

Sekametsän uudistaminen

Luonnonvarakeskuksen SEKAVA-projektia varten perustettujen kestokokeiden uudistamistuloksien analysointi ja paikkatietoaineiston luonti

Sauli Rähä

OPINNÄYTETYÖ
Tammikuu 2022

Metsätalouden tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalouden tutkinto-ohjelma

RÄIHÄ, SAULI:

Sekametsän uudistaminen

Luonnonvarakeskuksen SEKAVA-projektia varten perustettujen kestokokeiden uudistamistuloksien analysointi ja paikkatietoaineiston luonti

Opinnäytetyö 79 sivua, joista liitteitä 15 sivua

Toukokuu 2022

Luonnonvarakeskus käynnisti vuonna 2020 SEKAVA-projektin, jonka tarkoituksena on tutkia ja tuottaa tietoa jo olemassa olevien sekapuustoisten taimikoiden ja sekametsien kasvusta ja kehityksestä sekä tutkia uusien sekametsien perustamisen uudistamismenetelmiä.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään ja analysoidaan viiden tutkimusta varten perustetun kestokokeen koealojen uudistamistyön tuloksia ja onnistumista. Syksyn 2021 aikana maastoinventoinnissa kerättyjen tietojen perusteella tarkasteltiin koealojen taimitiheyttä, tilajärjestystä, taimikuolleisuutta, tuhoja ja ensimmäisen vuoden pituuskasvua. Kerätyn aineiston perusteella koealoista rakennettiin myös paikkatietoaineisto, joka mahdollisti niiden visuaalisen analysoinnin. Aineisto on myös hyödynnettävissä tulevaisuudessa tehtävien uusien mittausten analysoinnissa ja vertailussa.

Kestokokeiden uudistamistuloksista löytyi eroja jokaisella analysoidulla osa-alueella, mutta erot olivat joiltain osin pieniä eivätkä täten erityisen merkittäviä. Selkeimmin tuloksista nousivat esiin kestokokeiden väliset keskikasvun ja -pituuden vaihtelut, männyn kylvön huonot tulokset sekä taimikuolleisuuden ja tuhojen määrän vaihtelut. Istutetut taimimäärät ja maanmuokkaus olivat pääosin tavoitellulla tasolla, mikä on osaltaan edesauttanut, että uudistaminen oli yleisesti onnistunut vähintäänkin kohtalaisen hyvin.

Lyhyellä aikavälillä katsottuna koealoista tehtyjen analyysien tärkein ja heti hyödynnettävissä oleva tieto oli täydennysviljelyn tarpeen kartoittaminen. Aineistosta näkyy myös kunkin kestokokeen taimikoiden kehityksen lähtökohdat, jotka toimivat hyvänä vertailupohjana tulevaisuudessa tehtävissä mittauksissa.

Asiasanat: sekava-projekti, sekametsä, metsän uudistaminen, paikkatieto

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Forestry

RÄIHÄ, SAULI:

Regeneration of Mixed Forest

Analysing results of mixed forest regeneration in Natural Resources Institute Finland SEKAVA-projects long-term experiments and creating a geospatial data of the regeneration areas

Bachelor's thesis 79 pages, appendices 15 pages
May 2022

In 2020 Natural Resources Institute Finland started a SEKAVA-project the purpose of which is to research and to produce information about the growth and development of the already existing mixed forest seedling stands and mixed forests as well as to examine the forest regeneration methods for establishing of new mixed forests.

The regeneration results and success of five for research purpose established long-term experiments observation plots are analysed in this thesis. The seedling density, horizontal alignment, seedling mortality and damage as well as the first year growth were examined from the accomplished field inventory in autumn 2021. From the gathered information a geographical information was also created which enabled a visualized analysis of the observation plots. All the data may also be used in future analysis and comparisons.

There were differences in every aspect analysed from the regeneration results of the long-term experiment observation plots, but some of the differences were minor and therefore not very significant. Clearest observations from the gathered information were differences in the mean growth and mean height, poor result in seeding of pine and variety in seedling mortality and damage. Number of planted seedlings and soil cultivation were mainly at the wanted level, contributing to the success of the regeneration at least on a moderate level.

From a short-term point of view the most valuable information of the analysis was mapping for the need of fill-in planting. The gathered information shows the starting point for the long-term experiment seedling stands and it also works as a reference base for future studies.

Key words: sekava-project, mixed forest, forest regeneration, geographical information

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	SEKAMETSÄT SUOMESSA	9
3	METSÄN UUDISTAMINEN.....	10
	3.1 Metsänviljelyn tarkoitus	10
	3.2 Pääpuulajeilla käytössä olevat metsänviljely tavat	11
	3.3 Sekaviljelyn tila tällä hetkellä.....	12
4	PUUN KASVU JA TERVEYS.....	13
	4.1 Puun kasvu	13
	4.2 Taimikossa esiintyvät tuhot	14
5	LUONNONVARAKESKUKSEN SEKAVA-PROJEKTI.....	15
	5.1 Projektin tavoitteet	15
	5.2 Ensimmäisen maastoinventoinnin tavoitteet.....	15
6	AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT	17
	6.1 Kestokokeiden sijainnin valinta ja kokeiden perustaminen	17
	6.2 Aineiston keruu ja maastoinventoinnin suorittaminen	18
	6.3 Aineiston muuttaminen paikkatiedoksi	20
	6.4 Tutkimusmenetelmät.....	21
	6.5 Aineistojen vertailu	23
7	MAASTOINVENTOINNIN TULOKSET	25
	7.1 Paikkatietoaineistojen luonti ja kestokokeiden yleiskuva	25
	7.1.1 SEKAVA 3.....	27
	7.1.2 SEKAVA 4.....	27
	7.1.3 SEKAVA 10.....	28
	7.1.4 SEKAVA 11.....	28
	7.1.5 SEKAVA 12.....	29
	7.2 Koealojen taimitiheys ja tilajärjestys	30
	7.2.1 Taimitiheys	30
	7.2.2 Taimien väliset etäisyydet.....	32
	7.2.3 Tilajärjestys ja Voronoi-analyysi.....	34
	7.2.4 Poimintoja Voronoi-analyysistä kestokokeilta 4, 10, 11 ja 12	37
	7.3 Koealojen taimikuolleisuus	38
	7.4 Tuhojen esiintyminen koealoilla	43
	7.5 Ensimmäisen vuoden pituuskasvu	51
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO	55
9	POHDINTA.....	60

LÄHTEET	63
LIITTEET	65

ERITYISSANASTO

SEKAVA-projekti	Sekametsien kasvatusmallit, Luonnonvarakeskuksen sekametsiä käsittelevä projekti
Maastoinventointi	Maastossa suoritettavaa tiedon keräystä, tässä tapauksessa tietoa kerättiin taimista ja muokkausjäljistä
Kestokoe	Alue, jolla on pysyvä/pysyviä koealoja, joilla tehdään tietyin väliajoin mittauksia
Bruttokoeala	Maastoon rajattu, nettokoealaa ympäröivä alue, jonka sisälle varsinainen koeala (nettokoeala) rajataan
Nettokoeala	Varsinainen koeala, jonka sisällä tutkimuksiin liittyvät mittaukset tehdään
GeoPackage (GPKG)	Geospaatialiseen tiedonsiirtoon tarkoitettu formaatti

1 JOHDANTO

Metsäala on perinteinen ja edelleen hyvin merkittävä toimiala Suomessa. Metsäntutkimuksesta saadun tiedon avulla on pyritty tukemaan, tehostamaan ja kehittämään metsäalan eri toimijoiden toimintaa, jota on pyritty muokkaaman tutkimustiedon avulla parhaaseen suuntaan. Tosin on huomioitava tutkimuksien eri lähtökohdat, näkökulmat ja tavoitteet, joissa asioita tarkastellaan. Esim. koroste- taanko tutkimuksessa luontoarvoja ja metsätalouden vaikutuksia siihen, vai hae- taanko tutkimuksella metsän taloudellisen hyödyntämisen maksimointia. Tällöin tutkimusten tulokset ja johtopäätökset ja niistä johdetut parhaat toimintatavat varmasti eroavat toisistaan, vaikka lähtötilanne tutkimuksille olisikin sama.

Taloudellinen näkökulma on luonnollisesti aina ollut ja tulee olemaan metsätalou- dessa ajattelun perusta, koska toiminnan tarkoituksena on tuottaa yhteiskunnalle hyödykkeitä taloudellisesti kannattavalla tavalla. Kuitenkin etenkin 2000-luvun alusta lähtien on metsätaloudessa alettu kiinnittää taloudellisten seikkojen lisäksi koko ajan entistä enemmän huomiota metsätalouden vaikutuksiin luontoarvoille ja muille metsän tarjoamille hyödykkeille. 2000-luvun alussa Suomessa esimer- kiksi otettiin käyttöön metsäsertifiointi järjestelmät PEFC ja FSC, joiden tarkoituk- sena on taata, että metsissä tehtävät toimenpiteet ovat kestäväällä ja vastuullisella pohjalla (FSC Suomi n.d.) (PEFC Suomi n.d.). Ilmastonmuutos on toinen 2000- luvulla vahvasti esiin noussut aihe ja se on toki vahvasti yhteydessä myös met- säalaan. Jo ilmastonmuutoksen torjumisessa metsäalalla on toki oma roolinsa, mutta sen lisäksi muuttuva ilmasto tuo myös uusia haasteita alan toimijoille.

