäätyneet ajourat kantavat levityskalustoa (Maa- ja metsätalousministeriö 2022a). Kemiallisten lannoitteiden levitys turvemaille suositellaan tehtäväksi juuri ennen kuin kunnostusojitus toteutetaan, jotta ojiin päätyneet rakeet voidaan kaivaa pois (Joensuu ym. 2015, 16).

2.3 Ilmalevitys

Helikopterilla (Kuvio 1) suoritettava ilmalevitys toteutetaan pääasiassa usean metsänomistajan yhteishankkeena, jotta levitys saadaan mahdollisimman kustannustehokkaaksi. Ilmalevitys sopii kohteille, joilla maalevitys ei ole mahdollista maaston ominaisuuksien tai ajourien puuttumisen vuoksi. (UPM Metsä 2021, 10.)



Kuvio 1. Ilmalevitystä

Lannoituksen suorittaminen ei ole suoraan kytköksissä hakkuiden suorittamiseen, joten ilmalevityksellä lannoitteita voidaan levittää väljemmällä aikataululla. Esimerkiksi ravinnepuutoksista kärsivien nuorten metsien terveyslannoitus voidaan suorittaa jo ennen ensiharvennusta. (Maa- ja metsätalousministeriö 2022a.)

Lentolevityksenä levitetään kemiallisia lannoitteita ja rakeistettuja tuhkalannoitteita. Lentolannoitus on nopea ja tehokas tapa lannoittaa metsiä. Ilmalevityksen onnistuminen kustannustehokkaasti vaatii tarpeeksi laajan lannoitevaraston, jonka välittömään läheisyyteen lentolevityskalustoon kuuluva kuorma-auto saadaan pysäköityä ja voidaan laskeutua helikopterilla (Kuvio 2). Kuorma-autolla avustetaan helikopteria levityslaitteen täyttämässä ja muissa huoltotoimissa. (Muhonen 2020.)



Kuvio 2. Varastopaikka

Varastopaikalla tulee olla tarpeeksi tilaa helikopterille ja lannoitteille sekä lannoitusoperaatioon kuuluvalla kuorma-autolle. Lentolevityksen kustannusten pienentämiseksi yhdeltä varastopaikalta suositellaan lentomatkaa alle kaksi kilometriä lannoitettaville kohteille ja lannoitettavien kohteiden tulisi olla yhteensä vähintään 30 hehtaaria. Siirtyminen varastopaikalta seuraavalle varastopaikalle suunnitellaan niin, että siirtyminen on mahdollisimman helppoa eikä helikopterin siirtymämatka olisi mahdollisuuksien mukaan kovin pitkä. (Huotari 2012, 44.)

Kun varastopaikkojen ja lannoituskohteiden sijainnit ovat varmistuneet, helikopterin kuljettajaa varten piirretään kartalle levitysalueet, rajataan lannoitettavalta kuviolta pois suojavyöhykkeet ja muut mahdolliset huomioonotettavat asiat, esimerkiksi piha-alueet. Helikopterissa on GPS-ohjelma, joka ohjaa lentäjää levittämään lannoitteet suunnitelluille kuvioille. Lentäjän tekemät lento- ja levityslinjat tallentuvat lentokartalle lannoitteiden vapautuksen mukaan (Kuvio 3). Lentolevityksessä lannoitteiden leviämisleveys on noin 40 metriä (Muhonen 2020).



Kuvio 3. Levityskartta

3 VESIENSUOJELU

Vesilaissa vesistöllä tarkoitetaan järveä, lampea, jokea, puroa ja muuta luonnollista vesialuetta sekä tekojärveä, kanavaa ja muuta vastaavaa keinotekoisista vesialuetta. Vesistönä ei kuitenkaan pidetä noroa, ojaa ja lähdettä. (Vesilaki 587/2011 1:3 §.) Noro ja lähde määritellään metsälaissa monimuotoisuudelle erityisen tärkeiksi elinympäristöiksi (Metsälaki 1996/1093 3:10 §).

3.1 Metsätalouden vesistökuormitus

Metsätalouden toimenpiteet kuormittavat vesistöjä ja vesistöihin laskeutuu ravinteita myös luonnonhuuhtoutumana (Joensuu ym. 2015, 5). Luonnonhuuhtoutumalla tarkoitetaan maaperästä sateen ja muun sääilmiön irrottamaa kiintoainetta, joka kulkeutuu vesistöön (Heikkinen ym. 2012, 14). Tutkimuksissa ja Suomen virallisissa tilastoissa typen ja fosforin luonnonhuuhtouman määrät vaihtelevat suuresti. Typen ja fosforin luonnonhuuhtoutumien arviointimenetelmät, laskentapinta-alat, seurantajaksojen kestot ja tutkimusalueiden sijainnit eroavat toisistaan, joten tuloksista ei voida tehdä vuotuisien erojen vertailuanalyseja. (Finér ym. 2020, 15.)

Typpeä ja fosforia pidetään vesistöille haitallisimpina ravinteina. Suomen vesistöjen keskimääräisestä kokonaisfosforikuormituksesta arvioidaan noin viisi prosenttia ja kokonaistypikuormituksesta noin kahdeksan prosenttia johtuvan metsistä ja soista. (Heikkinen ym. 2012, 11, 14.) Metsätalouden arvioidaan aiheuttavan metsistä ja soilta tulevasta kokonaisfosforikuormituksesta 25 ja kokonaistypikuormituksesta 16 prosenttia (Finér ym. 2020, 36).

Metsätalouden aiheuttaman vesistökuormituksen suuruuteen vaikuttavat kohteen maasto-ominaisuudet, etäisyys vesistöön, metsänhoidollinen toimenpide sekä eroosio ja sademäärät. Kunnostusojitus ja kuivattavat maanmuokkausmenetelmät ovat metsätalouden suurimpia vesistökuormittajia. Kaivaminen aiheuttaa valumavesissä kulkeutuvaa kiintoainetta, joka vesistöissä aiheuttaa pohjan liettymistä ja veden samentumista. (Heikkinen ym. 2012, 14–15.)

3.2 Metsälannoittamisen vesistövaikutukset

Metsälannoittamisen aiheuttama ravinnekuormitus vaikuttaa vesistöjen koko ekosysteemiin. Ravinteiden huuhtoutuminen vesistöön lisää vesikasvillisuutta, joka aiheuttaa vesistöissä lisääntyneen orgaanisen aineen vuoksi talvisen happikatkon. Kun vesistön ravinnetaso kohoaa, perustuotanto kasvaa ja vesistön eliötaso muuttuu. (Finér ym. 2009, 7.)

