



Ojasyvyyksien tulkinnan tarkkuus ojitetuilla turvemailla

Tuomas Pelo

OPINNÄYTETYÖ

Kesäkuu 2023

Metsätalouden tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalouden tutkinto-ohjelma

PELO TUOMAS

Ojasyvyyksien tulkinnan tarkkuus ojitetuilla turvemailla

Opinnäytetyö 36 sivua

Kesäkuu 2023

Opinnäytetyö on tehty Suomen metsäkeskuksen tilauksesta. Opinnäytetyön aiheet ovat peräisin HYTKY- hankkeesta (Hydrologisen kytkeytyneisyyden tarkastelu laserkeilausaineistoa hyödyntäen), joka on osa toimenpidekokonaisuutta maa- ja metsätalousministeriön hankkeessa Hiilestä kiinni. Metsäkeskus halusi selvittää Arbonaut Oy:n laserkeilausaineistosta tehdyn ojien syvyyden tulkinnan ja maastossa suoritettujen koealamittausten välisiä eroja sekä sitä, mistä mahdolliset erot voisivat johtua. Koealoja mitattiin maastossa yhteensä 1035. Koealamittaukset tehtiin kolmella eri alueella (Parkano, Iisalmi sekä Kuivaniemi).

Tutkimuksessa vertailtiin laserkeilaustulkintaa ja vastaavilla alueilla maastossa tehtyjä mittaustuloksia. Ojasyvyyksien vertailua tehtiin Excelissä tilastollisin menetelmin. Mittaustulosta verrataan laserkeilauksen tulkinnasta laskettuun ojan syvyyteen.

Tulkinnassa ja mittaustuloksissa oli eroavaisuuksia. Tuloksista ilmeni, että ojat olivat keskimäärin matalampia kuin Arbonaut Oy:n tekemässä tulkinnassa. Mittaajista johtuvat virheet näyttäytyivät yleensä siten, että oja olisi ollut matalampi kuin se oli tulkittu laserkeilausaineistosta. Laserkeilauksen tulkinnan virheet ilmenivät yleensä siten että tulkitut ojat olivat maastossa syvempiä. Alueelliset ja kasvupaikoista johtuvat erot olivat pieniä.

Opinnäytetyön ja HYTKY- hankkeen tuloksia voidaan käyttää pintavesien mallinuksien laskennan kehittämiseen. Menetelmää voidaan käyttää esimerkiksi kunostusojitusten suunnitteluun turvemaametsissä.

Asiasanat: laserkeilaus, kaukokartoitus, ojitetut turvemaat

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme of Forestry

PELO, TUOMAS:

Accuracy of Interpretation of Ditch Depths in Drained Peatlands

Bachelor's thesis 36 pages

June 2023

This Bachelor's thesis is to find out whether the depth of the ditches calculated from the laser scanning data is close to the actual depth of the ditches which has been measured in the terrain. The results of the thesis can be used for the development of surface water runoff modeling. Modeling can be used in the planning of peat soil restoration drainage, in which case the ditches would be renovated only in the necessary parts. A total of 1035 test areas were measured in the terrain. The test area measurements were made in three different areas (Parkano, Iisalmi and Kuivaniemi).

The study compared laser scanning interpretation and the results of measurements made in the terrain in similar areas. The comparison was made in Excel using statistical methods. The measurement result is compared to the depth of the ditch calculated from the interpretation of laser scanning.

There were differences in interpretation and measurement results. The results showed that the ditches were on average shallower than in the interpretation made by Arbonaut Oy. The errors caused by the measuring devices usually appeared in such a way that the ditch would have been shallower than it was interpreted from the laser scanning data. Errors in the interpretation of laser scanning usually manifested themselves in such a way that the interpreted ones were deeper in the terrain. The regional and growing place differences were small.

The results of the thesis and the HYTKY project can be used to develop calculations for surface water modeling. The method can be used, for example, to plan restoration ditches in peatland forests.

Key words: laser scanning, remote sensing, drained peatlands

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	OJIEN MERKITYS TURVEMAILLA	8
3	LASERKEILAUUS	10
4	TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT	11
	4.1 Arbonaut Oy:n ojatulkinta	11
	4.2 Ojamittaukset maastossa	12
	4.3 Tutkimusmenetelmä.....	14
5	TULOKSET	17
	5.1 Koko aineiston tarkkuus	17
	5.2 Keskiarvolla lasketun ojasegmentin syvyys	20
	5.2.1 Tulkintaa syvemmmät ojat.....	21
	5.2.2 Tulkintaa matalammat ojat	23
	5.3 Hypoteesin testaus.....	26
	5.4 Alueelliset erot.....	27
	5.5 Kasvupaikkatyypin vaikutus tulkinnan tarkkuuteen	30
6	POHDINTA	33
	6.1 Johtopäätökset ja jatkotutkimusehdotukset.....	33
	6.2 Eettisyys ja luotettavuus.....	34
	LÄHTEET.....	35

LYHENTEET JA TERMIT

DTM	maanpinnan maastomalli engl. Digital Terrain Model
Segmentti	ojatulkinnessa yksi 6 m alue ojasta
Paikkatieto	sijaintiin liitettyä ominaisuustietoa

1 JOHDANTO

Ojitettujen turvemaiden ongelma on, että pohjaveden laskeuduttua liian alas turpeen hajoaminen kiihtyy, jolloin vapautuu hiilidioksidia. Liian korkea pohjaveden pinta puolestaan heikentää puitten kasvua ja lisää metaanin ja ilokaasun vapautumista (Penttilä, Laiho & Mäkipää 2018). HYTKY- hankkeen (Hydrologisen kytkeytyneisyyden tarkastelu laserkeilausaineistoa hyödyntäen) tulosten perusteella voidaan lähteä kehittämään laserkeilausaineiston tulkintaa ja siten parempia pintavalumien mallinnuksia (Tapio 2022a). HYTKY on osa toimenpidekokonaisuutta maa- ja metsätalousministeriön hankkeessa Hiilestä kiinni, joka on osa maa- ja metsätalousministeriön Hiilestä kiinni –tutkimus- ja innovaatio-ohjelmaa. Hankkeessa pyritään parantamaan hiilensidonnann huomioon ottamista suometsien hoitohankkeissa. Hankkeessa kehitetään mm. Suosimulaattoria ojitettujen turvemaiden täsmäsuunnitteluun, jolla voidaan hallita pohjaveden korkeutta (Laurén ym. 2021, 2). Suosimulaattori ottaa huomioon suoaltaan ojien kuivatuskyvyn sekä puuston haihdunnan (Laurén ym. 2021, 2). Tavoitteena on, että kunnostus- ojituksia tehdään vain sellaisiin paikkoihin, joissa se on tarpeellista. (Tapio 2022a.)

Työn tilaajana on Suomen metsäkeskus. Suomen metsäkeskus on asiantuntija-organisaatio, jonka tehtävinä on tuottaa ja ylläpitää paikkatietoa, neuvoa metsänomistajia, valvoa metsälain noudattamista sekä rahoittaa metsän-, ja luonnonhoitotöitä (Metsäkeskus n.d.a). Metsäkeskusta rahoittaa maa- ja metsätalousministeriö (Metsäkeskus n.d.a). Metsäkeskuksen tarjoama avoin metsätieto perustuu laserkeilaukseen ja ilmakuviin tulkintaan. Laserkeilaukseen perustuvaa kaukokartoitusta tehdään kuuden vuoden sykleissä ja ilmakuviin laserkeilauksen aikana ja kolmen vuoden päästä keilauksesta. (Metsäkeskus n.d.b.)

Opinnäytetyö liittyy Tapion, Suomen metsäkeskuksen, Luonnonvarakeskuksen ja Arbonaut Oy:n yhteiseen hankkeeseen Hydrologisen kytkeytyneisyyden tarkastelu laserkeilausaineistoa hyödyntäen (HYTKY). Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miten hyvin Arbonaut Oy:n tuottama aineisto turvemaametsien ojien syvyydestä pitää paikkansa.

Opinnäytetyön tarkoituksena on laskea, onko maastomittaustulosten ja laserkeilausaineiston tulkinnan välillä eroavaisuuksia, ja mistä mahdolliset eroavaisuudet voisivat johtua. Tutkitaan onko kasvupaikkaluokka selittävä tekijä eroavaisuuksille ja onko tuloksissa alueellisia eroja.

2 OJIEN MERKITYS TURVEMAILLA

Turvemaiden ojituksella pyritään parantamaan puuston kasvua poistamalla märkyyttä juuristosta (Tapio 2022b). Ojituksen jälkeen kuivissa ja hapekkaissa olosuhteissa turpeen hajoaminen lisääntyy, mikä vapauttaa ravinteita puiden käyttöön. Ylimääräisen kosteuden poistuttua juuristolle vapautuu hapekasta maaperää hyödynnettäväksi. (Tapio 2022b.) Kunnostusojituksella saadaan puuston lisäkasvua 0,5–1,5 m³/v (Tapio 2022c).

Ojitetuilla turvemaidella sijaitsee merkittävä osa Suomen puustosta. Suomen 2,5 mrd m³:n puustosta 25 % eli 6,43 milj. m³ on suometsissä. Metsäpinta-alasta ojitettuja soita on 4,877 milj. ha, joka on 54 % soiden pinta-alasta (9,081 milj. ha) ja 18,5 % koko metsätalousmaasta (26,260 milj. ha). (LUKE 2022.) Suurin osa soiden ojituksista on tehty 1960- ja 70-luvulla (Hökkä, Kaunisto, Korhonen, Päivinen, Reinikainen & Tomppo 2022, 219), jolloin nämä alueet ovat tulossa uudistamiskään lähiaikoina.

Ilmastonmuutoksen kannalta turvemaidella olevat metsät ovat ongelmallisia, sillä puusto sitoo hiiltä ilmasta, mutta turpeen hajoamisen vuoksi ilmaan vapautuu kaasuja, jotka nopeuttavat ilmastonmuutosta. Turve on osittain maatunutta biomassaa (Penttilä ym. 2018). Turvetta hajoaa nopeasti hapellisissa olosuhteissa sekä hitaasti hapettomassa. Nopeassa hajoamisprosessissa vapautuu hiilidioksidia. Hitaassa veden alla tapahtuvassa hajoamisprosessissa vapautuu metaania sekä ilokaasua eli dityppioksidia. Nämä ovat moninkertaisesti haitallisempia ilmaston lämpenemisen suhteen kuin hiilidioksidi. (Penttilä ym. 2018.)