Suomalaiset metsät ovat tyypilliseltä rakenteeltaan havupuuvaltaisia yhden puu- lajin metsiä. Rakenteen muodostumista on vahvasti edesauttanut vuosikymme- niä pääasiallisena metsänkasvatustapana ollut tasaikäinen metsänkasvatus, jossa puulajina on suosittu havupuita. Koska sekametsien kasvatusta talousmet- sissä on harjoitettu hyvin vähän, on niiden kasvatuksesta myös hyvin vähän tut- kimustietoa, koska tutkimus on luonnollisesti painottunut valtamenetelmänä ole- vaan yhden puulajin tasaikäiskasvatukseen. Sekametsien kasvatusta on tutkittu hyvin vähän myös muissa ilmastoltaan ja kasvuolosuhteiltaan hyvin lähellä Suo- mea olevissa maissa kuten Ruotsissa. Kiinnostus sekametsien kasvatukseen ja

tutkimukseen on kuitenkin herännyt viime vuosina yhä enemmän. Metsäisen toimintaympäristön muuttuessa ja uusien haasteiden noustessa pintaan on sekametsien kasvatusta lähdetty kehittämään ja tutkimaan enemmän. Sekametsien tutkimuksella on pyritty ja pyritään selvittämään esimerkiksi nykyistä sekapuustoisemman metsän vaikutusta ilmasto- ja tuhonkestävyyteen, elinvoimaisuuteen tai luonnon monimuotoisuuteen. Myös metsänomistajien tavoitteissa on tapahtunut vuosikymmenien aikana muutoksia ja sekametsä tarjoaakin hyvät mahdollisuudet monitavoitteiseen metsien käyttöön ja hoitoon.

Luonnonvarakeskuksen vuonna 2020 käynnistämän SEKAVA-projekti tarkoituksena on tutkia, miten nykyisiä sekametsiä voidaan kasvattaa sekä miten uusia sekametsiä tulisi perustaa ja kasvattaa (Sekametsien kasvatustavat 2020). Kyseessä on ensimmäinen sekametsien kasvatusta koskeva tutkimus, jossa metsän kehitystä lähdetään tutkimaan jo uuden metsän perustamisesta alkaen. SEKAVA-projektiin liittyy myös nykyisten sekametsien ja sekapuustoisten taimikoiden tutkimuksia, mutta tässä opinnäytetyössä käsitellään ainoastaan SEKAVA-projektista osaa, joka liittyy uuden metsän perustamista koskevaan tutkimukseen. Keväällä 2021 on tutkimusta varten perustettu kestokokeita ja tehty uudistamistoimet, eli maanmuokkaus sekä istutus ja kylvä. Tämän opinnäytetyön pääasiallisena tarkoituksena on analysoida uudistamisen onnistumista viiden eri kestokokeen koealoilla. Analysoinnissa käytetään koealoilta vuoden 2021 kasvukauden jälkeen kerättyä aineistoa. Maastosta kerätyn tiedon avulla tuotetaan paikkatietoaineisto, josta voidaan visuaalisesti tarkastella ja analysoida koealoja. Paikkatietoaineiston avulla tarkastellaan istutuksen onnistumiseen tai epäonnistumiseen liittyviä syitä, kuten kasvupaikan, maastonmuotojen, uudistamistavan sekä eri puulajien ja niiden koealoille sijoittumisen vaikutuksia uudistamisen onnistumiseen, taimien kuolleisuuteen, mahdollisiin tuhoihin sekä taimien pituuskasvuun.

2 SEKAMETSÄT SUOMESSA

Suomen metsien puustorakenne on havupuuvaltainen ja rakenteeltaan hyvin homogeeninen eli metsät ovat hyvin vahvasti yhden puulajin metsiä. Sekametsien osuus Suomen metsämaan pinta-alasta on 14 prosenttia ja jossain määrin sekapuustoisten metsien osuus on 31 prosenttia (Korhonen ym. 2017). Tässä tapauksessa sekametsällä tarkoitetaan metsää, jossa havu- tai lehtipuuston osuus on alle 75 prosenttia joko puuston pohjapinta-alasta tai taimikkovaiheessa tarkasteltuna kasvatettavien taimien runkoluvusta. Jossain määrin sekapuustoiseksi metsä määritellään, kun pääpuulajina olevan havu- tai lehtipuuston osuus on 75–95 prosenttia. (Sekametsät n.d.). Suomi sijaitsee kasvillisuusvyöhykkeeltään lähes kokonaan boreaalisella vyöhykkeellä eli pohjoisella havumetsävyöhykkeellä, jossa, kuten nimikin jo vihjaa, metsille tyypillisen puuston muodostaa erilaiset havupuut (Lindberg & Nygren 2017, 21). Yhden puulajin metsien kehittymistä on kuitenkin myös vahvasti edesauttanut talousmetsien tasaikäinen metsänkasvatus, jossa puulajina on suosittu havupuita. Talousmetsissä sekametsien osuus onkin suhteellisesti vielä pienempi verrattuna koko Suomen metsämaan pinta-alaan.

3 METSÄN UUDISTAMINEN

3.1 Metsänviljelyn tarkoitus

Metsänviljelyn tarkoituksena on saada uusi puusukupolvi kasvamaan hakatun puuston tilalle. Metsänviljelyä käytetään vain tasaikäisrakenteisessa metsänkasvatuksessa päätehakkuun jälkeen, mutta viljelyn tarve ja toteutustapa riippuvat monesta eri seikasta. Viljelyyn vaikuttavia asioita ovat mm. kasvupaikka, maalaji, uudistettava puulaji, uudistusalan historia ja päätehakkuutapa. Kasvupaikan viljavuus ja vesitalous määrittelee sekä puulajin että viljelytavan valintaa. Metsän historian vaikutus viljelyyn tulee puolestaan mahdollisista metsässä esiintyneistä tuhoista. Jos hakatussa puustossa esiintyy esim. runsaasti kuusenjuurikäpää sienien aiheuttamaa tyvilahoa, voi puulajin vaihtaminen olla järkevä vaihtoehto tuhojen ehkäisemiseksi uudessa puustossa (Tapio 2020). Viljelyn tarpeeseen vaikuttavia erilaisia päätehakkuutapoja ovat avo-, siemenpuu-, suojuspuu- tai kaistalehakkuu, joista avohakkuu on ylivoimaisesti yleisin päätehakkuutapa Suomessa (Metsäkeskus 2021). Siemenpuu-, suojuspuu- ja kaistalehakkuissa metsänviljelyä ei lähtökohtaisesti tarvitse tehdä, sillä niissä tarkoituksena on saada metsä uudistumaan luontaisesti puista tulevien siementen avulla. Mikäli taimia ei kuitenkaan synny tarpeeksi luontaisesti, voi täydennysviljelylle olla tarvetta. Uudistamisen onnistumista ja täydennysviljelyn tarvetta voidaan arvioida kahdesta näkökulmasta. Onko taimia kannattavan talousmetsän kasvatuksen näkökulmasta tarpeeksi, jotta tulevaisuudessa taimikosta on mahdollisuus kehittyä tarpeeksi tiheä metsä, jossa puilla on mahdollisuus kasvaa laadullisesti hyväksi. Toinen ja laillisen velvoittavuuden takia ehdottomasti huomioitava näkökulma on metsälaki ja siinä määritelty uudistamisvelvoite, joka katsotaan täyttyneeksi:

”Kun käsittelyalueelle on saatu aikaan taimikko alueen maantieteellisestä sijainnista riippuen viimeistään 10–25 vuoden kuluessa velvoitteen muodostavan puunkorjuun päättymisestä. Taimikko katsotaan saaduksi aikaan, kun se on riittävän tiheä, taimet ovat tasaisesti jakautuneina, niiden keskipituus on 0,5 metriä ja niiden kehittymistä ei uhkaa välittömästi muu kasvillisuus.” (Metsälaki 1996/1093)

3.2 Pääpuulajeilla käytössä olevat metsänviljely tavat

Metsänviljely toteutetaan joko istuttamalla taimitarhoilla kasvatettuja paakku-taimia tai vaihtoehtoisesti siemeniä kylvämällä. Metsänviljelyä edeltää useimmissa tapauksissa maanmuokkaus, joka on usein myös edellytys viljelyn onnistumiselle. Tapion metsänhoidon suositusten (2021) mukaan muokkaamattomassa maassa kylvetty siemen itää huonosti, pois lukien märät rahkasammalpin-nat turvemilla. Myös istutuksen onnistumisen kannalta maanmuokkaus on erit-täin tärkeää ja se suositellaankin tehtäväksi aina istuttaessa mitä tahansa puula-jia. Maanmuokkauksella parannetaan taimen kilpailuasemaa muuhun pintakas-villisuuteen nähden, sillä ehkäistään vesitaloudellisia ongelmia, se nostaa maan lämpötilaa muokkausjäljessä ja näin juurten kasvu paranee ja taimi pääsee läh-temään kasvuun viivytyksittä. Muokkausjälki antaa myös suojaa tukkimiehentäitä vastaan. (Tapio 2021).