Vesistöjen lajikoostumus muuttuu, kirkasvetisissä ja karuissa vesissä viihtyvät lajit väistyvät. Lohikalat vähenevät, kalasto lisääntyy ja muuttuu särkikalavaltaisemmaksi. Koska kalat syövät vain suuria eläinplanktoneja, pienet tehottomat eläinplanktonit lisääntyvät ja levän määrä kasvaa. Myös vesistön pohjan happiolosuhteet heikentyvät ja vähentävät pohjaeliöstön määrää. (Ympäristöministeriö 2014.)

3.3 Ravinteiden huuhtoutuminen

Kivennäismaiden typpilannoituksen jälkeen typpilannoitteita huuhtoutuu eniten kahden ensimmäisen vuoden aikana. Pohjavesiin voi typpilannoituksen vuoksi huuhtoutua nitraattia. Tutkimuksien mukaan typpeä on huuhtoutunut NPK-lannoitteilla talviaikaan lannoitetuilta karuilta soilta. Soilla vain sulaan maahan levitettävää ureapohjaista typpilannoitetta suositellaan levitettäväksi syyskesän ja syksyn aikana. (Joensuu, Kauppila, Lindén & Tenhola 2012, 38–39.)

Tutkimuksissa on havaittu, että vesistöjen fosforikuormitus ei ole yleensä kasvanut kivennäismaiden fosforilannoituksesta eikä turvemaiden tuhkalannoituksen yhteydessä. Kivennäismaat ja tuhka sisältävät rauta- ja alumiiniyhdisteitä, joihin fosfaatti sitoutuu. Laadukkaasti suoritettu tuhkalannoitus ei lisää merkittävästi fosforin huuhtoumaa, mutta suoraan ojiin ja vesistöihin levitetty tuhkalannoite lisää ravinteiden ja raskasmetallien huuhtoutumista. Pohjavesiin fosforin huuhtoutuminen tutkimuksien mukaan on ollut vähäistä. (Heikkinen ym. 2012, 81.)

Happamien turvemaiden lannoitus lannoitteilla, jotka sisältävät vesiliukoista fosforia, lisää fosforin huuhtoutumista. Karuilla soilla on huuhtoutumisriski myös hi-

taasti liukenevaa fosforia sisältävillä lannoitteilla, sillä karujen soiden turve ei juurikaan sisällä fosfaatin sitoutumiseen tarvittavia rauta- eikä alumiiniyhdisteitä. (Joensuu ym. 2012, 39.)

3.4 Metsälannoittamisen vesiensuojeluratkaisut

Lannoituksien suunnitteluvaiheessa tulee kiinnittää huomioita lannoitteiden ja levitysmenetelmän valintaan sekä huomioida vesiensuojelun vaatimukset. Lannoitteen tulee sopia ravinnesisällöltään levitettävälle kohteelle ja kemialliset lannoitteet levitetään sulan maan aikana. Talvella voidaan levittää tuhkalannoitteita lumiseen maahan. Ilmalevitettävän tuhkan tulee olla rakeistettua pölyämisen estämiseksi (Kuvio 4). Tuhkalannoitteelta vaaditaan tuoteseloste, jotta ympäristölle turvallisia raskasmetallipitoisuusmääriä ei ylitetä levittämällä tuhkaa liikaa lannoitettavalle kohteelle. Lannoitteita ei levitetä suoraan vesistöihin. (Joensuu ym. 2012, 38–40.)



Kuvio 4. Rakeistettu tuhkalannoite

Lannoituksia ei suoriteta tärkeille vedenhankintaan tarkoitetuille luokan 1 pohjavesialueille, muille vedenhankintaan soveltuville luokan 2 pohjavesialueille (Maa- ja metsätalousministeriö 2022a), eikä metsälain mukaisille erityisen tärkeille elinympäristöille (UPM Metsä 2021, 8.). Erityistapauksissa voidaan pohjavesialueilla suorittaa metsänlannoituksia, jos puuston terveystila lannoitteita vaatii. Tällöin tulee arvioida lannoitusten pohjavesivaikutukset ja olla yhteydessä ELY-keskukseen lannoitusedellytysten varmistamiseksi. (Joensuu ym. 2012, 39.)

Tutkimuksissa on todettu, että tehokkain tapa suojella vesistöjä on suojavaohykkeen jättäminen vesistöjen ja ojien reunoille. Suojavaohyke tarkoittaa vesistön tai ojan ja lannoitettavan alueen väliin jätettävää muokkaamatonta ja käsittelemätöntä kaistaletta. (Heikkinen ym. 2012, 9.) PEFC-metsäsertifiointin kriteeri 17 (PEFC FI 1002:2014, 24) ja FSC-standardikriteeri 6.3.9 (Suomen FSC-standardi 2010, 30) kieltävät lannoitteiden levittämisen suojavaohykkeelle.

Ojitetulla metsänkäsittelyalueella suojavaohykkeiden noudattamisen lisäksi ojien valumavedet ohjataan laskeutumisaltaan kautta pintavalutuskentälle. Pintavalutuskentän tarkoituksena on pidättää ojista huuhtoutuvia kiintoaineita ja ravinteita sekä estää niiden valumista suoraan vesistöön. (Heikkinen ym. 2012, 9–10, 14, 84.)

Suojavaohykkeen leveyteen vaikuttavat vesistön tai pienveden tyyppi ja luonnon-tilaisuus, maanpinnan kaltevuus sekä maalaji (Joensuu ym. 2012, 39). Kankaiden ja soiden väliin jätettävä vaihettumisvyöhyke toimii myös suojavaohykkeenä (Maa- ja metsätalousministeriö 2022b). Suojavaohykkeellä sijaitseva rikkoutumaton maa pidättää ja luontainen pintakasvillisuus (Kuvio 5) käyttää ravinteita hyödykseen estäen ravinteiden huuhtoutumisen vesistöihin (Lehmann & Schroth 2003, 155).