Turvemaidella pohjaveden pintaa säätelemällä voitaisiin hillitä syntyvien päästöjen määrää sekä mahdollistaa puuston kasvatusta turvemaidella (Penttilä ym. 2018). Optimaalinen pohjaveden korkeus loppukesästä on 30–40 cm maanpinnan alapuolella (Tapio 2022c). Tällöin puiden juurilla on tarpeeksi hapekasta maaperää käytettävissä, sekä turvemaasta vapautuvien metaanin määrä on vähäisempi (Penttilä ym. 2018). Jos pohjaveden pinta on syvällä, maan pintaan muodostuu paksu hapellinen kerros, jossa turvetta hajoaa nopeasti samalla vapauttaen runsaasti hiilidioksidia. Jos taas pohjaveden pinta on korkealla, turpeesta vapautuva

metaani pääsee ilmaan, ja kuivassa hapekkaassa kerroksessa olevat bakteerit eivät kerkeä hyödyntämään sitä. Lisäksi puiden juuret vaativat vähintään 30 cm kuivaa hapekasta maaperää, jotta puu kykenee kasvattamaan hienojuuristoaan. Korkea vedenpinta lisää myös muiden ravinteiden huuhtoutumista. (Penttilä ym. 2018.)

Jatkuvalla kasvatuksella turvemaalla voidaan ylläpitää puustoa, joka haihduttaa vettä, ja siten pitää vedenpinnan optimaalisella tasolla. Etelä-Suomessa puustoa tarvitaan 60–70 kuutiometriä hehtaarille ja Pohjois-Suomessa puuston tarve on noin 80–100 kuutiometriä. Kuusi- ja koivuvaltaisilla metsiköillä riittää pienempi puuston määrä kuin mäntyvaltaisilla metsillä. Olennaista on kaivaa auki vain sellaiset ojat, joista on oikeasti hyötyä metsän kasvulle. (Tapio 2022c.)

3 LASERKEILAUS

Laserkeilauksessa lähetetään lasersäteitä ja lasketaan kuinka kauan säteellä kestää tulla takaisin vastaanottimeen (Holopainen, Hyyppä & Vastaranta 2013, 11). Etäisyys lähteen ja heijastuneen pinnan välillä voidaan laskea, kun tiedetään valon nopeus ja kulma, jossa valo lähtee ja palaa takaisin vastaanottimelle sekä tarkka paikka. Tuloksena saadaan pistepilvi heijastaneista pinnoista. Pisteitä voidaan luokitella korkeuden perusteella, jolloin voidaan mallintaa esimerkiksi maanpinnan muoto DTM (engl. Digital Terrain Model – DTM). (Holopainen ym. 2013, 11–13.)

Suomessa on alkanut vuonna 2020 kansallinen laserkeilausohjelma, jossa Suomi on jaettu alueisiin ja alueet keilataan kuuden vuoden sykleissä pohjoisinta Lappia lukuun ottamatta. Aiempina vuosina keilaustiheys on ollut 0,5 pistettä neliömetrillä. Kansallisessa ohjelmassa keilaustiheys on 5 pistettä neliömetrillä. Uusi tiheämpipulssinen keilausaineisto vaatii käyttöluvan. Aineistosta tehdään myös harvennettu 0,5 pistettä/m² oleva aineisto, joka on vapaasti saatavissa. Ohjelman tavoitteena on palvella mahdollisimman useaa toimijaa esimerkiksi Metsäkeskusta ja Puolustusvoimia, ja siten säästää kustannuksissa. Laserkeilauksessa käytetään lentokoneeseen kiinnitettyä laserkeilainta. Tämä on kustannustehokkain menetelmä suurien pinta-alojen inventointiin. Laserkeilauksen lentokorkeus on 1,5–2 km. (Maanmittauslaitos n.d., Metsäkeskus 2021.) Arbonaut Oy hyödynsi ojien kuivavaratulkintaan uutta kansallisen keilausohjelman tiheäpulsista aineistoa vuodelta 2020.

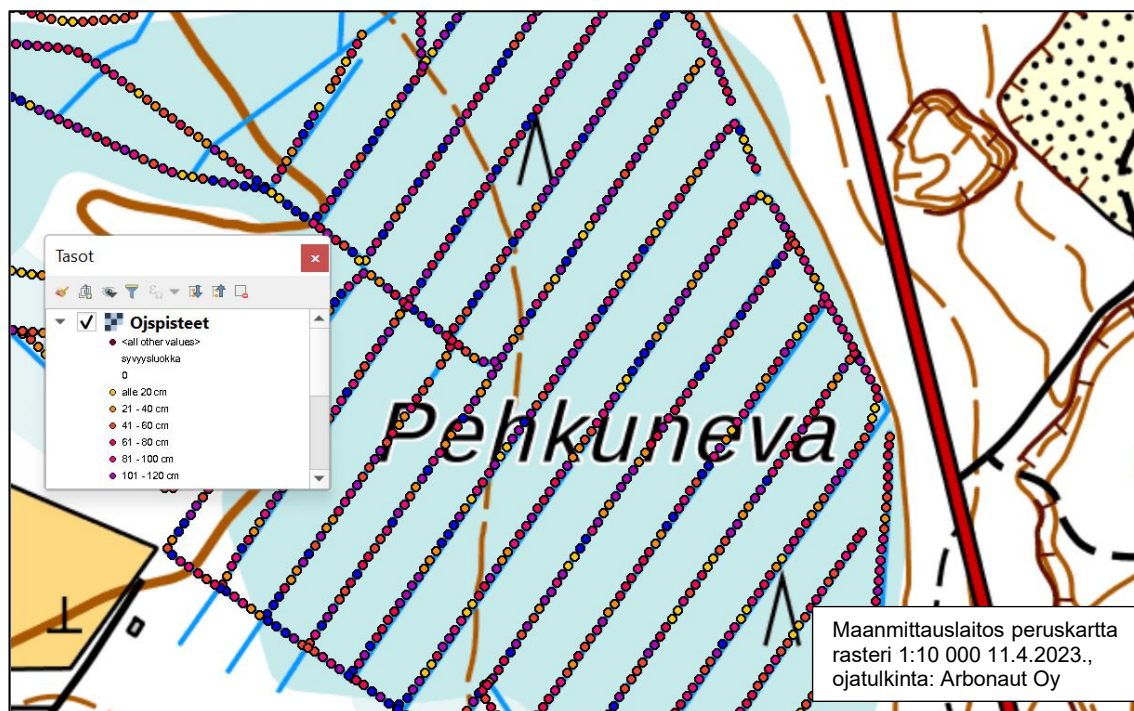
4 TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT

4.1 Arbonaut Oy:n ojatulkinta

Aineiston ojien syvyyksistä laserkeilauksen pohjalta on tuottanut Arbonaut Oy. Tutkimuskohteiden laserkeilaus on tehty kesällä 2020, ja aineiston tulkinta seuraavana talvena.

Laserkeilaustulkinta tehtiin uudesta tiheämmästä laserkeilausaineistosta, jossa pistetiheys on viisi pistettä neliometrillä aiemman puolen pisteen sijaan (Marttila 2019). Tällöin yhdelle 10 x 10 m pikselille saadaan 500 havaintopistettä. Ojan syvyyden määrittämiseksi Arbonaut Oy määriteli aluksi referenssitason maanpinnan tason laserkeilausaineistosta laskemalla karkearesoluutioisen pikselin (10 x 10 m), josta ojat eivät erotu. Tämän jälkeen ojat jaettiin kuuden metrin segmentteihin. Jokaisesta segmentistä Arbonaut laski laserkeilausaineistosta matalimman kohdan. Tämän jälkeen referenssipinnasta vähennettiin segmentin matalin kohta, jolloin saatiin ojan kuivavara tulkittua. Ojan kuivavara tarkoittaa, miten syvällä ojan pohja tai ojan vedenpinta on maanpinnasta. Referenssitason määrittäminen oli haastavaa, koska referenssitason pikselin koko täytyi jättää kohtalaisen pieneksi. Keskellä suoallasta pikseli voisi olla vielä isompi, koska suolla ei ole suuria korkeusvaihteluita, mutta kivennäismaan reunassa maasto voi nousta nopeastikin. Tällöin laajempi pikselin koko voisi aiheuttaa vääristymää tulkinnassa. Matalin kohta maastosta on helpompi laskea laserkeilausaineistosta kuin oikea maanpinnan taso.

Tuotetussa aineistossa Arbonaut oli luokitellut ojasegmentit kahdeksaan eri luokkaan syvyyden perusteella. Luokat olivat: Ei tietoa, 0–20 cm, 21–40 cm, 41–60 cm, 61–80 cm, 81–100 cm, 101–120 cm ja yli 120 cm. Jokainen luokka oli merkitty kartalle eri värisillä pisteillä ojia myötäillen. Kartalla piste on segmentin keskikohdassa. Esimerkki tulkitusta suoaltaasta Jämijärvellä Pehkunevalta (kuva 1).



KUVA 1. Ojatulkintaa Jämijärveltä.

4.2 Ojamittaukset maastossa

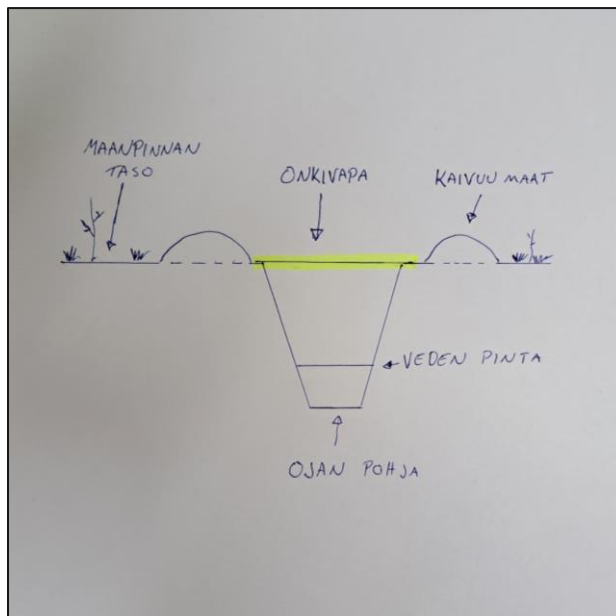
Maastossa mitattiin koealoilta ojan dimensiot, vesisyvyys, turpeen paksuus, kasvien peittävyys sekä ojan toimivuus. Koealojen paikat valikoituivat alueelle, josta Arbonaut Oy oli tehnyt ojien syvyyden tukinnan. Maastomittajat valitsivat mitattavat kohteet satunnaisesti omalta alueeltaan siten, että ne olivat helppo saavuttaa ja samasta suoaltaasta saatiin mitattua useampi koeala. Tällöin mittaustulosten kerääminen oli tehokasta.

Maastomittaukset tehtiin elokuussa 2021 kolmella eri alueella kolmen mittajaan toimesta. Alueina olivat Parkano, Iisalmi sekä Kuivaniemi, joka osa lin kuntaa. Mittauksia ei tehty pelkästään em. kunnissa vaan kuntien lähialueilla. Maastossa mitattuja koealoja oli yhteensä 1035 (Parkanossa 334, Iisalmessa 249 ja Kuivaniemessä 452).