Kuusella metsänviljely olisi aina syytä toteuttaa istuttamalla. Myös rauduskoivulla istutus on yleisesti käytetty tapa, mutta joskus jos kaivupaikan edellytykset niin sallivat, voidaan rauduskoivu uudistaa myös kylvämällä. Männyllä käytetään mo-lempia menetelmiä, mutta kylvö on yleisemmin käytetty menetelmä. Kylvö on me-netelmistä selkeästi halvempi, mutta onnistumiseltaan myös epävarmempi. Tosin oikeassa paikassa oikein toteutettuna kylvölläkin on hyvä mahdollisuus saada laadukas taimikko aikaiseksi. Istuttamalla saadaan uusi taimikko perustettua var-masti ja nopeasti, mutta sen kustannukset ovat myös korkeammat. (Tapio 2021). Istuttamisessa ja kylvössä käytetään useimmiten jalostettuja siemeniä ja niistä kasvatettuja taimia, jotka ovat kestävyydeltään, laadultaan ja kiertoajan tuotok-seltaan jalostamattomia parempia (Metsänjalostus n.d.).

On siis tärkeää metsän uudistamisen onnistumisen kannalta, että uudistamis- ja maanmuokkaustapa valitaan oikein. SEKAVA-projektissa metsän uudistamiseen liittyviä ohjeita ja suosituksia on kuitenkin luonnollisesti jouduttu hieman sovelta-maan, koska tutkimuksen tarkoituksena on juuri selvittää uudenlaista metsänuu-distamistapaa, josta ei vielä mitään tutkimuksiin perustuvaa ohjeistusta ole ole-massa.

3.3 Sekaviljelyn tila tällä hetkellä

Suomessa päätehakkuun jälkeen perustetaan uusi metsä tavanomaisesti istuttamalla tai kylvämällä yhtä puulajia samalle kuviolle. Sekaviljelyllä puolestaan tarkoitetaan metsänviljelyä, jossa yhtä aikaa samalle kuviolle istutetaan eri puulajien taimia tai kylvetään siemeniä. Tällöin puustorakenteessa ei siis ole tavanomaisia selviä rajoja eri puulajia kasvavilla kuvioilla, vaan rakenteesta tavoitellaan useamman puulajin muodostamaa sekametsää.

Sekaviljeltyjen hakkuualojen osuus on tällä hetkellä vielä vähäinen, mutta määrät tulevat tulevaisuudessa luultavasti nousemaan. Kolmesta suuresta Suomessa toimivasta metsäyhtiöstä, UPM, Metsä Group ja Stora Enso, ainoastaan Metsä Group tarjoaa metsänhoitopalveluissaan yhtenä vaihtoehtona sekaviljelyä. Metsä Groupin (n.d.) tarjoama sekaviljely toteutetaan yhdistämällä kuusen istutus ja männyn kylvö. Metsä Groupillakin sekaviljely on melko uusi palvelu, joka on ollut palveluvalikoimassa vuoden 2019 syksystä lähtien. (Metsä Group n.d.). Sekaviljelyn ottamista asiakkaille tarjottavaan palveluvalikoimaan on pohjistanut positiiviset kokemukset Metsä Groupin jo 1990-luvulta lähtien omissa metsissä tehdyistä sekaviljelyistä, sekä Luonnonvarakeskuksen kanssa yhteistyössä teetetty tutkimus puuston kasvusta ja laadusta jo olemassa olevilla sekaviljelyillä kohteilla (Metsälehti 2019; Bianchi 2021).

Sekaviljely tai sekametsän kasvatus on isojen metsäyhtiöiden osalta siis melko marginaalista toimintaa vielä tällä hetkellä. Kuitenkin yhtiöillä on tietenkin halu kehittää toimintaansa, menetelmiänsä ja vastata asiakkaiden ja yhteiskunnan muuttuviin tarpeisiin. Sekametsien ja monipuolisemman puustorakenteen lisääminen on jatkuvan kasvatuksen ohella ollut viime vuosina yhä enemmän pinnalla oleva asia, joten luultavasti se heijastuu tulevaisuudessa ainakin jossain määrin myös metsänhoidon ja -uudistamisen toimenpiteisiin.

4 PUUN KASVU JA TERVEYS

4.1 Puun kasvu

Puun kasvuun ja kehitykseen vaikuttavat useat eri tekijät. Merkittävänä tekijänä ovat ilmastolliset olosuhteet kuten sademäärä ja lämpötila, jotka voivat vaihdella samallakin alueella eri vuosina hyvin paljon. Toki tiedetään eri kuukausien keskimääräiset lämpötilat ja sademäärät, mutta tulevaisuuden säätä on mahdoton ennustaa tarkasti. Kuuma ja kuiva kasvukausi vaikuttaa negatiivisesti puiden kasvuun sekä lisää kuivuudesta johtuvaa taimikuolleisuuden riskiä. Liian kylmät tai vetiset olosuhteet aiheuttavat yhtä lailla ongelmia. Eli voidaan sanoa keskimääräisten olosuhteiden sopivan paremmin kuin ääriolosuhteiden.

Metsämaan viljavuudella on myös vaikutusta puuntuotoskykyyn. Lisäksi maaperätekijöillä on vaikutusta siihen kuinka suotuisat kasvuedellytykset ovat ja mikä puulaji missäkin menestyy. Maan raekoostumuksella on vaikutusta mm. veden- ja ravinteiden pidätyskykyyn. Karkeilla mailla on yleensä puutetta vedestä ja ravinteista, joten ne ovat siis vähemmän viljavia. Myös maastonmuodot eli topografia vaikuttaa puuntuotoskykyyn. Olosuhteet painanteissa ovat erilaiset kuin jo pienissäkin kohoumissa, isommista mäistä puhumattakaan. (Luoranen, Saksa & Uotila 2012).

Kuusi tarvitsee kosteutta ja se onkin muita puulajeja herkempi kuivuudelle. Kuuselle lähtökohtaisesti sopivampia kasvupaikkoja ovat tuoreen kankaan tai viljavimmat kasvupaikat. Rauduskoivu menestyy samoilla kasvupaikoilla kuin kuusi, mutta ne eivät kestä hyvin liiallista kosteutta ja vähähappista maaperää. Mänty puolestaan menestyy hyvin myös karummilla ja kuivemmilla kasvupaikoilla. Mänty toki kasvaa myös viljavammilla kasvupaikoilla, mutta niissä voi tulla laadullisia ongelmia oksikkuuden takia. (Luoranen ym. 2012).

4.2 Taimikossa esiintyvät tuhot

Tuhoja voi olla sekä bioottisia että abioottisia. Erilaiset tuhot voivat aiheuttaa kasvuhäiriöitä, laatuviikoja tai jopa tappaa taimen. Abioottisilla tuhoilla tarkoitetaan elottomista tekijöistä johtuvia tuhoja (Lindberg & Nygren 2017, 343). Pienillä taimilla esiintyviä abioottisia tuhoja ovat esimerkiksi kuivuus, halla, pakkanen, ahava tai rouste. Kuivuuden ehkäisyssä jo taimihuolto on tärkeässä roolissa, sillä taimea ei saisi päästää missään vaiheessa kuivahtamaan. Lisäksi oikea istutus hyvään mättääseen, oikeaan syvyyteen antavat taimelle hyvän suojan kuivuutta vastaan. (Luoranen ym. 2012). Tässä opinnäytetyössä käsitellään tietoja taimista, jotka ovat olleet maassa istutettuina vasta yhden kesän lämpöisissä olosuhteissa, joten ainoastaan kuivuudesta johtuvat tuhot ovat tässä tapauksessa mahdollisia abioottisia tuhoja.

Bioottisilla tuhoilla puolestaan tarkoitetaan elävien eliöiden aiheuttamia tuhoja (Lindberg & Nygren 2017, 343). Tukkimiehentäi on käytännössä koko Suomessa ja kaikenlaisilla uudistusaloilla esiintyvä kärsäkkäisiin kuuluva kovakuoriainen, joka syö nuorien taimien kuorta ja nilaa. Tuoreilla uudistusaloilla tukkimiehentäin tuhojen riski on suurempi, mutta tuhoja voidaan estää tai ainakin vähentää kemiallisella torjunta-aineella ja maanpinnan paljastavalla maanmuokkauksella. Juurinilurit aiheuttavat saman tyylistä tuhoa kuin tukkimiehentäi, mutta niiden syömät käytävät ovat kapeampia ja teräväreunaisia. Taimille tuhoja aiheuttavia erilaisia hyönteisiä on toki vielä paljon muitakin. Myyrätuhojen riski on suuri korkeiden myyrähuippujen aikaan, mutta niiden aiheuttamat tuhot ajoittuvat pääsääntöisesti talveen. Jänikset ja erilaiset hirvieläimet aiheuttavat tuhoja yleensä taimen latvaan. Katkaistu latva ei välttämättä tapa taimea, mutta se aiheuttaa monilatvaisuutta. Metsäkanalintujen aiheuttamat tuhot keskittyvät lähinnä havupuun taimien päätesilmuihin ja neulasiin. Eläinten lisäksi myös erilaiset sienitaudit voivat aiheuttaa tuhoja taimikossa. (Luoranen ym. 2012).