Kuvio 5. Suojavyöhyke

Suojavyöhykkeen leveys maalevitystä suorittaessa on purojen molemmilla reunoilla vähintään 10–15 metriä, ojien molemmilla reunoilla vähintään viisi metriä, muiden vesistöjen rannoilla vähintään 50 metriä ja lentolevityksessä suojavyöhykkeen leveys on aina 50 metriä. Luonnon monimuotoisuuden tärkeiden elinympäristöjen ympärillä suojavyöhykkeen leveys tulee olla vähintään 20 metriä. (Finér ym. 2009, 17.) Tarkasta suunnittelemisesta huolimatta vesiensuojelun onnistumisen ratkaisee lopulta aina työn toteuttajan huolellisuus ja työjäljen laatu (Joensuu ym. 2012, 38).

4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

4.1 Kohteiden valinta

Tutkimus suoritettiin vuonna 2020 Päijänteen Metsänhoitoyhdistyksen yhteishankkeen lentolannoituskohteilla touko-heinäkuun välisenä aikana. Metsälannoitusten maa- ja ilmalevityksiin erikoistunut yritys ForestVital toteutti lannoitukset ja huolehti lannoitusten logistiikasta. ForestVitalin aliurakoitsija, helikopterilentoihin erikoistunut ruotsalainen yritys Kallax Flyg Ab suoritti levityksen. (Muhonen 2020.)

Tutkimuksen kohteet valikoituvat Päijänteen Metsänhoitoyhdistyksen yhteislannoitushankkeessa olevista vesistöjen rannoilla sijaitsevista lannoituskohteista, joille kulkeminen tutkimusvälineiden kanssa oli mahdollista. Rajallisen ajankäytön ja välimatkojen vuoksi tutkimus toteutettiin vain Päijänteen Metsänhoitoyhdistyksen eteläisen puolen lannoituskohteilla, jotka olivat keskenään hyvin erilaisia. Kohteilla käytettävät lannoitteet ja maaston muodot vaihtelivat. Kallioiset rannat jätettiin tutkimuksesta pois, sillä kallioisilla rannoilla suojavyöhykkeen leveys suunnitellaan aina niin, ettei kallioille levitetä lannoitteita, joten suojavyöhyke olisi ollut liian leveä tutkimuksen suorittamiseksi. (Muhonen 2020.)

4.2 Suppiloiden asettelu

Ennen lentolevityksen toteutusta kävimme ForestVitalin Olli Muhosen kanssa valikoituneiden tutkimuskohteiden maasto-ominaisuuksia läpi ja tarkensimme tutkimussuunnitelmaani. Mittausjonojen tiheyden ja pituuden suunnittelimme käytössä olevien mittausvälineiden määrän ja vesistön rantaviivan mukaan, jotta saatiin tutkimustuloksia mahdollisimman tasaiselta alueelta. Ensimmäisenä tutkimuspäivänä kohteille 1, 2 ja 3 (Taulukko 1) sain avukseni ForestVitalin kesätyöntekijän, muina päivinä suoritin suppiloiden asettelun ja tulosten keruun yksin.

Taulukko 1. Kohteiden mittausjonojen merkintä ja lannoitteen levityspäivämäärä

Kohde	Mittausjonojen määrä	Mittausjonojen merkintä	Levityspäivämäärä
1.	2 kpl	A & B	11.5.2020
2.	2 kpl	C & D	11.5.2020
3.	4 kpl	E, F, G & H	11.5.2020
4.	2 kpl	I & J	19.7.2020
5.	4 kpl	K, L, M & N	25.7.2020

ForestVitalin pyöreitä suppiloita minulla oli käytössäni 22 kappaletta. Suppilon halkaisija on 50 senttimetriä ja pinta-ala noin 0,2 neliometriä (Kuvio 6). Suppilot asetettiin maastoon mahdollisimman suoraan linjaan tulosten keruuta varten.



Kuvio 6. Suppilo

Tutkimuksessa käytettiin pääasiassa vain suppiloita, mutta kahdella kohteella oli käytössä myös yhdet kangaskorit, jotta saatiin mahdollisimman monta mittausjonoa jokaiseen kohteeseen. Tutkimuskohteilla lannoitemäärien mittauksia varten käytössä olleet ForestVitalin lainaamat kangassuppilot ja suorakulmaisen muotoiset kankaisten korit (Kuvio 7) aseteltiin suoraan jonoon veden rajasta lannoitettavalle alueelle juuri ennen levityksen toteutusta. Kankaisten korin mitat ovat 1 x 2 metriä ja pinta-ala kaksi neliometriä.



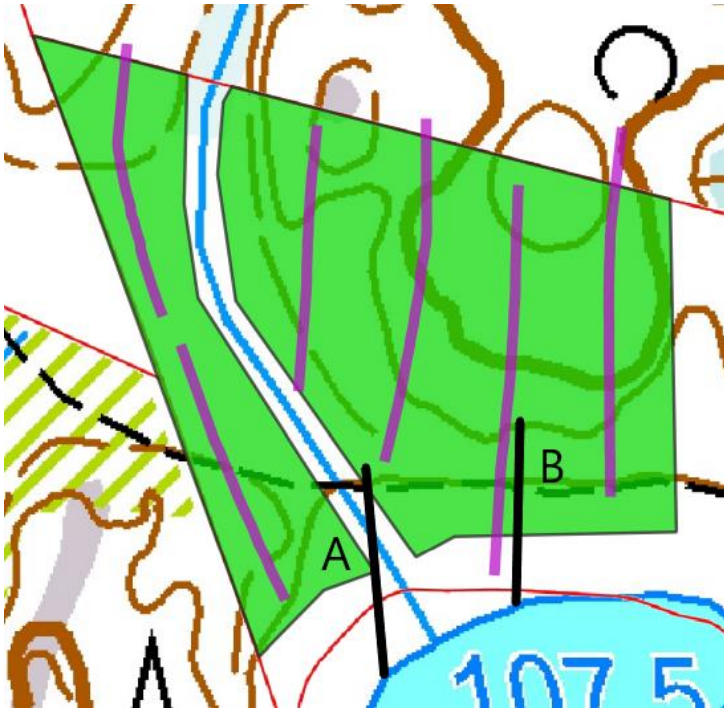
Kuvio 7. Kankainen kori

Suppilot ja kankaiset korit aseteltiin suoraan jonoon 15 metrin välein niin, että ensimmäinen suppilo oli aivan vedenrajassa (Kuvio 8), seuraavat suppilot olivat 15 metrin, 30 metrin, 45 metrin, 60 metrin ja viimeinen 75 metrin päässä vedenrajasta. Suojavyöhykkeen leveys lannoituskohteilla on 50 metriä.