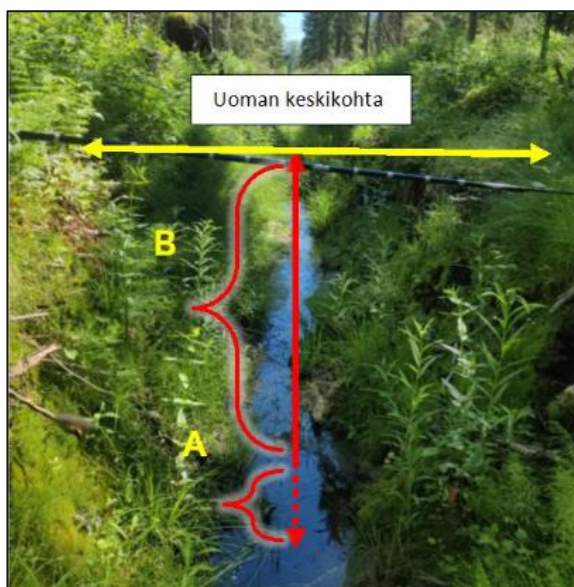
Maastotallentimena käytettiin puhelinta, johon oli asennettu QField sovellus. Ennen koealan tallentamista varmistettiin, että GPS sijainnin tarkkuus oli alle 4 m, jotta mittaustulosta voidaan verrata lähimpään tulkittuun ojasegmenttiin.

Koealan mittauslinja oli onkivapa, joka laskettiin ojan päälle. Maastossa määritettiin kasvupaikkatyyppi, ojan dimensiot (syvyys ja leveys), kasvien peittävydet, turpeen paksuus sekä ojan toimivuus. Kasvien peittävyttä ojan pohjalta ja luiskasta arviotiin viiden prosentin (5 %) tarkkuudella noin metrin alueelta mittauslinjasta molempiin suuntiin. Peittävyttä arviotiin viidessä luokassa: 1) paljas maa/vesi 2) sammaleet 3) heinät, ruohot ja sarat 4) varvut 5) puuvartistet (alle 3 m puut). Lisäksi kaikki koealat kuvattiin ojan myötäisesti kumpaankin suuntaan sekä poikkiteloin ojaan nähden.

Ojan syvyys mitattiin koealalta siten, että onkivapa laitettiin ojan päälle maanpinnan tasoon (kuva 2). Ojan kuivavara B (kuva 3) saatiin mittaamalla korkeus veden pinnasta tai kuivan ojan pohjasta onkivavan alareunaan. Tämän jälkeen mitattiin muut ojan dimensiot eli luiskan kaltevuus ja mahdollinen veden syvyys A (kuva 3). Luiskan kaltevuus saatiin mittaamalla ojan pohjan tai vesipinnan leveys sekä maanpinnan leveys. Kun ojan syvyys oli myös tiedossa, QField ohjelma laski luiskan kaltevuuden. Ojan dimensioiden mittaamisen jälkeen mitattiin turpeen paksuus 30 cm luokkien tarkkuudella (0-30 cm, 31-60 cm, 61-90 cm, 90-120 cm ja yli 120 cm).



KUVA 2. Ojan läpileikkaus ja onkivavan aseointuminen ojan penkalle



KUVA 3. Kuivavarain ja vesisyvyyden mittaaminen (Saarimaa 2021)

4.3 Tutkimusmenetelmä

Tutkimuksessa vertailtiin Arbonautin laserkeilaustulkintaa (myöhemmin tulkinta) ja vastaavilla alueilla maastossa tehtyjä mittaustuloksia. Vertailua tehtiin Excelissä tilastollisin menetelmin. Maastomittaustulosta verrattiin lähimpään ojasegmentin syvyyteen. Maastomittausta verrattiin aluksi jokaiseen eri laskentatavalla saatuun ojasegmentin syvyyteen (DTM, keskiarvo, mediaani ja moodi).

Ojasegmentti on yksi kuuden metrin osa ojasta, jonka syvyyden Arbonaut on tulkinut laserkeilausaineistosta. Arbonaut on laskenut ojan syvyyden neljällä eri menetelmällä: DTM, keskiarvo, moodi ja mediaani. Ensimmäinen menetelmä on suora tulkinta maanpinnan muodosta, josta käytetään lyhennettä DTM (Digital Terrain Model). DTM:stä lasketaan matalin arvo ojasegmentissä, jolloin saadaan ojan syvyys vähentämällä arvo maanpinnan referenssipinnasta. Toinen menetelmä oli ottaa laskuihin mukaan useampi arvo ojasegmentiltä, ja laskea niiden arvojen keskiarvo, moodi ja mediaani. Tämä arvo vähennettiin referenssipinnan tasosta, jolloin saatiin ojan syvyys. Keskiarvo saatiin laskemalla otoksen arvot yhteen ja jakamalla summa otoksen arvojen kappalemäärällä. Moodi on arvo, joka esiintyy useimmin otoksessa, mediaani on otoksen keskimäinen luku, kun luvut järjestetään suuruusjärjestykseen.

Tulkitusta ojan syvyydestä vähennettiin mitattu syvyys. Näin ollen, jos tulkinta ja mittaus olivat yhtä suuret, saatiin tulokseksi 0 m. Jos mitattu ojan syvyys oli suurempi kuin tulkittu syvyys saatiin tulokseksi negatiivinen luku, eli oja on ollut todellisuudessa syvempi. Vastaavasti, jos mittaustulos oli pienempi kuin tulkinta saatiin tulokseksi positiivinen luku, jolloin oja on ollut matalampi kuin tulkittu syvyys.

Jokaisesta koealasta oli oma paikkatieto, jonka avulla voitiin tutkia tarkemmin yksittäistä koealaa. Tätä ominaisuutta hyödynnettiin mm. vertaamiseen viereiseen koealaan tai visuaaliseen tarkasteluun kuvien perusteella. Kuvien perusteella voitiin todeta esimerkiksi oliko oja täynnä vettä, jos koealatiedoissa oli siten kirjattu tai voitiin tarkastella yleistä ilmettä pintakasvillisuudesta.

Taulukoissa tulokset ojasyvyyksien eroista esitettiin 10 cm porrastuksella. Aineisto luokiteltiin 10 cm porrastukseen, jotta saatiin muodostettua pylväsdiagrammeja. Pylväsdiagrammit luotiin helpottamaan aineiston tulkintaa ja havainnollistamaan hajontaa. Ryhmän rajaus lähtee ensimmäisestä desimaalista ja rajaus päättyy tasalukuun esimerkiksi ryhmässä 0,1 – 0,2, on rajauksena $>0,1$ ja $\leq 0,2$.

Tutkimuksessa laskettiin kaksi eri tunnuslukua, jotka olivat keskiarvo ja keskihajonta. Tutkimuksessa käytettiin keskiarvoa kuvaamaan keskimmäistä lukua, koska keskihajonta kertoo poikkeaman keskiarvosta eikä mediaanista. Jos otoksessa on suurta vaihtelua, mediaani kuvaa tarkemmin keskilukua. Tutkimuksessa mediaanin ja keskiarvon ero oli pieni, esimerkiksi segmentin keskiarvolla tulkitun syvyyden ja mittaustuloksen erotuksen keskiarvo oli 0,034 m ja mediaani 0,040 m eli merkittävää eroa ei ollut.

Keskihajonta kertoo, kuinka paljon keskimäärin aineiston arvot poikkeavat keskiarvosta. Suuri keskihajontaluku kertoo suuresta vaihtelusta aineistossa ja vastaavasti pieni hajontaluku kertoo, ettei vaihtelua ole paljon. Kun keskiarvoon lisätään tai vähennetään keskihajonnan arvo, saadaan vaihteluväli, jonka väliin mahtuu noin 68 % otoksen arvoista.

Aineistolle tehtiin myös hypoteesin testaus. Hypoteesin testauksessa lasketaan onko hypoteesi totta vai ei. Hypoteesin testauksessa tutkitaan, voidaanko otannan tuloksia yleistää koko perusjoukkoon (Karjalainen 2004, 193). Jotta päätelmä voidaan tehdä, on tutkittava onko hypoteesin ja tulosten välinen ero sattumaa vai tilastollisesti merkitsevä (Karjalainen 2004, 193).

Ennako-oletusta merkitään nollahypoteesiksi H_0 ja vaihtoehtoinen hypoteesi on H_1 . Jos muuta ei voida tilastollisesti osoittaa, on H_0 on lähtökohtaisesti voimassa. (Karjalainen 2004, 193.) Hypoteesin testauksessa saadaan tulokseksi p-arvo, joka kertoo todennäköisyyden tehdä virhepäätelmä, jos H_0 hylätään. Yleinen riskitaso on 5 %, joka ollaan valmiita ottamaan virhepäätelmässä. Eli jos tuloksena saadaan p-arvoksi 0,05 tai suurempi arvo, virhepäätelmän todennäköisyys on suuri, jos väitetään H_0 vääräksi olettamaksi. (Karjalainen 2004, 193–195.)

Opinnäytetyössä käytetään kahden otoksen t-testiä keskiarvoille. Testissä testataan kahden otoksen keskiarvojen perusteella, poikkeavatko perusjoukkojen keskiarvot toisistaan (Karjalainen 2004, 203). Hypoteesina H_0 on, että maastomittauksen ja Arbonaut Oy:n tulkinnan keskiarvot ovat yhtä suuret. Jos H_0 pitää paikkansa (riskiraja yli 0,05), voidaan todeta, että Arbonaut Oy:n tulkinta vastaa maastomittauksitulosta. Jos testin tulos on pienempi kuin 0,05, voidaan todeta, että ero on tilastollisesti merkitsevä ja siten tulkinta ei vastaa maastomittauksitulosta.

Hypoteesin testausta tehtiin kaikille neljälle eri Arbonaut Oy:n tulkinnalle (DTM, keskiarvo, moodi ja mediaani). Hypoteesi eli H_0 oli, että tulkinnan ja maastomittauksen otosten keskiarvot ovat yhtä suuret. Vastahypoteesina H_1 oli, että tulkinnan ja maastomittauksen otosten keskiarvot ovat eri suuret. Jos H_0 pitää paikkansa, voidaan väittää, että tulkinta vastaa tilastollisesti maastomittauksitulosta. Hypoteesin testaus tehtiin Excelissä tietojen analysointi syntaksilla ”parittainen kahden otoksen t-testi keskiarvoille”.

Alueellisia eroavaisuuksia sekä kasvupaikan vaikutusta tulkinnan tarkkuuteen verrattiin tulkintaan, joka on laskettu segmentin keskiarvosyvyydestä. Tätä tulkintaa käytettiin vertailussa, koska siinä oli lähimpänä nollaa oleva keskiarvo, pienin keskihajonta.