5 LUONNONVARAKESKUKSEN SEKAVA-PROJEKTI

5.1 Projektin tavoitteet

Maa- ja metsätalousministeriön rahoittama SEKAVA-projekti käynnistyi vuoden 2020 keväällä (Sekametsien kasvatusmallit 2020). Projektia varten on perustettu useita kestokokeita eri puolelle Suomea. Kestokokeilla tehtyjen mittausten lisäksi projektiin liittyy myös kertaluontoisia mittauksia taimikoissa, mutta tässä opinnäytetyössä käsitellään ainoastaan uusia, tätä projektia varten perustettuja kestokokeita.

Projektin tavoitteena on selvittää nykyisten sekapuustoisten taimikoiden ja nuorten metsien kasvua ja kehitystä sekä eri puulajien kasvunopeutta ja dynamiikkaa. Pyritään myös selvittämään miten jo olemassa olevia sekametsiä tulisi hoitaa, jotta sekapuustoisuus niissä säilyisi tai lisääntyisi. Neljäs tutkimuksen tavoite on tutkia sekametsän uudistamis- ja taimikonhoito menetelmiä, joiden avulla uudistettu metsä saataisiin kasvatettua sekapuustoisena yksijaksoisena metsänä alusta alkaen kiertoajan loppuun asti. Projektin tarkoituksena on siis tuottaa tutkimukseen perustuvaa tietoa sekametsien kasvatusmalleista sekä tarjota ohjeita sekametsien hoitoon. (Sekametsien kasvatusmallit 2020).

SEKAVA-projektin tavoitteiden kannalta tässä opinnäytetyössä käsitellään ainoastaan sekametsän uudistamiseen liittyviä seikkoja. Uudistamisen onnistumista analysoidaan viideltä eri kestokokeelta, joilla tehtävät maastoinventoinnit saatiin suoritettua vuoden 2021 aikana.

5.2 Ensimmäisen maastoinventoinnin tavoitteet

Projektin tutkimuksia varten kerätään säännöllisesti tietoa kestokokeilla sijaitsevilta koealoilta. Ne ovat siis pysyviä koealoja, joissa mittauksia tullaan suorittamaan tulevaisuudessakin. Ensimmäisellä maastoinventoinnilla kerätään pohjatiedot ja vertailupohja tulevaisuudessa tehtäviä mittauksia varten. Ensimmäisen inventoinnin tavoitteena on lisäksi varmistua, että maanmuokkaus ja viljely ovat

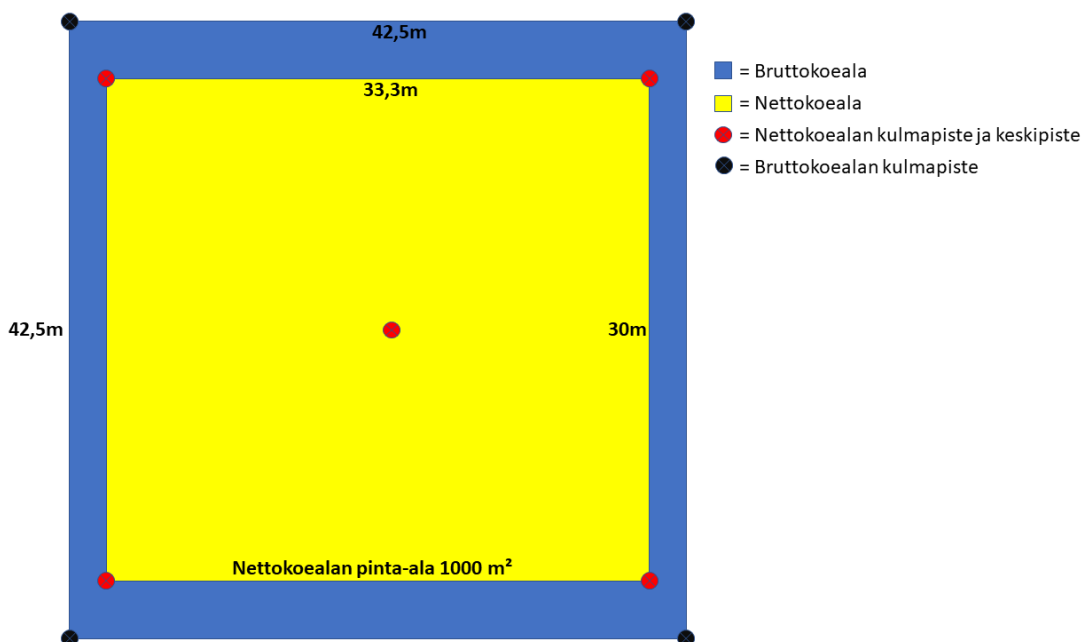
onnistuneet ja koealoilla on haluttu määrä taimia. Samalla pystytään myös analysoimaan taimien tilajärjestystä. Inventoinnista selviää taimikuolleisuuden määrä ja kylvöllä toteutetun viljelyn onnistuminen ja näiden tietojen avulla pystytään puolestaan kartoittamaan täydennysviljelyn tarvetta. Tarkan täydennysviljelytarpeen määrittämiseksi tarvitaan kuitenkin myös keväällä 2022 tehtävä kartoitus talven aikana tapahtuneista taimituhosta. Myös taimien ensimmäisen vuoden pituuskasvu sekä mahdolliset tuhot ja niiden yleisyys kartoitetaan ensimmäisen inventoinnin aikana. Ensimmäinen maastoinventointi on erittäin tärkeä mittaus momenttakin eri syystä. Sen avulla varmistetaan, että koealat lähtevät kehittymään halutulla tavalla ja näin varmistutaan siitä, että tulevaisuudessa koesarjan kaikilta kokeilta saadaan keskenään vertailukelpoista aineistoa. Myös täydennysviljelyn tarpeen kartoittaminen ensimmäisen kasvukauden jälkeen on tärkeää, jotta täydennysviljely päästään tekemään heti seuraavana keväänä, jolloin taimien ikäero ja täten myös pituusero pysyy mahdollisimman pienenä.

6 AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

6.1 Kestokokeiden sijainnin valinta ja kokeiden perustaminen

Kestokokeeksi sopivalle alueelle oli määritelty halutut ominaisuudet, joiden perusteella niitä lähdettiin etsimään. Tämän jälkeen potentiaalisissa paikoissa tehtyjen maastokäyntien jälkeen valikoitiin projektiin parhaiten sopivat alueet. Kestokokeita varten haettiin alueita, jotka olisivat topografialtaan mahdollisimman tasmaisia, jolloin vesitalous ja muut maaston muotojen vaikutuksesta muuttuvat tekijät olisivat mahdollisimman yhdenvertaiset koko koealueella. Alueilla ei tulisi olla isoja kiviä tai muuta istutusta haittaavia tekijöitä ja tästä johtuen myös säästöpuuryhmät jätettiin kuvion reunoille siten, etteivät ne jää koealojen sisälle. Koealoilla olleet kuivat pystypuut kaadettiin ja siirrettiin kuvion reunaan. Tutkimustarkoitukseen perustetussa metsikössä pyritään näillä toimilla varmistamaan mahdollisimman yhtenäiset lähtökohdat ja kasvuolosuhteet koko kestokokeelle ja näin ollen saamaan mahdollisimman hyvää ja keskenään vertailukelpoista tutkimusainestoa.

Kestokokeisiin sopivien alueiden löydyttyä, rajatiin hakkuuaukolle käsittelystä ja toistojen lukumäärästä riippuen 10–24 neliön muotoista bruttokoealaa, jonka sivun pituus on 42,5 metriä (kuva 1). Koealojen kulmapisteet merkittiin maastoon kepeillä ja kuitunauhoilla. Kullekin bruttokoealalle arvottiin käsittelytapa, jossa määriteltiin uudistamistapa (luontainen, kylvö ja/tai istutus), puulaji tai puulajit ja tavoitetiheys. Tämän jälkeen koealoille tehtiin maanmuokkaus tavoitetiheys huomioiden. Maanmuokkaustapana käytettiin kääntömätästystä, mutta kasvupaikaltaan kuivahkon kankaan kestokokeilla käytettiin myös laikutusta silloin kun uudistaminen toteutettiin männyn kylvönä. Maanmuokkauksen jälkeen aloitettiin istutus- ja kylvötyöt toukokuun lopussa. Viljelytyöt saatiin viimeisillä kestokokeilla valmiiksi heinäkuun alussa.