Kuvio 8. Mittausjonon ensimmäinen suppilo

Asettamalla suppiloita suojavyöhykkeelle ja lannoitettavalle kuviolle, saatiin vertailuaineistoa tutkittavalle alueelle leviävästä lannoitemäärästä. Yhdessä mittausjonossa oli viisi suppiloa, joiden välimatkat rantaan mitattiin jalkamitalla ja etäisyys varmistettiin puhelimen GPS-karttasovelluksella. Mittausjonot merkittiin kirjaimin tuloksien vertailua varten (Kuvio 9).



Kuvio 9. Ensimmäinen kohde

Vesistöjen rannoilla toteutettuja lentolevityksiä oli kolmena eri päivänä ja aineistoa kerättiin viiden eri lammen tai järven rannalta yhteensä neljäntoista eri mitausjonolta (Taulukko 1, ks. s. 18). Levityksen jälkeen suppiloihin kertyneet rakeet kaadettiin omiin pusseihin ja pusseihin merkittiin suppilon sijainti. Lannoite-rakeiden nopea pussittaminen oli välttämätöntä varsinkin kosteissa olosuhteissa rakeiden nopean sulamisen vuoksi. Kerätyt rakeet punnittiin digitaalisella vaa'alla ja painot merkittiin Excel-taulukkoon vertailua varten gramman tarkkuudella.

5 TUTKIMUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

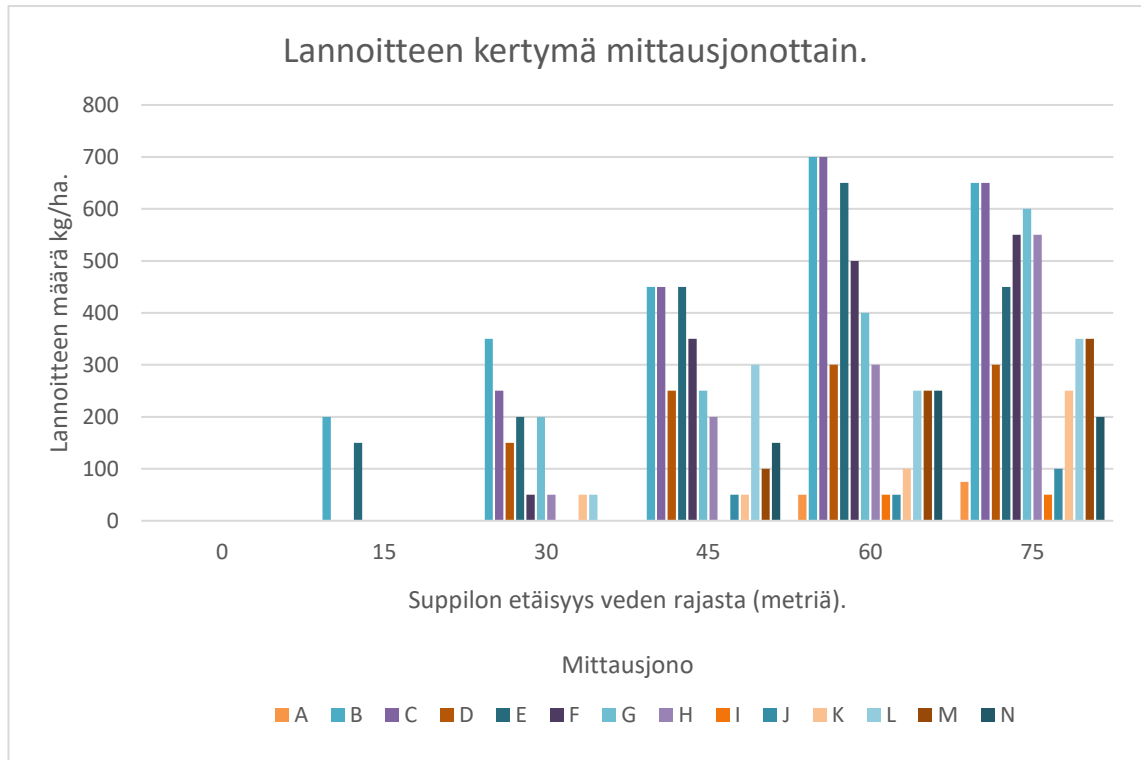
5.1 Lannoitemäärät

Tutkimuksessa olevat kohteet olivat kangasmetsiä. Kangasmetsiin levitetään lannoitteita metsän ravinnetarpeesta ja käytettävästä lannoitteesta riippuen keskimäärin 500–800 kilogrammaa hehtaarille ja tuhkapohjaista boorilannoitetta 250–350 kilogrammaa hehtaarille. Lehtomaisten ja tuoreiden kankaiden kuusikoille typen tavoiteltu ravinnelisäys on noin 150 kilogrammaa hehtaarille, fosforin 10–30 ja boorin 0,5–2 kilogrammaa hehtaarille. Tuoreen ja kuivahkon kankaan männiköille tavoiteltava typen lisäys on noin 150 kilogrammaa hehtaarille. Boorin puutteesta kärsivien taimikoiden tavoiteltava boorin lisäys on noin 2–3 kilogrammaa hehtaarille. (Maa- ja metsätalousministeriö 2022a.)

Tutkimuksen kohteisiin levitettiin eri lannoitteita eikä lannoitettaville kuviolle suunniteltuja levitysmääriä ole tiedossa. Eri kohteiden tulokset eivät ole suoraan verrannollisia keskenään, mutta tuloksien perusteella tarkastellaan lannoitteiden leviämistä suojavyöhykkeelle ja leviämiseen johtavia tekijöitä.