5 TULOKSET

5.1 Koko aineiston tarkkuus

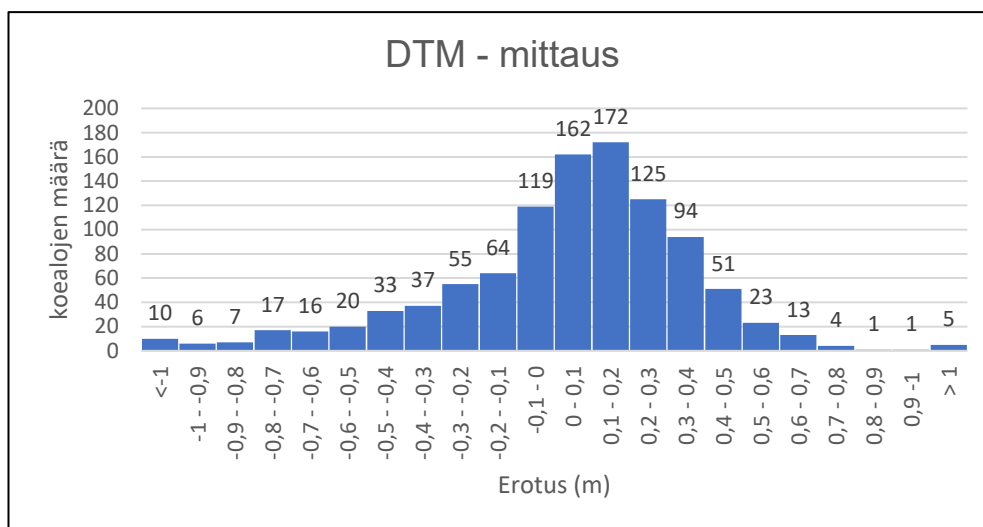
Arbonautin laskemassa tulkinnessa ja maastomittauksessa oli eroavaisuuksia. Alueellisia eroavaisuuksia oli hieman, mutta merkittäviä poikkeamia eri alueilta ei löytynyt. Taulukkoon 1 on koostettu eri laskentatavoilla muodostettujen ojasegmentin syvyyksien ja maastomittausten erotuksesta lasketut muuttujat keskihajonta ja keskiarvo. Vertaamalla koko aineistoa mitattuun ojan kuivavaraan saatiin selville, että vertailussa pienin keskihajonta sekä lähimpänä nollaa oleva keskiarvo oli tulkinnessa, joka oli laskettu segmentin keskiarvolla. Segmentin keskiarvolla lasketun tulkin keskihajonta oli 0,177 m ja keskiarvo 0,034 m (taulukko 1). Suurin keskihajonta oli moodilla (0,353 m) ja sen keskiarvo poikkesi myös eniten nolasta (-0,132 m) (taulukko 1). Toiseksi pienin vaihtelu oli mediaanilla (0,195 m) ja kolmanneksi DTM (0,339 m) (taulukko 1). Kaikki kuvaajat ovat normaalijakautuneita. Jos keskiarvo on lähellä 0 m, on mittaustulos ja tulkinta olleet keskimäärin yhtä suuria. Keskihajonta kertoo kuinka keskimäärin otoksen arvot poikkeavat keskiarvosta. Eli lähellä 0 m oleva keskiarvo ja mahdollisimman pieni hajonta vastaa parhaiten maastomittaustulosta.

TAULUKKO 1. Tulkintojen ja mittaustuloksen erotusten tunnusluvut

	DTM	Keskiarvo	Mediaani	Moodi
Keskihajonta (m)	0,339	0,177	0,195	0,353
keskiarvo (m)	0,042	0,034	0,064	-0,132

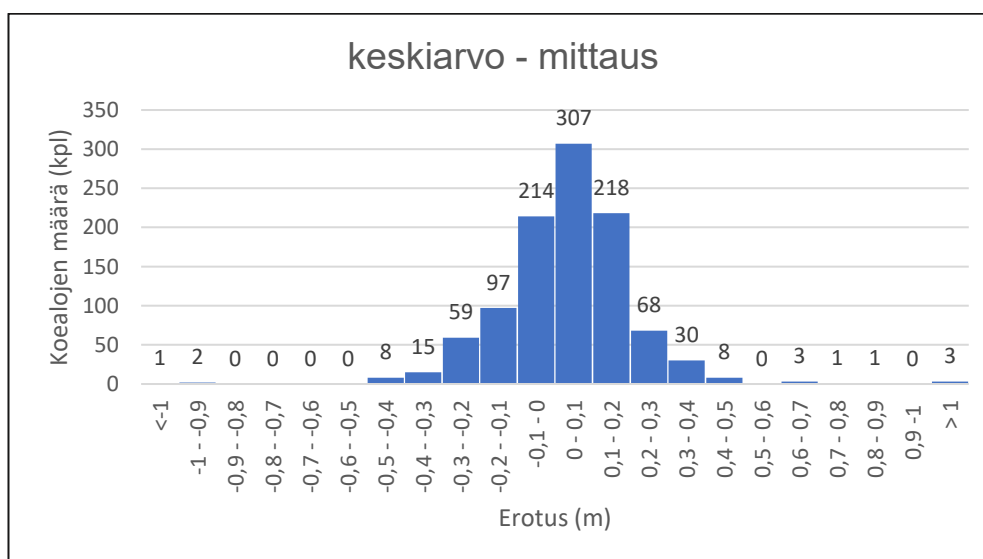
Kuviossa 1 on visualisoitu maanpinnan muodon (DTM) ja mittaustuloksen erotus. Kuvioista ilmenee hyvin, miten suurta hajontaa tällä ojatulkinnalla saadaan. Kuvioista 1 voidaan todeta että, maastomittausten erot painottuvat enemmän vasemmalle, jolloin mittausten mukaan ojat ovat olleet syvempiä kuin tulkin perusteella saadut ojan syvyydet. Lähelle nollaa (-0,1–0,1 m) sijoittuvien erotusten määrä on suhteellisen pieni verrattuna kuvioihin 2 ja 3. Yksi huomionarvoinen seikka on kuvion 1 oikeassa reunassa, jossa yli 1 metrin erotuksen saaneita koelohjoja on enemmän, kuin muissa kuvaajissa (2–4). Tämä johtunee tulkin muo-

dostumisesta, jossa segmentin matalin arvo on ojan syvyys. Laserkeilausaineistossa osa pisteistä voi painua maan alle ja antaa siten väärää tietoa, jos niitä ei saada suodatettua pois.



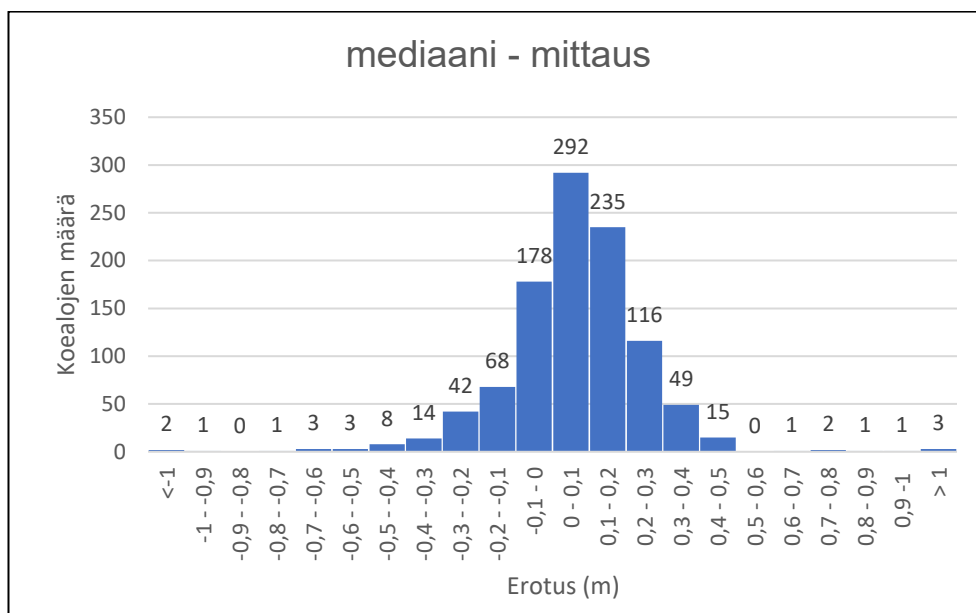
KUVIO 1. Maanpinnan muodosta (DTM) vähennetty mittaustulos

Kuviossa 2 on esitetty segmentin keskiarvolla lasketun ojan syvyyden ja mittaustuloksen erotus. Kuvion keskihajonta on pientä (0,177 m) (taulukko 1). Muista kuvaajista (1, 3 & 4) poiketen kuvion 2 aineisto on painottunut enemmän positiivisiin lukuihin. Tämä tarkoittaa, että kuvaajassa on enemmän keskiarvoa suurempia lukemia. Koska kuvaajan keskiarvo on lähellä 0 m (0,034 m) ja keskihajonta pientä, voidaan todeta että tulkinta vastaa aika hyvin mittaustulosta.



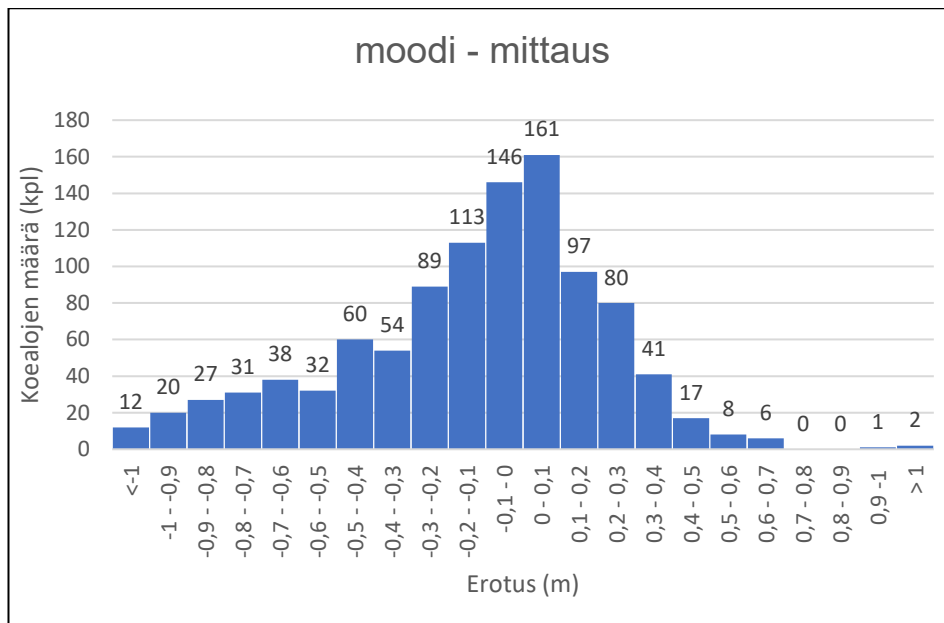
KUVIO 2. Segmentin syvyyden keskiarvosta vähennetty mittaustulos

Kuviossa 3 on esitetty segmentin mediaanisyvyydestä lasketun ojan syvyyden ja maastossa mitatun tuloksen erotus. Kuvion hajonta on pientä, mutta suurempaa kuin kuviossa 2. Kuvion 3 keskihajonta oli 0,195 m ja keskiarvo 0,064 m (taulukko 1). Tällöin mittaustulos ja tulkinta eivät vastaa toisiaan niin hyvin kuin segmentin keskiarvolla laskettu ojan syvyys.