KUVA 1. Koealaruudut. Brutto- ja nettokoealojen mitat.

Bruttokoealojen sisälle rajattiin suorakulmaiset nettokoealat, jonka sisällä varsinaisen maastoinventointi suoritettiin. Nettokoealojen sivujen pituudet ovat 33,3 metriä ja 30,0 metriä, jolloin niiden pinta-alaksi tulee noin 1000 m². Vierekkäisten nettokoealojen väliin jää niin sanottu vaippa-alue tai puskurivyöhyke, jolla ei mitauksia suoriteta. Tämän puskurivyöhykkeen tarkoituksena on minimoida vierekkäisten koealojen erilaisten käsittelyiden vaikutusta mitattavien taimien kasvuun ja näin saada nettokoealasta mahdollisimman hyvin tavoitteiden mukainen. Syksyllä kaikkien puulajien taimille ja keväällä koivun taimille tehtiin vielä käsittely Trico-karkotteella. Karkote on taimia vahingoittamaton lampaanrasvasta kehitetty aine, jonka hajun ja maun tarkoituksena on karkottaa hirvieläimiä ja näin estää niiden aiheuttamat tuhot taimikoissa.

6.2 Aineiston keruu ja maastoinventoinnin suorittaminen

Viidestä kestokokeesta kaksi sijaitsee Pirkanmaalla Vesijaon alueella ja kolme muuta Pohjois-Karjalassa, Kontiolahdella, Kiteellä ja Ilomantsissa. Molemmilla Vesijaon kestokokeilla koealoja on 24, Kontiolahdella ja Ilomantsissa 15 ja Kiteellä kymmenen.

Keväällä 2021 perustetuilta kestokokeilta kerättiin maastoinventointiaineisto kasvukauden jälkeen loppuvuodesta 2021. Inventoinnin tarkoituksena oli kartoittaa ja mitata keväällä perustetut kokeet. Saatua aineisto toimii lähtökohtana ja vertailupohjana tulevaisuudessa tehtäville mittauksille. Nettokoealoilla mittaus suoritettiin koealan keskipisteestä siten, että jokainen koealan sisällä oleva taimi/tyhjä mätäs merkattiin ja mitattiin ja tiedot tallennettiin maastotallentimeen. Nettokoealoilta kerättiin jokaisesta taimesta seuraavat tiedot: puulaji, pituus, ensimmäisen vuoden pituuskasvu, syntytyyppi sekä ilmiasu. Ilmiasulla kuvattiin taimen kuntoa, terveydentilaa sekä mahdollisia tuhoja tai sairauksia ja niiden aiheuttajia. Maastoinventoinnissa taimista havaittujen terveydentilaan vaikuttavien tekijöiden, eli erilaisten tuhojen syyt pyrittiin selvittämään. Sama päti myös kuolleisiin taimiin. Tuhojen syistä oli valmis lista, jonka mukaan tiedot tallennettiin maastoinventoinnin aikana (liite 17). Syyn varma toteaminen nopean ulkoisen tarkastelun perusteella on kuitenkin usein hankalaa tai mahdotonta ja siksi useissa tapauksissa tuhon tai taimen kuoleman syyksi kirjattiin ”syytä ei tunnetta”.

Jokaiselle taimelle mitattiin myös suunta ja etäisyys koealan keskipisteestä. Suunta määritettiin suuntakehän avulla ja etäisyyden mittaamiseen käytettiin Haglöf Vertex korkeusmittarin etäisyyden mittaustoimintoa. Suunnan ja etäisyyden avulla pystyttiin rakentamaan paikkatietoaineisto, jossa jokaisen mitatun taimen tai tyhjän mätään sijainti pystytään osoittamaan kartalla. Koealoilla, joilla männyn uudistaminen oli toteutettu kylväen, ei taimista otettu mittoja vaan ainoastaan laskettiin sirkkataimien määrä kylvö kohdassa. Tulevaisuuden mittauksia helpottamaan jokainen taimi/tyhjä mätäs myös merkattiin maastoon kepillä (kuva 2), jolloin taimet on helppo löytää, vaikka ne jäisivät alueelle ilmestyvien pioneerilajien tai heinittymisen takia piiloon.



KUVA 2. Vesijaon kestokoe. Taimien sijainti merkattu maastoon puukepeillä, jotta taimet olisi helpompi löytää seuraavassa maastoinventoinnissa.

6.3 Aineiston muuttaminen paikkatiedoksi

Jokaisesta kestokokeesta rakennetaan QGIS-ohjelmiston avulla paikkatietoaineisto, joka mahdollistaa koealojen visuaalisen analysoinnin. Paikkatietoaineisto tuotetaan vektorimuodossa, mikä tarkoittaa, että aineisto muodostuu karttapohjalla olevista pisteistä, useita pisteitä yhdistävistä viivoista ja/tai viivojen rajaimista alueista eli polygoneista. Paikkatietoaineiston tallennusmuotona käytettiin GeoPackage (GPKG) tiedostoformaattia. GeoPackage valikoitui tallennusmuodoksi, koska toisin kuin yleisesti käytössä olevassa Shapefile-tiedostoformaattissa, GeoPackage-formaatti mahdollistaa useiden eri tasojen tallentamisen yhteen tiedostoon. Tämä on erittäin kätevää tässä tapauksessa, kun kartta-aineisto muodostuu useista eri tasoista, jolloin valmista paikkatietoaineistoa siirtäessä Luonnonvarakeskuksen käyttöön, riittää vain yhden tiedoston lähettäminen.

Brutto- ja nettokoealojen keski- ja kulmapaaluksen sijainti on määritetty satelliitti-paikannuksen (GPS) avulla. Pohjois-Karjalan kestokokeiden bruttokoealojen kulmapaaluksen sijainnin määrittäminen tehtiin älypuhelimien GPS-toiminnon avulla, jolloin niiden sijainnin tarkkuus on huonompi kuin tarkalla GNSS-vastaanottimella määritettyjen nettokoealojen paaluksen. Tällä on kuitenkin vaikutusta ainoastaan paikkatieto-ohjelmistossa luotujen karttakuvien bruttokoealojen sijainteihin, jotka eivät Pohjois-Karjalan kestokokeiden karttojen (liitteet 4–7 ja 14–16) osalta vastaa aivan niiden todellista sijaintia maastossa. Jokaiselle taimelle/tyhjälle mättäälle mitattiin maastossa suunta ja etäisyys koealan keskipisteestä katsoen. Näiden tietojen avulla voidaan laskea jokaisen taimen/tyhjän mättään koordinaattipisteet trigonometrinen funktioiden avulla. QGIS-ohjelmistossa nämä tiedot muutettiin Excel-pohjaisesta taulukosta vektorimuotoiseksi paikkatietoaineistoksi ja näin sijaintitiedot saatiin tuotua paikkatietoaineistoon. Paikkatietoaineiston visualisointi on myös tärkeää, jotta aineistoa on helppo lukea ja tulkita.

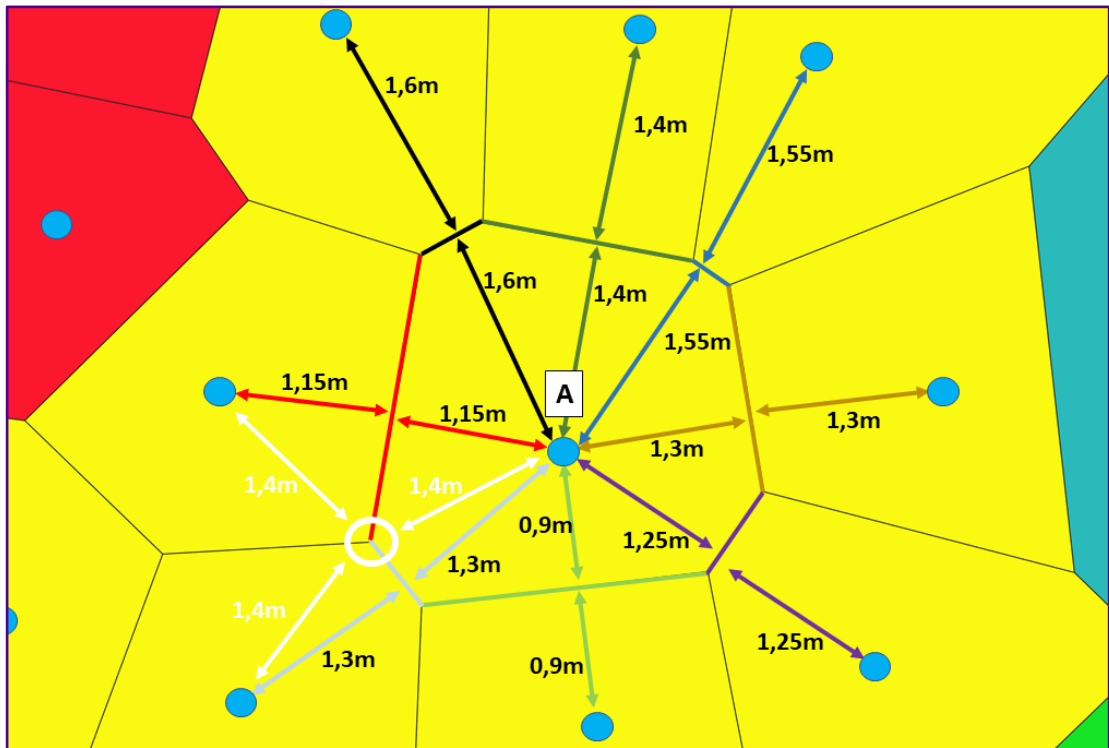
6.4 Tutkimusmenetelmät

Kestokokeita on perustettu yhteensä 12, joista kaksi jo vuonna 2020. Vuoden 2021 aikana maastoinventoinnit saatiin valmiiksi viidellä kestokokeella. Maastoinventoinnin 100 prosenttinen valmistuminen, oli myös valintaperuste sille mitkä kestokokeet valikoituivat käsiteltäviksi tässä opinnäytetyössä.