5.2 Lannoitteiden kertymät

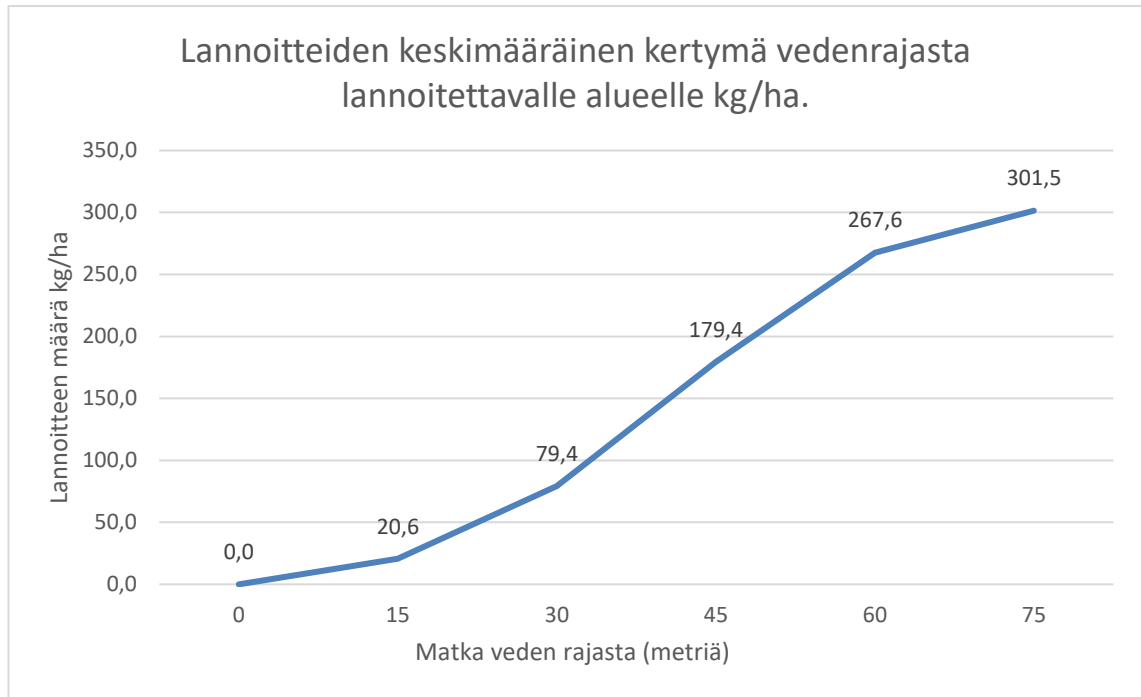
Kertyneen lannoitteen määrä vaihteli mittausjonojen ja suppiloiden välillä voimakkaasti. Kuviosta 10 näkee, ettei lannoitteita kertynyt veden rajalla sijaitseviin suppiloihin, mutta kahden eri lannoituskohteen 15 metrin kohdalla sijaitseviin mitaussuppiloihin kertyi lannoitteita. Mittausjonon B tulokset ovat korkeammat kuin muilla mittausjonoilla. Syy lannoitteiden suurempaan kertymään ilmenee kuviosta 9 (ks. s. 21), josta on havaittavissa, että mittausjono on ollut suorassa linjassa lentolinjan kanssa ja lannoitetta on levitetty myös hieman suojavyöhykkeen puolelle.



Kuvio 10. Suppiloihin kertyneiden lannoiterakeiden määrät

Lannoitettavien kuvioiden puolelle lannoitteita levisi selvästi suuremmat määrät kuin suojavyyöhykkeiden puolelle (Kuvio 11). Kohteen 45 metrin ja 60 metrin mittauspaikoille kertyneiden lannoitemäärän ero on keskimäärin 88,2 kilogrammaa hehtaarilla, eli 45 metrin mittauspaikkojen tulokset ovat 32,96 prosenttia pienempiä kuin 60 metrin tulokset. Kohteen 30 metrin ja 75 metrin mittauspaikkojen keskimääräinen ero on 222,1 kilogrammaa hehtaarilla, joten 30 metrin tulokset ovat 73,67 prosenttia pienemmät kuin 75 metrin mittaustulokset.

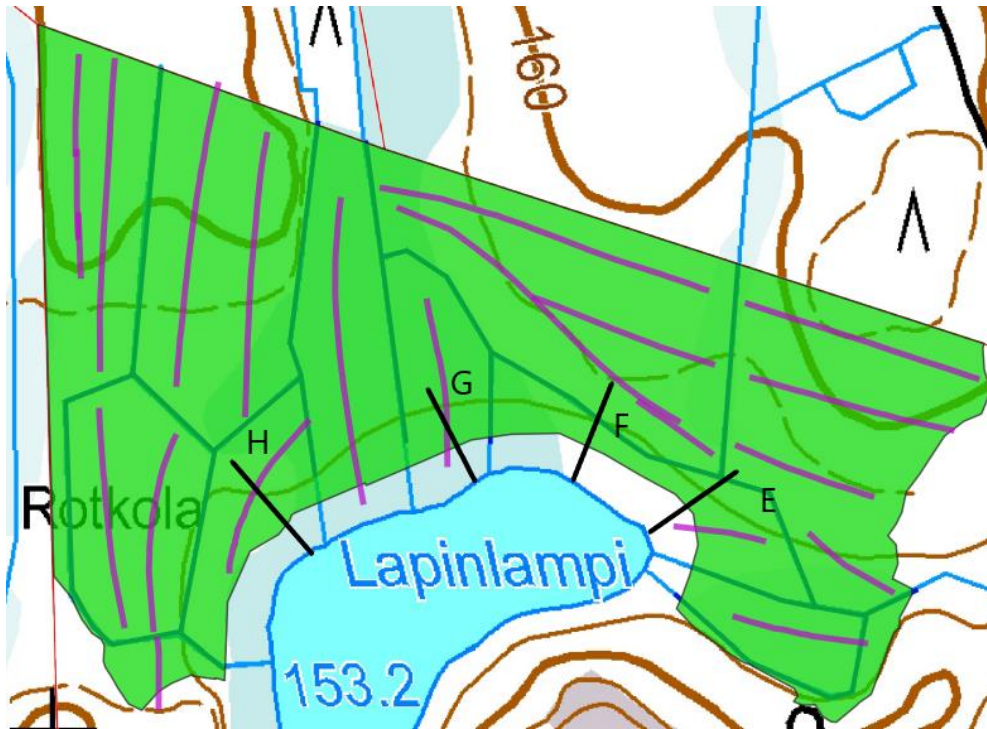
Tutkimuskohteiden 15 metrin mittauspaikoille levisi lannoitteita keskimäärin 20,6 kilogrammaa hehtaarille, joka on 280,9 kilogrammaa hehtaarilla vähemmän kuin 75 metrin mittauspaikkojen tulos. Prosentuaalisesti 15 metrin mittauspaikkojen tulokset ovat 93,17 prosenttia pienemmät kuin 75 metrin mittaustulokset.