KUVIO 3. Segmentin syvyyden mediaanista vähennetty mittaustulos

Kuviossa 4 on esitetty segmentin moodin mukaan tulkitun ojan syvyyden ja mittaustuloksen erotus. Kuviolla on suuri hajonta (0,353 m) (taulukko 1). Kuvion keskiarvo (-0,132 m) on muista kuvaajista (1–3) poiketen negatiivinen (taulukko 1). Kuvaaja on painottunut voimakkaasti negatiivisiin arvoihin. Suuri negatiivisten arvojen määrä kertoo, että tällä tulkinnalla saadaan ojista matalampia, kuin ne todellisuudessa ovat.



KUVIO 4. Segmentin syvyyden moodista vähennetty mittaustulos

5.2 Keskiarvolla lasketun ojasegmentin syvyys

Tarkastellaan tarkemmin kuviota 2, jossa esitetään ojasegmentin keskiarvolla lasketun ojasyvyyden ja maastossa todetun syvyyden erotusta. Tutkitaan tarkemmin kuvion 2 ääripäissä olevia suuria positiivisia sekä negatiivisia erotuksia. Tuloksissa on kolme mittaustulosta, jotka ovat olleet yli 1 metrin matalampia kuin tulkinnessa (erotus yli 1 m) sekä kolme koealaa, joissa mittaustulos on ollut yli 90 cm matalampia kuin tulkinnessa (erotus alle -0,9 m) (kuvio 2.)

Tulkintaa matalammat ojat eli suuren positiivisen erotuksen taustalla näyttäisi olevan mittaajasta johtuvat virheet kuten näppäilyvirheet. Tulkintaa syvemmät ojat eli suuret negatiiviset arvot näyttäisivät olevan peräisin Arbonautin tulkinnessa.

5.2.1 Tulkintaa syvemmmät ojat

Suureen negatiivisen arvoon on kaksi tekijää, joko tulkinnan puuttuminen tai maanpinnan ”vajoaminen”. Maanpinnan vajoaminen on laskennallisen maanpinnan vajoamista, jolloin tulkittu oja on todellisuutta reilusti matalampi. Kahdessa tapauksessa koealalta puuttuu verrattava tieto eli kun arvosta 0 vähennetään mitaustulos, saadaan suuri poikkeama.

Koealoilla 35 ja 159 ei ole Arbonautin aineistossa laskettua arvoa, ja tästä johtuen niiden erotukset ovat suuret. Koealan 159 ojasta on mitattu useampi koeala. Samasta ojasta, josta koeala 159 (kuva 4) on otettu, puuttuu ojatulkinta vain koealan kohdalta. Kuvien perusteella koealalla 159 kasvillisuus näyttää samalta kuin vierisellä koealalla 97 (kuva 5). Koealalla 159 ojan pohjan peittävyys on 80 % paljasmaata, 15 % heinää ja 5 % puuvartisia, luiskassa heinää 55 %, sammalta 20 %, puuvartisia 10 % sekä paljasta maata 10 %. Koealalla 97 ojan pohjan peittävyudeksi on ilmoitettu 90 % paljasmaata ja 10 % heinää, luiskan kasvillisuus on 60 % heinää, 25 % puuvartisia, 10 % sammalta ja 5 % paljasta maata. Paljasmaa ojan pohjalla näillä koealoilla tarkoittaa veden pintaa, sillä ojassa on kuvien perusteella vettä (kuvat 4 ja 5). Koealalla 159 pohjalla on hieman puuvartista kasvillisuutta, mutta suurin osa vettä, kuten koealalla 97. Vähäinen määrä puuvartista kasvillisuutta ei pitäisi estää ojan syvyyden tulkintaa. Luiskan kasvillisuus on molemmilla koealoilla pääosin heinää ja sammalta. Tulkinnan puuttuminen ei todennäköisesti johdu kasvillisuudesta.



KUVA 4. Koeala 159



KUVA 5. Koeala 97

Koealalla 4 oja on tulkittu 0,96 m matalammaksi kuin mittaustulos. Koealalla kuivavaraksi on mitattu 1,38 m. Segmentin keskiarvon syvyydeksi Arbonautin tulkinta-aineistossa on laskettu 0,41 m. Koealan ja aineiston erotus on -0,96 m. Koealan kuvien perusteella mittaustulos vaikuttaa oikealta (kuva 6). Kuvassa mitasuhteena toimii kävelysauva, jonka pituus on yli metrin. Ojan pohjalla ei ole mitään korkeaa kasvustoa, kuten pensaita tai heinää, jotka voisivat aiheuttaa keilausaineiston tulkinnassa vääristymää. Arbonautin mukaan virhetulkinta voi johtua laskennallisen maanpinnan (referenssitason) vajoamisesta ojan pohjalle, koska oja on poikkeuksellisen leveä. Ojan leveydeksi on mitattu 4,00 m. Ojan ympäriltä on laskettu referenssitaso 10 x 10 m alueelta, ja ojan leveys tästä lähes puolet (40 %). Lisäksi oja on aika jyrkkäreunainen (luiskan kaltevuus 1:1,24). Referenssitaso saa paljon arvoja ojasta, jolloin maanpinnan korkeus on laskennallisesti alhaalla. Kun referenssitasosta vähennetään ojan tulkittu syvyys saadaan tulokseksi todellista matalampi oja.



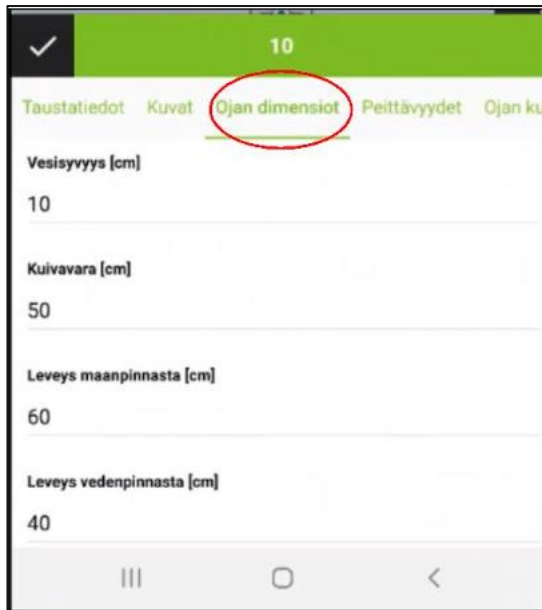
KUVA 6. Koeala 4

5.2.2 Tulkintaa matalammat ojat

Tulkinnan ja mittauksen erotus oli kolmella koealalla yli 1 metrin. Koealoilta otettujen kuvien perusteella (kuvat 8–11) kuivavara ja veden syvyys on merkitty maastotallentimella keskenään vääriin sarakkeisiin (kuva 7), jolloin erotuksesta tulee poikkeava. Kuvat on otettu ojan pohjalta, eikä kuvassa näy ilmoitettua vesimäärää. Lisäksi oli viisi koealaa, joiden mittauksen ja tulkinnan erotus oli välillä 0,6–0,9 m. Näillä koealoilla kolmesta puuttui mittaustulos.

Koealalla 980 ojan päälle on ajan saatossa muodostunut kansi (kuva 8). Maastomittaaja oli mitannut kuivavaran oletetusta tulkinnan kuivavarasta, mutta tulkinta oli luultavimmin saatu ojan pohjalta eikä maakannesta. Yhdellä koealalla tulkinta on virheellinen. Yleistettynä voidaan siis todeta, että jos erotus on positiivinen, virhe todennäköisesti johtuu maastomittaajan virheestä.

Koealalla 1005 (kuva 9) kuivavaraksi on ilmoitettu 0,11 m ja veden syvyydeksi 1,23 m. Koealan 1005 tukittu ojan kuivavara on 1,20 m. Koealalla 1023 (kuva 10) kuivavaraksi on mitattu 0,07 m ja veden syvyydeksi 0,96 m. Tulkinnan mukaan koealan 1023 kuivavara on 1,14 m. Koealalla 1018 (kuva 11) ojan kuivavaraksi on mitattu 0,1 m ja veden syvyydeksi 1,13 m. Tulkinnassa kuivavara on 1,28 m. Näillä koealoilla ero voi johtua näppäilyvirheestä, jossa veden syvyys ja ojan kuivavara ovat kirjattu väärin kenttiin (kuva 7).



KUVA 7. Kuvankaappaus maastotallentimen näkymästä (Saarimaa 2021)