Maastoinventoinnissa kerätyn aineiston perusteella koealoista rakennettiin paikkatietoaineisto, joka mahdollistaa niiden visuaalisen tarkastelun, esittelyn ja analysoinnin. Paikkatietoaineiston avulla pystytään helposti visuaalisesti tarkastelemaan koealojen perustamiseen liittyviä olennaisia lähtötietoja kuten taimien tilajärjestystä, tyhjien mättäiden määrää, taimien kuolleisuutta, tautien esiintyvyyttä, puulajisuhteita ja pituuskasvua. Tilajärjestystä ja taimitiheyttä analysoitiin laske-malla QGIS-paikkatieto-ohjelmistossa taimien välinen keskimääräinen etäisyys sekä käytettävissä oleva kasvutila. Taimien keskimääräinen etäisyys toisiinsa lasketaan ohjelmiston *nearest neighbour analysis*-toiminnon avulla. Analyysi etsii jokaiselle taimele kuvaavalle pisteelle sitä lähimpänä olevan toisen pisteen ja laskee niiden välisen etäisyyden. Analyysi toteutettiin laskemalla yhdellä kertaa yksittäisen kokeen kaikkien samalla käsittelytavalla uudistettujen koealojen taimien

keskimääräiset etäisyydet. Toisin sanoen taimien keskimääräistä etäisyyttä toisiinsa ei laskettu yksittäin jokaiselta koealalta, vaan analyysi on toteutettu käsittelytavoittain, jolloin tulokseksi saatu etäisyys on useamman koealan taimien etäisyyksien keskiarvo. Yksittäisellä kokeella samalla käsittelytavalla uudistettuja koealoja on kaksi tai kolme riippuen siitä, kuinka monta toistoa kustakin käsittelystä kokeelle on perustettu.

Tilajärjestystä tarkasteltiin kahdesta näkökulmasta. QGIS-ohjelmistossa tilajärjestyksen tarkasteluun käytettiin Voronoi -diagrammia. Sen avulla käytössä oleva kasvutila jaettiin taimien kesken tasaisiin osuuksiin. Voronoi -karttadiagrammissa koealan pohjapinta-ala jaetaan monikulmioihin, jotka jokainen sisältävät yhden pisteen eli tässä tapauksessa puun taimen (Gisgeography. n.d.). Pistettä ympäröivän monikulmion rajat muodostuvat siten, että monikulmion jokaiselta rajalta on aina yhtä pitkä matka kahteen tai useampaan pisteeseen (Gisgeography. n.d.). Toisin sanoen monikulmio rajaa pisteen ympäriltä alueen, jonka sisäpuolelta tarkastellen lähin piste on aina alueen sisällä oleva piste, jolloin rajattu alue kuvaa taimen käytössä olevaa kasvutilaa. Esimerkki Voronoi -diagrammista ja monikulmioiden muodostumisesta esitetään kuvassa 3. Kuvassa 3 taimea (A) ympäröivän monikulmion kulmat tulevat pisteisiin, joista on yhtä pitkä matka useampaan kuin kahteen taimeen; tämä on esitetty kuvassa valkoisilla nuolilla. Nämä kulmapisteet monikulmioksi yhdistävät janat (värikkäät viivat) asettuvat siten, että janalta on aina yhtä pitkä matka taimen A sekä jonkun yhden toisen taimen välillä. Kuvan 3 värikkäät nuolet osoittavat lyhyimmän taimien välisen etäisyyden janalle.



KUVA 3. Voronoi -diagrammi. Taimen (A) monikulmion rajojen muodostuminen.

Tilajärjestystä tarkasteltiin myös laskemalla koalojen toteutuneet taimitiheydet ja vertaamalla näitä tietoja asetettuihin tavoitetiheyksiin. Taimien välistä etäisyyttä, taimilla käytössä olevaa kasvutilaa ja toteutunutta taimitiheyttä tarkastelemalla saadaan yleiskuva uudistustöiden onnistumisesta ja mahdollisesta täydennysviljelyn tarpeesta.

6.5 Aineistojen vertailu

Kestokokeiden koaloilla on tehty osittain samoja käsittelyjä (Taulukko 1). Tämä mahdollisti jokaisen yksittäisen kestokokeen uudistamistyön onnistumisen, taimien pituuskasvun ja mahdollisten tuhojen esiintymisen tarkastelun lisäksi, eri alueiden tuloksien keskinäisen vertailun. Keskinäisellä vertailulla pystyttiin selvittämään, onko esimerkiksi pituuskasvuissa alueellisia eroja tai kuinka männyn kylvö on onnistunut eri kestokokeilla. Vertailua pystyttiin tekemään myös kahden eri metsätyyppin välillä, eli oliko kestokokeen maaperän viljavuudella ollut vaikutusta esimerkiksi pituuskasvuun.

TAULUKKO 1. Uudistamiskäsittelyt SEKAVA 3, 4, 10, 11 ja 12 kokeiden koealoilla. Taulukossa on esitetty kestokokeilla tehdyt muokkauskäsittelyt, käytetyt uudistamispuulajit ja koealojen määrät.

Metsätyyppi:		MT	MT	VT	VT	MT
Käsittely/puulaji	Tavoitetheys kpl/ha	SEKAVA 3 koealat	SEKAVA 4 koealat	SEKAVA 10 koealat	SEKAVA 11 koealat	SEKAVA 12 koealat
Kuusi istutus	1800	3 kpl	3 kpl	3 kpl	3 kpl	2 kpl
Mänty istutus	2200	3 kpl	3 kpl	3 kpl	3 kpl	2 kpl
Koivu istutus	1600	3 kpl	3 kpl	x	x	x
Mänty kylvö	2200	3 kpl	3 kpl	3 kpl	3 kpl	2 kpl
Kuusi & mänty istutus (50/50 %)	2200	3 kpl	3 kpl	3 kpl	3 kpl	2 kpl
Kuusi & koivu istutus (50/50 %)	1800	X	3 kpl	X	X	X
Mänty & koivu istutus (50/50 %)	2000	3 kpl	X	X	X	X
Kuusi istutus & koivu luontainen	1800	X	3 kpl	X	X	X
Mänty istutus & koivu luontainen	2000	3 kpl	X	X	X	X
Kuusi istutus & mänty kylvö (50/50 %)	2200	3 kpl	3 kpl	3 kpl	3 kpl	2 kpl
Nettokoealoja yhteensä:		24 kpl	24 kpl	15 kpl	15 kpl	10 kpl
Maanmuokkaus tavat:						
	= mätästys					
X	= kestokokeella ei kyseistä käsittelyä					
	= laikutus					
	= mätästys ja laikutus (50/50 %)					