Kuvio 11. Lannoitteiden keskimääräinen kertymä

5.3 Levityslinjat

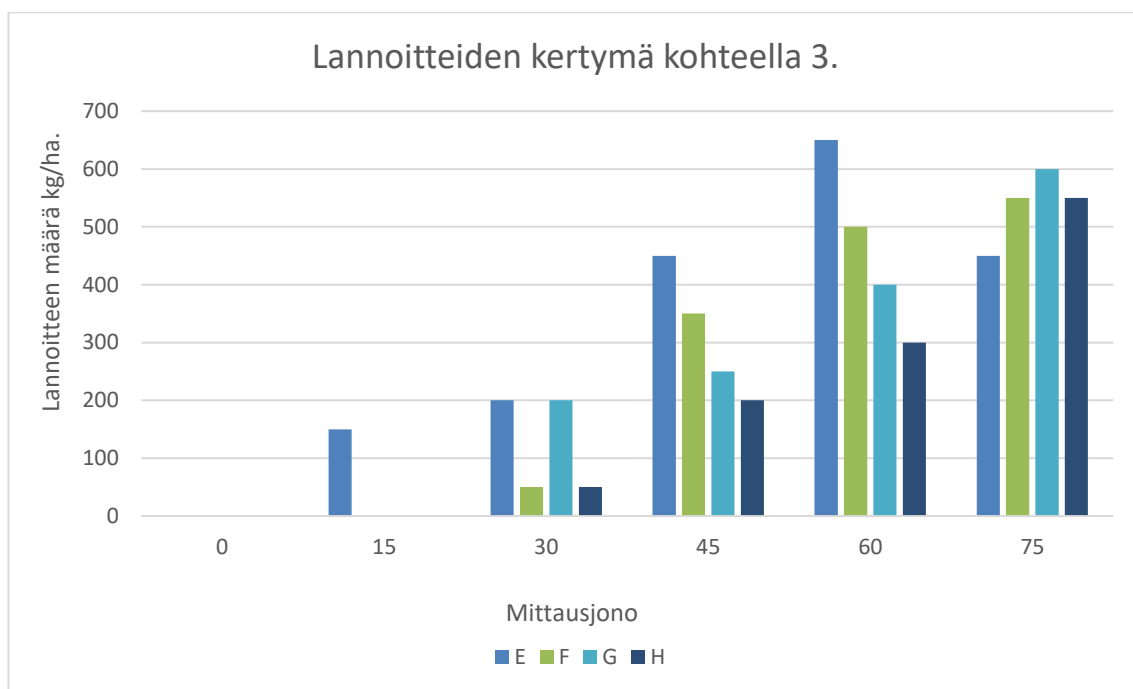
Valitsin tarkempaan tarkasteluun tutkimuskohteen numero 3 (Kuvio 12). Levityskartasta nähdään, kuinka helikopterin kuljettaja on pyrkinyt valitsemaan lento- ja levityslinjansa niin, ettei lannoitteita leviäisi juurikaan suoraan ojiin. Kolmannen kohteen levityksien ollessa käynnissä, Ilmatieteenlaitos ilmoitti tuulen olevan koillistuulta ja voimakkuudeksi 3 m/s. Levityslinjat ovat kuvattuna violeteilla viivoilla, mittausjonojen sijainnit mustilla viivoilla.



Kuvio 12. Levityskohde 3

Kuviossa 13 näkyvien tuloksien, koillistuulen (3 m/s) ja kohteen 3 (Kuvio 10.) levityslinjojen perusteella voidaan päätellä monia erilaisia tekijöitä levityksen onnistumisen suhteen. Mittausjonolla E lannoitteita kertyi 15 metrin mittauspaikalle 150 kilogrammaa hehtaarille. Tämä johtuu levityslinjan yltämisestä suojavyöhykkeen puolelle aivan mittauspaikan viereen. Kohteen 75 metrin mittauspaikka osui aivan ojen risteymään, jolloin lannoitteita kertyi 450 kilogrammaa hehtaarille. Mittausjono F sijaitsi suurimmalta osin lammen ja ojan välisellä alueella, joka oli lannoitteen levittämiseen liian kapea väli vesiensuojelun kannalta, joten lannoitteita kertyi pääasiassa 45–75 metrin mittauspaikoille.

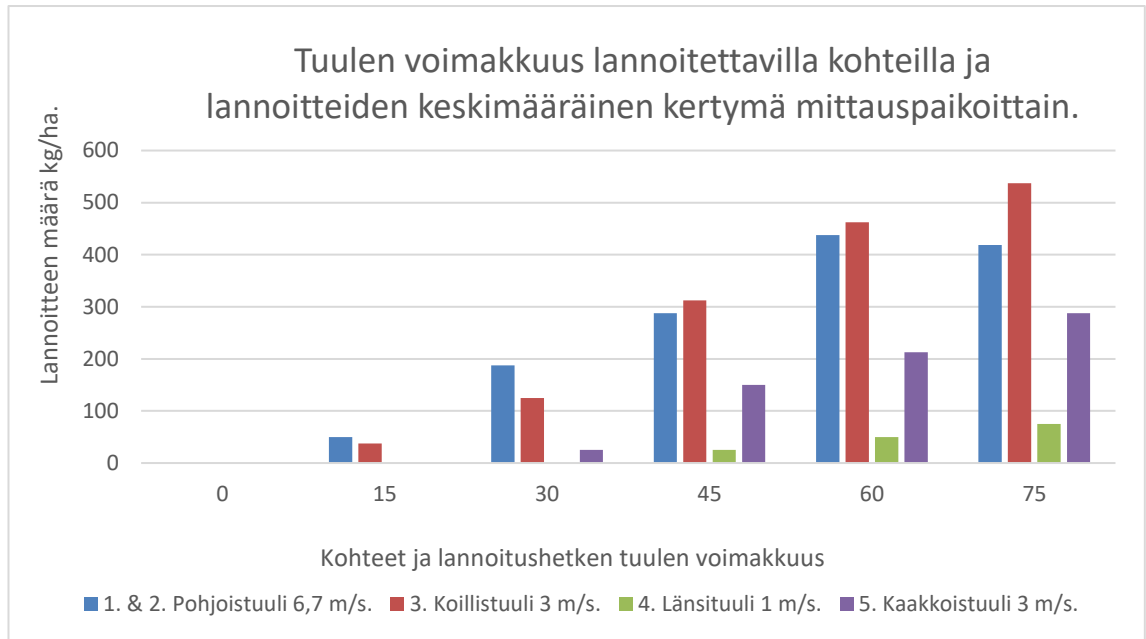
Mittausjono G:n tuloksista nähdään, kuinka lannoitteiden kertynyt määrä nousee lannoitettavaa kuviota kohden mittausjonon ollessa liki samassa linjassa levityslinjan kanssa. Kohteen 30 metrin mittauspaikan lannoitekertymä selittyy levityslinjan yltäessä suojavyöhykkeen puolelle. Levityslinja mittausjono H:n kohdalla on ihanteellinen vesiensuojelun näkökulmasta. Levityslinja kulkee rannan ja ojen suuntaisesti. Tuloksien perusteella lannoitteita kertyi mittausjono F:n mukaisesti pääasiassa 45–75 metrin mittauspaikoille.