KUVA 8. Koeala 980, Ojan pohja löytynyt maakannen alta



KUVA 9. Koeala 1005



KUVA 10. koeala 1023



KUVA 11. Koeala 1018

5.3 Hypoteesin testaus

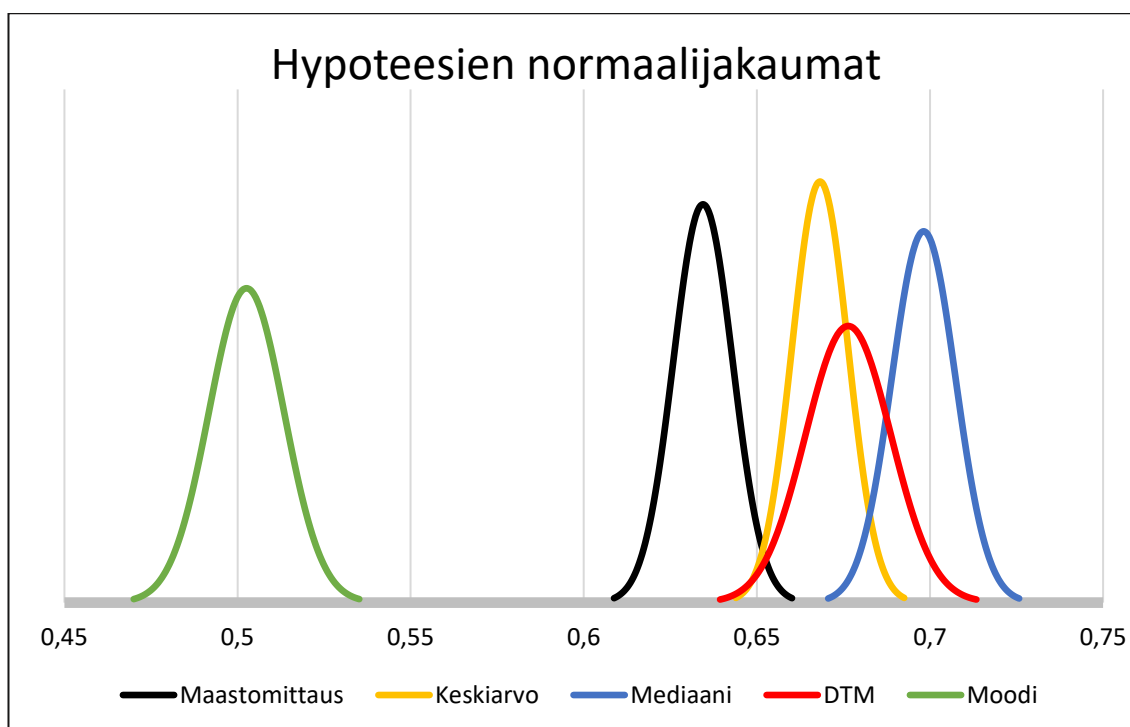
Kaikkien neljän eri tulkinnan (DTM, keskiarvo, mediaani ja moodi) t-testin p-arvo oli pienempi kuin 0,05 (taulukko 2). Tällöin voidaan tilastollisesti todeta, että tulkinta ei vastaa maastomittaustulosta. Jos H_0 hylätään, väärän johtopäätöksen todennäköisyys on DTM:llä $7,36 \cdot 10^{-5}$, keskiarvolla $1,26 \cdot 10^{-9}$, mediaanilla $1,39 \cdot 10^{-24}$ ja moodilla $2,88 \cdot 10^{-31}$ (taulukko 2).

TAULUKKO 2. Abonaut Oy:n tulkintojen ja maastomittaustuloksen yhtäsuuruuden todennäköisyys.

	DTM	Keskiarvo	Mediaani	Moodi
p-arvo	$7,36 \cdot 10^{-5}$	$1,26 \cdot 10^{-9}$	$1,39 \cdot 10^{-24}$	$2,88 \cdot 10^{-31}$

Kuvaajassa 5 on havainnollistettu hypoteesien testauksen tulokset yhteen kaavioon. Käyrät kuvaavat hypoteesien keskiarvojen jakautumista. Jokaisen käyrän huippu on otoksen keskiarvon kohdalla. Mitä enemmän käyrät ovat päällekkäin, sitä todennäköisemmin hypoteesi H_0 (maastomittauksen ja Arbonaut Oy:n tulkinnan otosten keskiarvot yhtä suuret) pitää paikkansa. Kuten kuviosta nähdään, vain DTM:n ja keskiarvon käyrien hännät ovat hieman päällekkäin maastomittauksen käyrän kanssa. Mediaanin ja moodin käyrät ovat hyvin kaukana maastomittauksen käyrästä (kuvio 5). Kuvion 5 käyrät vastaavat taulukon 2 arvoja siten että mitä pienempi p-arvo sitä kauempana käyrä on verrattavasta otoksesta.

Hypoteesin testauksessa ei oteta huomioon mittaustavan ja mittausajankohdan vaikutusta. Huomattavaa on, että maastomittaja arvioi silmämääräisesti maanpinnan tason, kun taas keilausaineisto laskee sen 10 x 10 m kokoisesta ruudusta. Tämä aiheuttaa vääjäämättä vääristymää, sillä maastomittajan on haastava arvioida senttimetrin tarkkuudella maanpinnan korkeus vaihtelevassa maastossa. Ojissa on voinut olla eri määrä vettä laserkeilaus- ja maastomittaus hetkillä. Laserkeilauksen ajankohta oli kesällä 2020 ja maastomittaukset tehtiin loppukesästä 2021. Eri vuosista ja vuodenajoista johtuen mittauksessa ja tulkinnassa voi esiintyä poikkeavuuksia.



KUVIO 5. Hypoteesin testauksen normaalijakaumakuvaajat eri muuttujilla

5.4 Alueelliset erot

Aineistoa suodatettiin paikkakuntaakohtaisilla tiedolla (Parkano, Iisalmi & Kuivaniemi). Alueellisia eroja verrattiin vertaamalla segmentin keskiarvosyvyydellä lasketun ojan syvyyden ja alueen mittaustulokseen erotusta. Eri alueilla oli hieman eroavaisuuksia. Merkittävimmät erot olivat Iisalmessa noin 5 cm matalammat ojat kuin Parkanossa tai Kuivaniemessä. Lisäksi Kuivaniemen ojan syvyyksien keskijajonta oli suurempi kuin Iisalmessa tai Parkanossa.

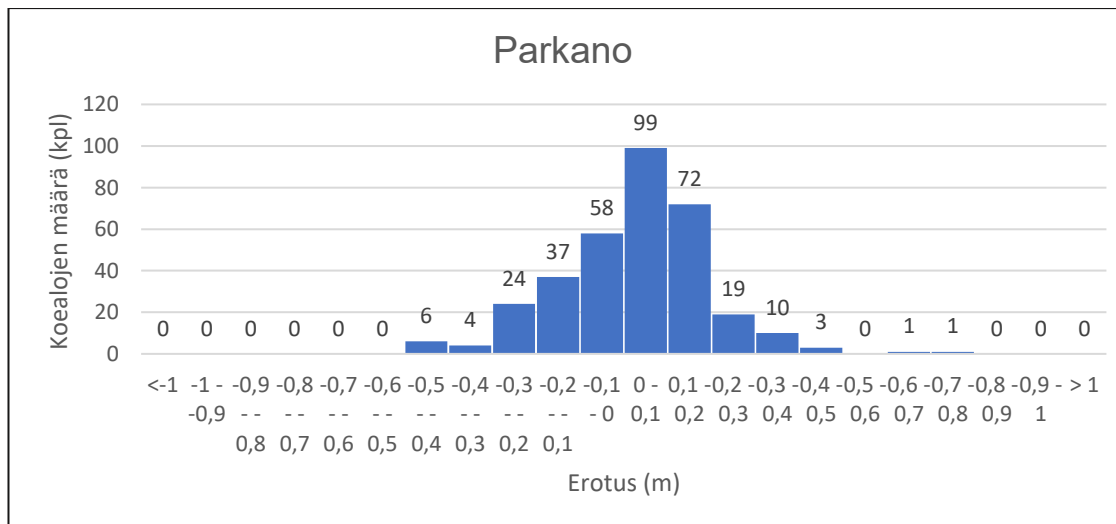
Iisalmessa ojat olivat noin 5 cm matalampia kuin Parkanossa tai Kuivaniemellä. Ojasegmentin tulokinnan ja maastomittauksen erotuksen keskiarvo Iisalmessa oli 0,071 m, Parkanossa 0,023 m ja Kuivaniemessä 0,022 m (taulukko 3). Koska keskimääräinen erotus oli nollaa suurempi, ojat olivat hieman matalampia kuin tulokinnassa. Koko aineistossa erotusten keskiarvo oli 0,034 m (taulukko 3). Iisalmen poikkeava tulos voi johtua joko mittaajan arvioimasta maanpinnan tasosta tai veden määrästä ojassa. Iisalmen ero muihin alueisiin ei ole tilastollisesti merkitsevä. Aineistosta poistettiin koemielessä Iisalmen mittaustulokset, mutta se ei muuttanut tuloksia merkittävästi.

Mittausten kuvaajat ovat samankaltaisia jokaisella inventointi alueella (kuviot 6–8). Koko aineiston vertailussa segmentin keskiarvolla keskihajonta oli 0,177 m (taulukko 3). Parkanossa keskihajonta oli 0,097 m, lialmessa 0,090 m ja Kuivaniemessä 0,121 m (taulukko 3). Kuivaniemen suurempi keskihajonta selittyi muutamalla virhetallennuksella ja väärällä tulkinnalla (luku 6.2).

TAULUKKO 3. Tulkinnan ja mitausten erojen tunnusluvut alueellisesti

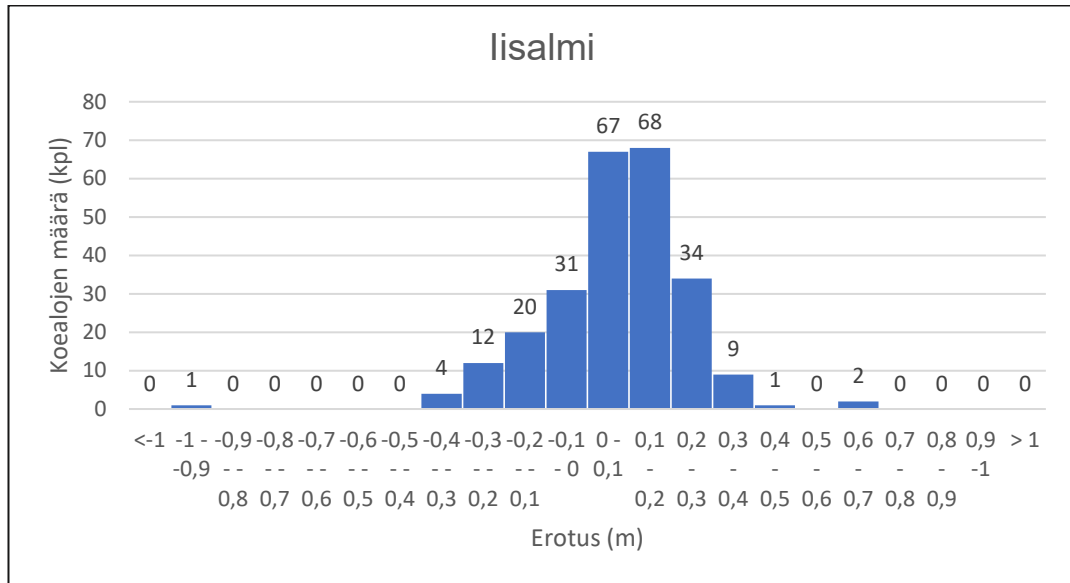
	Koko aineisto (tulkinta segmen- tin keskiarvolla)	Parkano	lialmi	Kuivaniemi
Keskihajonta	0,177	0,097	0,090	0,121
Keskiarvo	0,034	0,023	0,071	0,022
Koealoja yhteensä	1035	334	249	452

Kuviossa 6 on havainnollistettu Parkanon alueella mitattujen koealojen ja ojasegmentin keskiarvolla tulkitun ojasyvyyden erotusta. Parkanon alueella erotusten keskiarvo oli 0,023 metriä ja keskihajonta 0,097 m (taulukko 3). Koska kuvio on painottunut enemmän oikealle positiivisiin lukuihin, mittaustulokset ovat olleet keskimäärin matalampia kuin tulkitut ojan syvyydet.