7 MAASTOINVENTOINNIN TULOKSET

7.1 Paikkatietoaineistojen luonti ja kestokokeiden yleiskuva

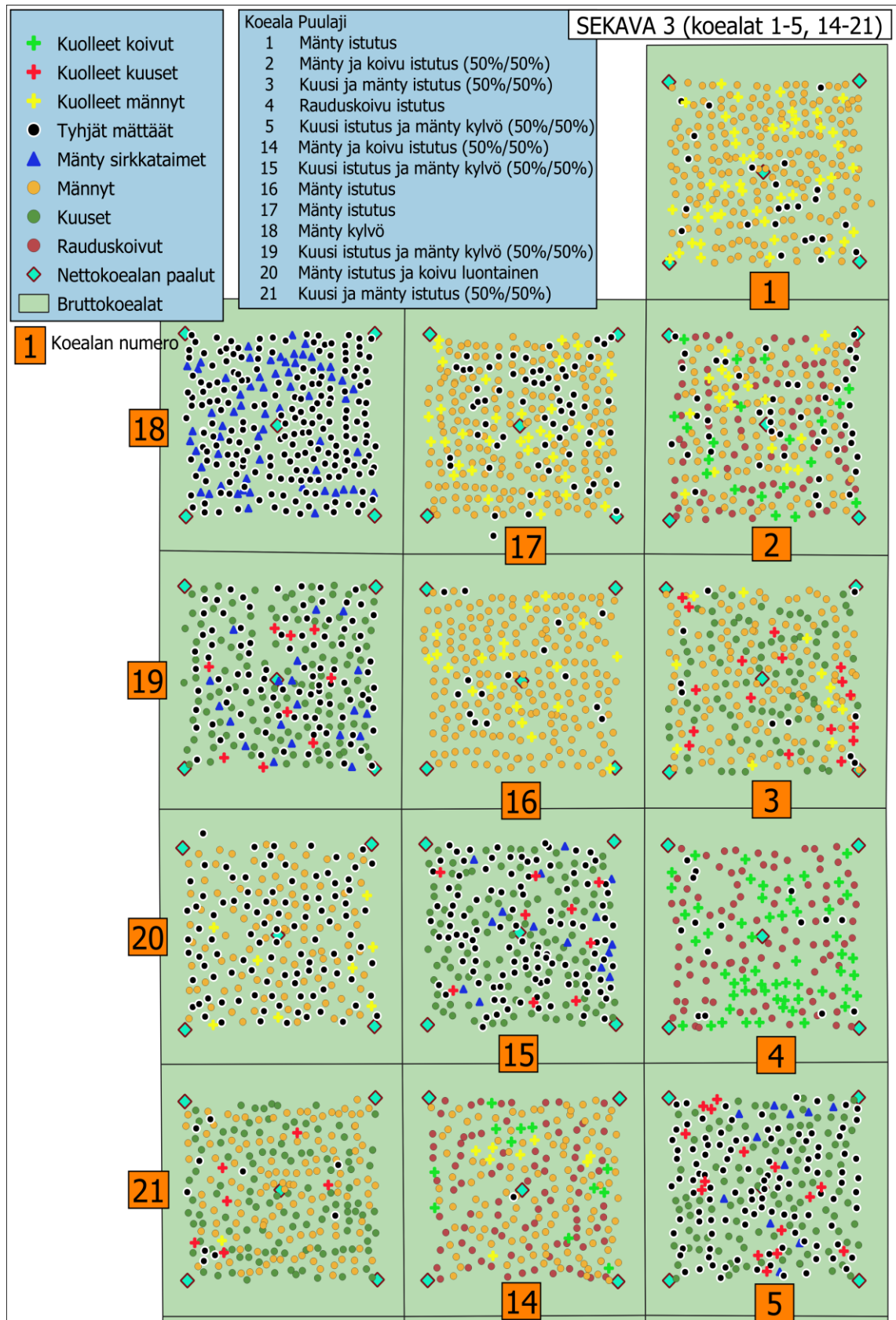
Maastoinventoinnin tulosten perusteella rakennettiin jokaisesta kestokokeesta paikkatietoaineisto (kuva 5) (liitteet 1–7). Inventoituja taimia oli todella paljon ja aineisto koostuikin useista tuhansista pisteistä, joista jokainen kuvasi kestokokeilla olevaa taimea, mätästä tai koealan merkkipaalua. Jokainen piste pitää sisällään tietoja kuvaavan ominaisuustietotaulukon, josta pisteen paikan määrittävien X- ja Y-koordinaattien lisäksi löytyvät myös muut ominaisuustiedot. Tässä tapauksessa ominaisuustiedoissa on esitetty taimien osalta seuraavat tiedot: puulaji, taimen pituus, ensimmäisen vuoden pituuskasvu, sirkkataimien määrä, syntytyyppi, ilmiasu, ilmiasua kuvaava mahdollinen tuhon aiheuttaja, tuhon aste sekä koordinaattipisteet (kuva 4).

fid	Koe	Koeala	Puu	Puulaji	Suunta	Etäisyys	Pituus	Kasvu 1v.	Sirkkataimien lukumäärä	Syntytyyppi	Ilmiasu	Aiheutt	Aste	Huomioita	X koordinaatti	Y koordinaatti
4721	4	5	77	0	123	196	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL		
2514	4	19	90	3	233	199	94	70	NULL	1	NULL	NULL	NULL	NULL		
3804	4	23	135	1	205	202	NULL	NULL	1	2	NULL	NULL	NULL	NULL		
2043	4	17	124	2	165	203	38	6	NULL	1	0	NULL	NULL	NULL		
2124	4	17	205	1	248	203	NULL	NULL	NULL	1	1	3	3	NULL		

KUVA 4. Ominaisuustietotaulu. Esimerkinäkymä kaikki taimet ja tyhjät mättäät sisältävän GeoPackage-tiedoston ominaisuustietotaulusta.

Kun pisteitä on paljon ja jokaisella pisteellä on myös yksilöllistä ominaisuustietoa, niin tällöin pistemäisen aineiston tuominen karttatasolle ei vielä pelkällään ole kovin tehokkaasti hyödynnettävissä olevaa eikä informatiivista. Jotta rakennettua karttakuvaa olisi helpompi ja antoisampi tarkastella ja jotta sitä voi helpommin ja tehokkaammin myös analysoida, tulee aineistoa muokata, kategorisoida ja visualisoida.

Aineiston muokkaus ja selkeyttäminen aloitettiin erottelemalla kaikki taimet ja tyhjät mättäät sisältävästä GeoPackage-tietokannasta puulajit ja tyhjät mättäät omiksi tietokannoiksi. Lisäksi puulajeista eroteltiin elävät ja kuolleet taimet sekä männyn osalta myös istutetut ja kylvetyt taimet. Näin rakennetusta aineistosta sai jo nopealla katsauksella selkeän kuvan, miten eri puulajit olivat koealoille sijoittuneet ja oliko esimerkiksi tyhjiä mättäitä erityisen paljon jollain koealalla.



KUVA 5. SEKAVA 3 kestokokeen koealat 1–5 ja 14–21.

7.1.1 SEKAVA 3

SEKAVA 3 on Pirkanmaalla Vesijaon alueella sijaitseva 24 koealaa käsittävä kestokoe, jonka metsätyyppi on mustikka-tyyppi (MT). Uudistamisessa oli käytössä kaikki kolme talousmetsien pääpuulajia eli, kuusi, rauduskoivu ja mänty (taulukko 2). Mäntyä oli sekä istutettu että kylvetty koealoille. Kuten koealojen yleiskuvista (kuva 5) ja (liite 1) näkee, on muokkausjälkien määrä ollut vähintäänkin riittävää, sillä taimia/tyhjiä mättäitä on jo silmämääräisestikin katsoen runsaasti. Kuvista havaitsee nopeasti myös, että männyn kylvö on käytännössä epäonnistunut. Mänty on rauduskoivun ohella kärsinyt myös taimikuolleisuudesta selvästi kuusta enemmän ja taimikuolleisuutta oli yleensäkin koealoilla jonkin verran.

TAULUKKO 2. SEKAVA 3 taimien määrät puulajeittain.

SEKAVA 3						Taimia
	Mänty	Kuusi	Koivu	Sirkkataimi	Tyhjä mätäs	yhteensä
Eläviä	1521	1155	582	* 175	1518	3433
Kuolleita	166	107	171			444

* Sirkkataimia kuvaava luku osoittaa sirkkataimia sisältävien mättäiden määrää, eikä varsinaisten sirkkataimien määrää, joita voi olla samassa mättäessä useita.

7.1.2 SEKAVA 4

SEKAVA 4 on toinen Vesijaon kestokokeista, jonka lähtökohdat ovat hyvin samanlaiset kuin SEKAVA 3:ssa eli koealoja on 24, metsätyyppi on MT ja käytetyt puulajit olivat mänty, kuusi ja rauduskoivu (taulukko 3). Kestokokeet sijaitsevat alle kymmenen kilometrin päässä toisistaan, joten niiden ilmastolliset olosuhteet ovat myös samanlaiset. Yleiskuvien (liitteet 2 ja 3) perusteella näyttäisi, että taimikuolleisuus on puulajien kesken tasaisempaa ja myös hieman vähäisempää verrattuna SEKAVA 3:een. Tyhjiä mättäiden ja sirkkataimien määrän perusteella myös kylvö on onnistunut paremmin.

TAULUKKO 3. SEKAVA 4 taimien määrät puulajeittain.

SEKAVA 4						Taimia yhteensä
	Mänty	Kuusi	Koivu	Sirkkataimi	Tyhjä mätäs	
Eläviä	917	1660	681	* 480	963	3738
Kuolleita	76	105	32			213

* Sirkkataimia kuvaava luku osoittaa sirkkataimia sisältävien mättäiden määrää, eikä varsinaisten sirkkataimien määrää, joita voi olla samassa mättäessä useita.