Kuvio 13. Kohteen 3 lannoitekertymät

5.4 Tuulen vaikutus

Lannoitteita ei levitetä rankkasateessa, kovassa tuulessa eikä ukonilmalla (Muhonen 2020). Tuulen vaikutusta lannoitteen leviämiseen voidaan tarkastella kohteiden mittausjonojen suppiloiden keskimääräisten kertymien ja lannoitettavan kuvion sijainnin perusteella (Kuvio 14). Kohteiden 1 ja 2 levityshetkellä pohjoistuuli oli 6,7 m/s, joka tulosten perusteella lisäsi lannoitteiden leviämistä suoja-
vyöhykkeelle.



Kuvio 14. Tuulenvoimakkuudet

Lannoitettava kohde 4 sijaitsi vesistön itäpuolella, jyrkän rinteiden päällä. Rinteiden jyrkkyyden vuoksi suojavaikkeen leveys suunniteltiin hieman muita kohteita leveämmäksi. Mittaustuloksien perusteella voidaan olettaa, että suojavaikkeen leveyden ja suoritettujen levityslinjojen lisäksi lievä länsituuli on tukenut lannoitteiden vähäistä leviämistä mittauspaiikoille. Loivarinteinen kohde 5 oli suoraan vesistön pohjoispuolella, jonka lannoituksen aikana oli lievä kaakkoistuuli sekä tihkuinen vesisade. Tuloksien perusteella levityslinjojen ja levityksen laadun lisäksi tihkuinen vesisade ja suotuisa tuulen suunta ovat edesauttaneet lannoitteiden leviämisen tasaisuutta lannoitettaville kivoille.

6 POHDINTA

Ennen tutkimuksen aloittamista oletuksena oli, ettei lannoitteita lennä suoraan vesistöön, mutta oletettiin, että suojavyöhykkeen alueelle lentää jonkin verran lannoitteita. Myös suojavyöhykkeen leveyden oletettiin olevan riittävä lentolevityksien vesiensuojelun toteuttamiseksi. Lannoitettavat kohteet olivat puuston kehitysluokaltaan, maaperältään ja kasvupaikoiltaan sopivia lannoituskohteita. Jokaisella lannoitettavalla kohteella oli havaittavissa tiheä ja rikkoutumaton pintakasvillisuus vesistöjen läheisyydessä ja suojavyöhykkeiden vaatimukset oli otettu kaikissa aikaisemmissa metsänhoitotoimenpiteissä hyvin huomioon.

Tämän opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin. Vesiensuojeluratkaisujen ohjeistuksessa kielletään lannoitteiden leviämisen suoraan vesistöön ja PEFC- ja FSC-sertifikaatit kieltävät lannoitteiden levittämisen suojavyöhykkeille. Taulukoista kuitenkin nähdään, että suoraan vesistöihin ei lentänyt lannoitteita, mutta suojavyöhykkeelle levisi jonkin verran lannoitteita. Lannoittaessa ei ole tarkoituksena levittää lannoitteita suojavyöhykkeen alueelle, mutta jotta lannoitettavalle kuviolle saadaan tarpeeksi tasaisesti ravinteita, lannoitteita leviää myös suojavyöhykkeen alueelle, sillä lannoitteiden leviämistä ei voida pysäyttää tasaisesti suojavyöhykkeen ja lannoitettavan kuvion rajalle.

Levitysajankohta määräytyi urakoitsijoiden lentojärjestyksen mukaan, johon vaikuttivat sääolosuhteet, koneiden huoltoaikataulut sekä lentäjien lentoluvat ja omat aikataulut. Lentolevitykset suoritettiin pääasiassa poutaisella säällä, mutta yhden kohteen levityksen aikana alkoi vesisade. Tulokset kerättiin aina välittömästi levityksen jälkeen, mutta sateessa osa lannoiterakeista ehti sulamaan suppiloihin. Tutkimukseen soveltuvia lannoitettavia kohteita ja suppiloita oli käytössä rajallinen määrä, joten tutkimuksen tuloksien luotettavuutta lisäisi useammat mitattavat kohteet ja runsaampi suppilomäärä.

Mittausjonojen asettelussa käytettiin askelmittaa ja sijainti tarkistettiin GPS-ohjelmalla, jonka tarkkuus paikoitellen vaihteli. Suppiloiden asettelussa otettiin huomioon myös suppilon asennuspaikka, esimerkiksi asentaessa suppilon suuren kuusen alle olisi kuusen tiheä latvus estänyt lannoiterakeiden osumisen suppilon.

Lannoitettavien kuvioden maasto-ominaisuudet ja ojitetut alueet tekevät levitystyöstä haasteellisen. Jotta vesiensuojelusäädökset toteutuvat, lentäjän tulee valita huolellisesti lentolinjansa huomioiden myös lentojen suorittamisen kustannustehokkaasti. Lentolinjan tulee olla vesistöstä poispäin tai vesirajan suuntainen.

Tuuliolosuhteiden oletettava vaikutus levityksen tuloksiin oli pieni, joten suppiloihin kertyneet lannoitemäärät vaihtelivat pääasiassa levityksen toteutuksesta johtuen. Helikopterin lentäjän on tehtävä kovassa vauhdissa nopeasti päätöksiä lentolinjoista, levityksen aloituksesta ja päättämisestä, joten vastuu levityksen onnistumisesta on lentäjällä.