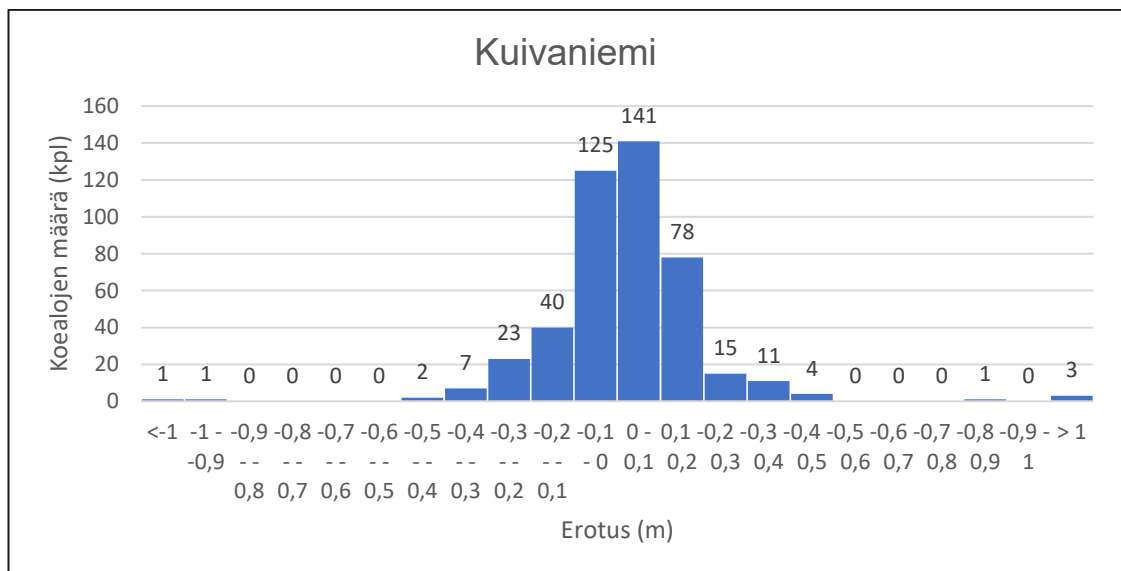
KUVIO 6. Keilaustulkinnan ja Parkanossa mitattujen koealojen erotukset

Kuviossa 7 on havainnollistettu lialmen alueella mitattujen koealojen ja ojasegmentin keskiarvolla tulkitun ojasyvyyden erotusta. lialmen alueella erotusten keskiarvo oli 0,071 m ja keskihajonta 0,090 m (taulukko 3). Tällöin ojat olivat keskimäärin tulkintaa matalampia.



KUVIO 7. Keilaustulkinnan ja lisalmessa mitattujen koealojen erotukset

Kuviossa 8 on havainnollistettu Kuivaniemen alueella mitattujen koealojen ja oja segmentin keskiarvolla tulkitun ojasyvyyden erotusta. Kuivaniemen alueella erotusten keskiarvo oli 0,022 m ja keskihajonta 0,121 m (taulukko 3). Muita alueita suuremman hajonnan aiheuttaa molemmissa ääripäissä olevat mittaustulokset, joita käsiteltiin luvussa 5.2.



KUVIO 8. Keilaustulkinnan ja Kuivaniemessä mitattujen koealojen erotukset

5.5 Kasvupaikkatyypin vaikutus tulkinnan tarkkuuteen

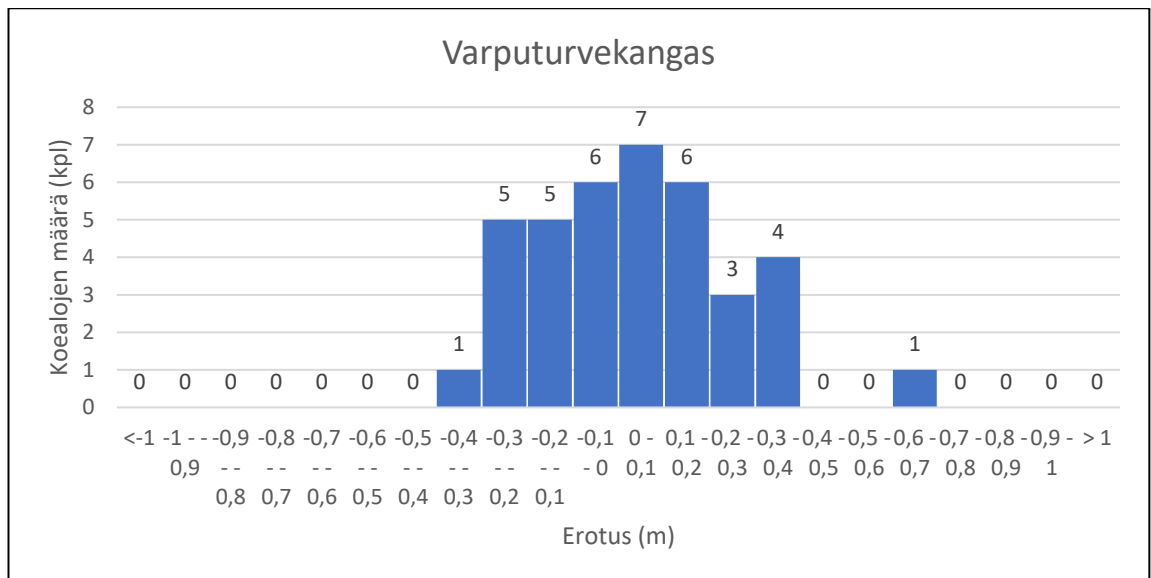
Yhtenä laserkeilaukseen perustuvan tulkinnan ja maastomittausten välisiä eroavaisuuksia aiheuttavana tekijänä voidaan pitää pintakasvillisuutta, joka eroaa eri kasvupaikkatyypeillä. Koealoja mitattiin varputurvekankaalla (Vatkg) 38, puolukkaturvekankaalla (Ptkg) 330, mustikkaturvekankaalla (Mtkg) 444, ruohoturvekankaalla (Rhtkg) 222 ja lehdossa 1.

Eri kasvupaikoilla sijainneiden koealojen perusteella laaditut ojien syvyyserojen kuvaajat olivat samankaltaisia pois lukien varputurvekankaat. Varputurvekankaalla mitattiin melko vähän koealoja (38 kpl), joka voi aiheuttaa vääristymää kuvaajassa. Lehdon kuvaajaa ei laskettu sillä koealoja ei ollut kuin yksi. Aineistojen keskihajonnat olivat pieniä varputurvekankaalla 0,041 m, puolukkaturvekankaalla 0,102 m, mustikkaturvekankaalla 0,123 m ja ruokoturvekankaalla 0,071 m, kun koko aineistossa segmentin keskiarvon perusteella laskettu keskihajonta oli 0,177 m. Keskiarvo erotuksessa on lähellä nollaa jokaisella kasvupaikalla. Tämä tarkoittaa sitä, että mittaustuloksen ja keilausaineiston tulkinnan ero on keskimäärin pieni. Pienet keskihajonnat ja lähellä nollaa oleva keskiarvo kertoo, että kasvillisuudella ei ole merkittävää vaikutusta erojen selittäjäksi. (Taulukko 4, Kuviot 9–12.)

TAULUKKO 4. Kasvupaikan vaikutus keskihajontaan

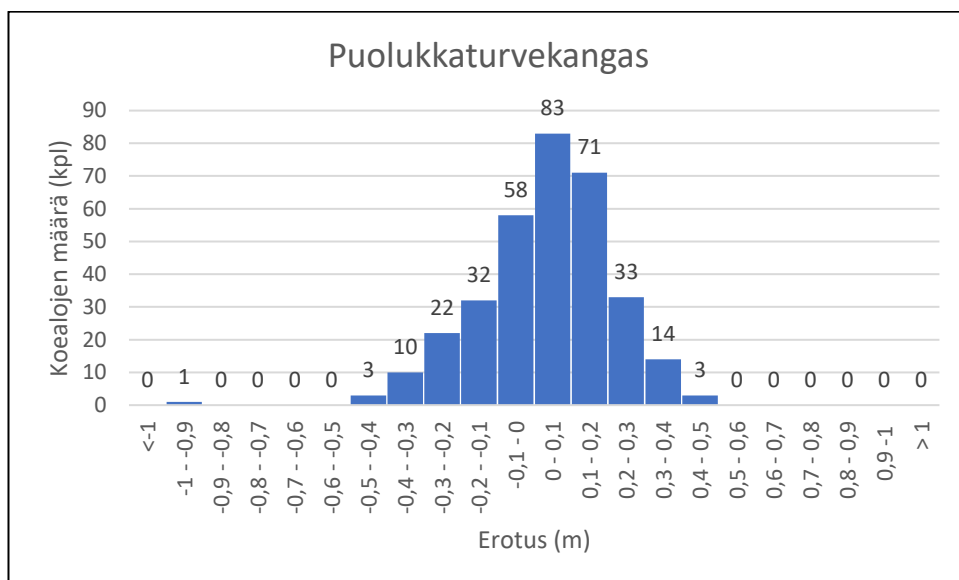
	Koko aineisto (tulkinta segmentin keskiarvolla)	Vatkg	Ptkg	Mtkg	Rhtkg
Keskihajonta	0,177	0,041	0,102	0,123	0,071
Keskiarvo	0,034	0,041	0,031	0,040	0,024
Koealoja yhteensä	1035	38	330	444	222

Kuviossa 9 on kuvattu ojasegmentin tulkinnan ja mittaustuloksen erotusta varputurvekankaalla. Kuvaaja poikkeaa muista kasvupaikkakuvaajista (9–11) siten, ettei kuvaaja muistuta normaalijakaumaa. Tämä voi johtua siitä, että kasvupaikalla mitattiin vain 38 koealaa ja otos ei ole siten edustava. Suurta vaihtelua kuviossa ei silti ole vaan kasvupaikalla erotusten keskiarvo on 0,041 m ja keskihajonta vain 0,041 m.



KUVIO 9. Varputurvekankaan koealojen ja tulkinna erotus

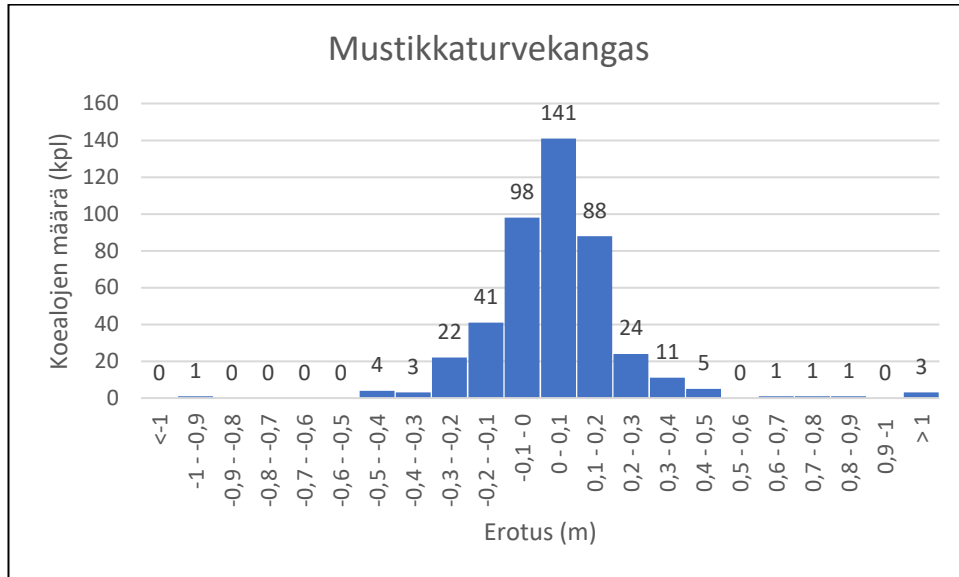
Puolukkaturvekankailta mitattiin 330 koealaa. Tulkinna ja mittaustulosten erotus tällä kasvupaikalla oli keskimäärin 0,031 m ja keskihajonta 0,102. Kuvion viinoma oli -0,701 eli kuviossa on keskiarvotulosta enemmän pienempiä arvoja. Tämä tarkoittaa, että tulkinna mukaan tällä kasvupaikalla on matalampia oja kuin todellisuudessa olivat. (Kuvio 10.)



KUVIO 10. Puolukkaturvekankaan koealojen ja tulkinna erotus

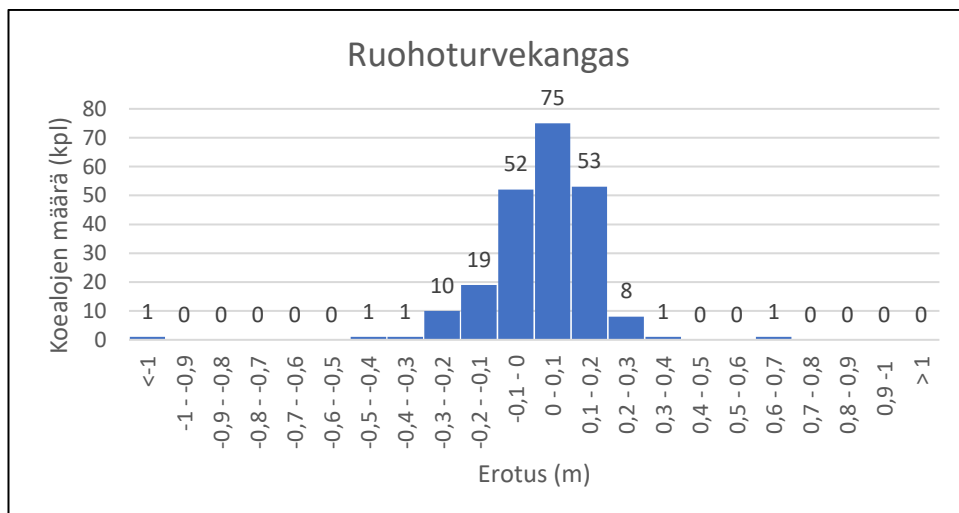
Mustikkaturvekankailla mitattiin muita kasvupaikkatyyppisiä enemmän koealoja. Tällä kasvupaikalla mitattiin yhteensä 444 koealaa. Mustikkaturvekankailla tulkin-

nan ja mittaustulosten erotusten keskiarvo oli 0,040 m ja keskihajonta 0,123. Kuvion 11 vinouma oli suurta 1,315, joka tarkoittaa, että kuviossa oli keskiarvo tulosta enemmän suurempia arvoja. Yksi selittävä tekijä voi löytyä kuvion oikeasta reunasta, johon on kasaantuneet suurin osa koaloista, joissa erotus oli suurta. Näitä poikkeavia arvoja käsiteltiin jo aiemmin luvussa 5.2.2.



KUVIO 11. Mustikkaturvekankaan koalojen ja tulkinnan erotus

Ruohoturvekankaalla mitattiin yhteensä 222 koalaa. Tulkinnan ja mittaustulosten erotus tällä kasvupaikalla oli keskimäärin 0,024 m ja keskihajonta 0,071. Kuvion vinouma oli -2,099 eli kuviossa on keskiarvotulosta enemmän pienempiä arvoja. Tämä tarkoittaa, että tulkinnan mukaan tällä kasvupaikalla on matalampia oja kuin ne todellisuudessa olivat (Kuvio 12).



KUVIO 12. Ruohoturvekankaan koalojen ja tulkinnan erotus

6 POHDINTA

6.1 Johtopäätökset ja jatkotutkimusehdotukset

Arbonaut Oy:n tuottaman ojatulkinnan ja maastomittausten välillä oli eroavaisuuksia. Maastomittaustulokset poikkesivat tilastollisesti merkitsevästi tulkinnasta. Tilastollisesti tuloksia ei voida suoraan yleistää koko perusjoukkoon. Hypoteesin testaus ei ota huomioon eri mittausmenetelmää (maastomittaus ja laserkeilaus) eikä eri mittausajankohtaa. Hypoteesin testauksen tuloksena oli, etteivät mittaustulos ja tulkinta ole yhtä suuria. Vaikka mittaustulos ja tulkinta ovat olleet osalla koealoista yhtä suuret, tulos voi olla yhtä oikein tai yhtä väärin kuin toisella koealalla, jossa on enemmän poikkeavuutta. Maastossa maanpinnan korkeuden hahmottaminen senttimetrien tarkkuudella on haastavaa, jolloin mittaustulos lähes vääjäämättä poikkeaa tulkinnasta. Lisäksi eri vuosina ja vuodenaikoina tehdyt mittaukset voi aiheuttaa virhettä mahdollisen veden vaihtelun vuoksi.

Mittauksen ja tulkinnan erot voivat johtua osittain mittaajasta sekä Arbonautin aineistosta. Matalaksi tulkitut ojat johtuvat yleisesti Arbonautin tulkinnasta ja syväksi tulkitut johtuivat yleensä mittaajasta. Paikkakunnilla oli eri mittaajat, joten tästä voi aiheutua pientä vaihtelua mittaustulosten kesken. Jokainen mittaaja mittasi saman ohjeen mukaan. Suurin mittaajasta aiheutuvasta vaihtelusta johtuu mittaajan arvioimasta maanpinnan tasosta.

Opinnäytetyön ja koko HYTKY hankkeen tuloksia voidaan hyödyntää Luonnonvarakeskuksen Suosimulaattorin jatkokehittämiseen. Ojaverkoston tulkinta on suoraan käyttökelpoinen simulaattorin mallinnukseen. Nykyisessä versiossa simulaattoriin tarvitaan lähtötietoina sarkaleveys, ojien syvyys, kasvupaikka, puustotunnukset sekä päivittäinen sääaineisto alueelta (Laurén ym. 2021, 2). Lisäksi tuloksia voidaan hyödyntää ojasuunnittelussa, jolloin kunnostusojitusta tehtäisiin vain tarpeelliselle osalle ojaverkostoa.

Tämän opinnäytetyön tulokset ovat tärkeitä suometsien kokonaiskestävän käytön kannalta. Ojien kunnostamisen välttämällä voidaan suoraan vaikuttaa veden

laatuun ja lisäksi estää turpeen hajoamisesta johtuva hiilipäästö ilmastoon. Sellaisilla kohteilla, joissa kuivavara on riittävä, voidaan saada kasvuvastetta tuhkanannoituksella kunnostusojituksen sijaan. Tällöin puuston kasvu riittää kuivattamaan, eikä kunnostusojitusta tarvitse tehdä. Jatkotutkimusta pitää vielä tehdä Arbonautin tekemän tulkinnan kehittämiseksi. Uuden laskentatavan vaikutukset olisi mitattava maastossa.

6.2 Eettisyys ja luotettavuus

Mittausaineistossa voi olla virheellisiä tietoja, jotka johtuvat maastomittajan näppäilyvirheestä. Virheellinen näppäily voi olla esimerkiksi ojan leveyden ja syvyyden näppäily väärälle paikalle tai kuivavaran ja vesisyvyyden sekoittuminen. Yhtään koealaa ei ole poistettu aineistosta, koska ei voida olla varmoja tiedon virheellisyydestä. Maanpinnan korkeuden hahmottaminen on haastavaa maastossa. Kun koealoja mitattiin vain yksi yhdeltä ojasegmentiltä, ero laserkeilausaineistoon voi olla suuri, koska laserkeilausaineistossa on huomioitu maanpinta isommalta alueelta ja tehty siitä yleistyksiä. Eri mittaja olisi todennäköisesti saanut eri mittaustuloksen samalta koealalta, jos koealat olisi mitattu toisista tietämättä. Alueellisesti sama mittaja mittaa samalla tyylillä, jolloin tulosta voidaan pitää luotettavana. Koealojen suurehko määrä pienentää yksittäisen koealamittauksen merkittävyyttä.

Laserkeilauksen ajankohta oli kesällä 2020 ja maastomittauksen tehtiin loppukesästä 2021. Eri vuosista ja vuodenojoista johtuen mittauksessa ja tulkinnassa voi esiintyä poikkeavuuksia, sillä ojissa olevan veden määrää laserkeilauksen aikana ei tiedetä.

Metsäkeskus. n.d.a. Tietoa meistä. Verkkosivu. Luettu 28.10.2022
<https://www.metsakeskus.fi/fi/tietoa-meista/metsakeskus>

Metsäkeskus. n.d.b. Tietojen ajantasaisuus. Verkkosivu. Luettu 28.10.2022.
<https://www.metsakeskus.fi/fi/avoin-metsa-ja-luontotieto/tietojen-yllapito/tiedon-ajantasaistus>

Penttilä, T., Laiho, R. & Mäkipää, R. 2018. Suometsien ilmastoviisas metsänhoito. Luonnonvarakeskus SOMPA-hanke. Verkkosivu. Luettu 24.1.2023.
<https://www.ilmastoviisas.fi/tietopakettit/suometsien-ilmastoviisas-metsanhoito/>

Saarimaa, M. johtava luontotiedon asiantuntija. 2021. HYTKY: Maastomittausohjeet. Sähköpostiviesti 3.8.2021.

Tapio. 2022a. HYTKY – Hydrologisen kytkeytyneisyyden tarkastelu laserkeilausaineistoa hyödyntäen. Verkkosivu. Luettu 28.10.2022. <https://tapio.fi/projektit/hytky-hydrologisen-kytkeytyneisyyden-tarkastelu-laserkeilausaineistoa-hyodyntaen/>.

Tapio. 2022b. Suometsienhoidon erityispiirteet. Verkkosivu. Luettu 24.1.2023.
<https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/suometsien-hoidon-erityispiirteet>

Tapio. 2022c. Ojien kunnostus. Verkkosivu. Luettu 22.1.2023. <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/ojien-kunnostus>