Lentolevityksien suorittaminen on nopeaa ja hektistä. Levitysaikataulujen äkkinäisten muutosten vuoksi suppiloiden sijoitteluja joutui välillä tekemään kiireellä, kun taas esimerkiksi ukonilman vuoksi yhdellä tutkimuskohteella lentojen suorittamista odoteltiin pitkän aikaa. Suunnitteluvaiheessa tulee tarkkaan pohtia, onko lannoitettavalle kohteelle lentolevitys sopivin vaihtoehto. Tutkimuksen tuloksien perusteella lentolevitys ei sovellu tiheästi ojitetuille eikä kapeille kohteille, sillä lannoitteiden leviäminen ojiin ja kuvion ulkopuolelle on mahdotonta estää noin 40 metrin leviämisleveyden vuoksi.

Jatkotutkimusideana voisi olla lentolevityksen toteutuksen taloudellisuus monestakin eri näkökulmasta. Minkälaisilla kohteilla kustannukset olisivat minkäkin verran ja minkälaisilla kohteilla levitys olisi edullisinta? Tutkia voisi myös esimerkiksi ojitetun kohteen lannoittamisen kannattavuutta, kuinka paljon lannoitteita leviää ei-tavoitelluille alueille ja vaikuttavatko mahdolliset lyhyet levityslinjat taloudellisesti lentolevityksen toteutukseen?

Tutkimuksen suorittaminen oli kuitenkin äärimmäisen mielenkiintoista. Helikopterin lentoja sivusta seuraamalla ei pystynyt ennalta-arvaamaan levisivätkö lannoitteet suojavyöhykkeelle vai ei. Helikopterien lentäjien ammattitaito oli vaikuttavaa ja lentolevityksen vesiensuojelun onnistumisesta jäi positiivinen kuva.

LÄHTEET

Finér, L., Laurén A. & Saari, P. 2009. Metsätaloudessa vesistöjen ja pienvesien suojavyöhykkeille asetetut tavoitteet ja niiden toteutuminen. Metlan työraportteja 124. Viitattu 10.3.2022 <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2009/mwp124.pdf>.

Finér, L., Lepistö, A., Karlsson, K., Räike, A., Tattari, S., Huttunen, M., Härkönen, L., Joensuu, S., Kortelainen, P., Mattsson, T., Piirainen, S., Sarkkola, S., Sallataus, T. & Ukonmaanaho L. 2020. Metsistä ja soilta tuleva vesistökuormitus 2020. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2020:6. Viitattu 10.3.2022 https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162009/VNTEAS_2020_6.pdf?sequence=4&isAllowed=y.

Heikkinen, K., Hynninen, P., Joensuu, S., Jämsén, J., Kauppila, M., Leinonen, A., Nilsson, Ripatti, H., S., Saari, P., Tenhola T. & Vuollekoski, M. 2012. Metsätalouden vesiensuojelu -kouluttajan aineisto. Jyväskylä: TASO-Hanke. Viitattu 5.3.2022 <https://www.environment.fi/download/noname/%7B0AA2B70E-439F-40AE-A46D-FAFD2677BD2E%7D/94005>.

Hiltula, K. 2021. Metsähallitus kaksinkertaistaa metsien lannoitukset – hiilensidonnan kasvu kattaa jopa 15 000 suomalaisen vuoden hiilidioksidipäästöt. Yle. Viitattu 9.3.2022 <https://yle.fi/uutiset/3-12055851>.

Huotari, N. 2021. Tuhkan käyttö metsälannoitteena. Metlan julkaisut. Viitattu 17.3.2022 <http://www.metla.fi/julkaisut/isbn/978-951-40-2371-2/tuhkan-kaytto-metsalannoitteena.pdf>.

Joensuu, S., Kauppila, M., Lindén, M. & Tenhola, T. 2012. Hyvän metsänhoidon suositukset - Vesiensuojelu. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja. Viitattu 15.3.2022 <https://docplayer.fi/6821577-Hyvan-metsanhoidon-suositukset-vesiensuojelu.html>.

Joensuu, S., Kauppila, M. & Vuollekoski, M. 2015. Tutkimuksia metsätalouden vesiensuojelusta. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 33/2015. Viitattu 14.3.2022 https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/486079/luke-luobio_33_2015.pdf?sequence=4&isAllowed=y.

Lehmann, J. & Schroth, G. 2003. Nutrient Leaching. CAB International. Trees, Crops and Soil Fertility. Viitattu 14.3.2022 <http://www.css.cornell.edu/faculty/lehmann/publ/Lehmann%20et%20al.,%202003,%20Leaching%20CABI%20book.pdf>.

Maa- ja metsätalousministeriö 2022a. Lannoitus. Viitattu 7.3.2022 <https://metsanhoidonsuosituks.fi/fi/toimenpiteet/lannoitus/toteutus>.

Maa- ja metsätalousministeriö 2022b. Vesiensuojelutoimenpiteet metsätaloudessa. Viitattu 5.3.2022 <https://metsanhoidonsuosituks.fi/fi/toimenpiteet/vesiensuojelutoimenpiteet-metsataloudessa/toteutus>.

Metsälaki 12.12.1996/1093.

Muhonen, O. 2020. ForestVital. Tutkimushankevastaavan haastattelu 4.6.2020.

PEFC Suomi 2014. Metsäsertifiointin kriteerit. Helsinki: PEFC Suomi. Viitattu 14.3.2022 http://pefc.fi/wp-content/uploads/2016/09/PEFC_FI_1002_2014_Metsaertifiointin_kriteerit_20141027.pdf.

Suomen FSC-standardi 2010. Suomen FSC-yhdistys. Viitattu 14.3.2022 <https://fi.fsc.org/sites/default/files/2021-08/Suomen%20FSC%20standardi%2012%2005%202011.pdf#viewer.action=download>.

UPM Metsä 2021. Opas kannattavaan metsänlannoitukseen. Viitattu 7.3.2022 <https://www.upmmetsa.fi/siteassets/tiedostot/opaat/metsanlannoitusopas-2021.pdf>.

Vesilaki 27.5.2011/587.

Yara 2017. Metsälannoitusopas. Viitattu 7.3.2022 https://tuohtametsasta.fi/wp-content/uploads/2017/11/YARA_Metsalannoitusopas.pdf.

Ympäristönministeriö 2014. SV1 Fosforikuormitus. Viitattu 9.3.2022 <https://www.luonnontila.fi/fi/elinymparistot/sisavedet/sv1-fosforikuormitus>.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2014. Hyvän metsänhoidon suositukset – Metsänhoito. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.