7.1.3 SEKAVA 10

SEKAVA 10 sijaitsee Pohjois-Karjalassa Kontionlahdella. Koealoja on 15 ja kestokokeen metsätyyppi on puolukkatyyppi (VT). Koska metsätyyppi on hieman karumpi, on uudistamisessa käytetty vain mäntyä ja kuusta (taulukko 4). Karumpi kasvupaikka on myös mahdollistanut kevyemmän maanmuokkauksen ja täten männyn kylvön koealoilla olikin käytetty laikutusta. Uudistamisen toteutumisen yleisilme on erittäin positiivinen. Taimet ovat jakautuneet tasaisesti, kuolleita taimia on vain muutama yksittäinen ja myös tyhjien mättäiden määrä on vähäinen (liite 4).

TAULUKKO 4. SEKAVA 10 taimien määrät puulajeittain.

SEKAVA 10					Taimia yhteensä
	Mänty	Kuusi	Sirkkataimi	Tyhjä mätäs	
Eläviä	938	1158	* 760	56	2856
Kuolleita	2	5			7

* Sirkkataimia kuvaava luku osoittaa sirkkataimia sisältävien mättäiden määrää, eikä varsinaisten sirkkataimien määrää, joita voi olla samassa mättäessä useita.

7.1.4 SEKAVA 11

SEKAVA 11 on toinen Pohjois-Karjalan VT metsätyyppin kestokokeista. Alue sijaitsee Ilomantsissa ja se sisältää 15 koealaa. Kuten toisellakin VT kestokokeella niin myös tällä uudistamisessa käytetyt puulajit olivat mänty ja kuusi (taulukko 5)

ja maanmuokkauksessa oli mätästykseen lisäksi käytetty laikutusta. Kuolleita taimia oli enemmän kuin SEKAVA 10:llä, mutta niiden määrä oli silti melko vähäinen ja ne olivat keskittyneet lähinnä muutamille koealoille. Kylvö oli myös onnistunut kohtalaisen hyvin paitsi koealalla 13 (liite 6). Yleisilmeeltään SEKAVA 11 uudistaminen oli onnistunut melko hyvin (liitteet 5 ja 6).

TAULUKKO 5. SEKAVA 11 taimien määrät puulajeittain.

SEKAVA 11					Taimia yhteensä
	Mänty	Kuusi	Sirkkataimi	Tyhjä mätäs	
Eläviä	949	1216	* 607	155	2772
Kuolleita	25	20			45

* Sirkkataimia kuvaava luku osoittaa sirkkataimia sisältävien mättäiden määrää, eikä varsinaisten sirkkataimien määrää, joita voi olla samassa mättäessä useita.

7.1.5 SEKAVA 12

SEKAVA 12 sijaitsee Kiteellä ja on siis kolmas Pohjois-Karjalassa sijaitsevista kestokokeista. Kahdesta muusta Pohjois-Karjalan alueella sijaitsevasta kestokokeesta poiketen SEKAVA 12 on metsätyypiltään MT, eli se on hieman viljavampi. Tästä huolimatta uudistamisessa ei käytetty lainkaan rauduskoivua (taulukko 6), missä suhteessa se eroaakin kahdesta Pirkanmaan MT metsätyypin kestokokeesta. SEKAVA 12 käsittää myös ainoastaan kymmenen koealaa (liite 7) eli käsittelyiden toistoja on vain kaksi. Yleisilmeeltään uudistaminen on onnistunut erittäin hyvin: taimikuolleisuus on vähäistä, tyhjiä mättäitä on todella vähän ja tilajärjestyskin on melko hyvä, muutamia hieman aukkoisempia kohtia lukuun ottamatta.

TAULUKKO 6. SEKAVA 12 taimien määrät puulajeittain.

SEKAVA 12					Taimia yhteensä
	Mänty	Kuusi	Sirkkataimi	Tyhjä mätäs	
Eläviä	631	721	* 561	25	1913
Kuolleita	17	32			49

* Sirkkataimia kuvaava luku osoittaa sirkkataimia sisältävien mättäiden määrää, eikä varsinaisten sirkkataimien määrää, joita voi olla samassa mättäessä useita.

7.2 Koealojen taimitiheys ja tilajärjestys

Kullekin koealalle oli annettu taimien tavoitetiheys, joka vaihteli välillä 1600 ja 2200 tainta/ha, riippuen käsittelytavasta ja puulajista. Onnistunut taimikon perustaminen edellyttää tavoitetiheyden toteutumisen lisäksi taimien tasaista jakautumista. Tavoitteiden toteutumista analysoitiin laskemalla koealojen tavoitetiheyksiä sekä laskemalla paikkatietoaineistosta keskimääräisiä taimien välisiä etäisyyksiä. Visuaalinen analyysi tehtiin QGIS-paikkatieto-ohjelmistossa tehdyn Voronoi-analyysin avulla.

7.2.1 Taimitiheys

Huonoiten tavoiteltuihin taimitiheyksiin päästiin SEKAVA 3:lla (taulukko 7), missä lähes täysin epäonnistuneen männyn kylvön lisäksi muillakin, eri käsittelytavoin uudistetuilla koealoilla, taimitiheys jäi tavoitteesta. 24 koealasta 15:llä taimitiheys jäi alle 90 prosentin tavoitteesta ja yhdeksällä alle 80 prosentin tavoitellusta tiheydestä. Tosin näistä yhdeksästä koealasta kuudessa käsittelynä oli kokonaan tai osittain männyn kylvö ja kahdella käsittelynä oli rauduskoivun istutus. Eli voidaan todeta, että kuusen ja männyn istutukset onnistuivat vähintäänkin hyvin ja muutamilla koealoilla oli jopa hieman ylitäilyä.

Parhaiten taimien tavoitetiheys toteutui SEKAVA 12:lla (liite 9), missä kymmenestä koealasta ainoastaan kahdella taimitiheys jäi alle 90 prosenttiin tavoitetiheydestä. Nämä kaksi olivat männyn kylvön koealoja, ja niistäkin huonommalla tiheys oli kuitenkin 69 prosenttia tavoitteesta. Ylitäilyä koealoja oli vain yksi, joten tavoitetiheys on saavutettu erittäin hyvin tällä kestokokeella.

SEKAVA 10 ja 11 kestokokeilla yli 90 prosentin tavoitetiheys toteutui 60 prosentilla ja SEKAVA 4:llä 66 prosentilla koealoista (liitteet 10, 11 ja 12). Taimitiheyttä tarkastellessa voidaankin niiden katsoa onnistuneen muilta osin hyvin, mutta männyn kylvön koealoilla oli ongelmia näilläkin kestokokeilla. Sekaan mahtuu yksittäisiä hyvin tai kohtalaisesti onnistuneita männyn kylvön koealoja, mutta usein kylvön koealat kuitenkin erottuvat tuloksiltaan muita käsittelytapoja heikompina.

TAULUKKO 7. SEKAVA 3. Toteutuneet taimitiheydet koealoittain. Värikoodien selite (liite 8).

SEKAVA 3					
Koe-ala	Puulaji/käsittely	Tavoite-tiheys	Taimia koealalla	Istutus-tiheys	% tavoit-teesta
1	Mänty istutus	2200	194	1940	88 %
2	Mänty ja koivu istutus	2000	172	1720	86 %
3	Kuusi ja mänty istutus	2200	214	2140	97 %
4	Rauduskoivu istutus	1600	93	930	58 %
5	Kuusi istutus ja mänty kylvö	2200	111	1110	50 %
6	Mänty istutus ja koivu luon-tainen	2000	78	780	* 78 %
7	Kuusi istutus	1800	199	1990	111 %
8	Mänty kylvö	2200	44	440	20 %
9	Kuusi ja mänty istutus	2200	215	2150	98 %
10	Mänty istutus ja koivu luon-tainen	2000	88	880	* 88 %
11	Kuusi istutus	1800	171	1710	95 %
12	Rauduskoivu istutus	1600	139	1390	87 %
13	Mänty kylvö	2200	23	230	10 %
14	Mänty ja koivu istutus	2000	199	1990	100 %
15	Kuusi istutus ja mänty kylvö	2200	118	1180	54 %
16	Mänty istutus	2200	201	2010	91 %
17	Mänty istutus	2200	185	1850	84 %
18	Mänty kylvö	2200	62	620	28 %
19	Kuusi istutus ja mänty kylvö	2200	135	1350	61 %
20	Mänty istutus ja koivu luon-tainen	2000	94	940	* 94 %
21	Kuusi ja mänty istutus	2200	245	2450	111 %
22	Mänty ja koivu istutus	2000	171	1710	86 %
23	Kuusi istutus	1800	170	1700	94 %
24	Rauduskoivu istutus	1600	112	1120	70 %

* Tavoitetiheyden toteutumista laskettaessa luontaisen uudistamisen koealoilla on tavoitetiheydestä vähennetty 50 % osuus, mikä vastaa tavoiteltua luontaisen taimiaineksen osuuden määrää.

Männyn kylvöllä saavutettiin yleisesti ottaen huonoin taimitiheys kaikilla kestokokeilla. Ainoastaan SEKAVA 10 päästiin yhdellä männyn kylvön koealalla taimitiheydessä yli 90 prosenttiin tavoitteesta. Kun koealan uudistaminen toteutettiin sekapuustoisena suhteella: kuusi istutus (50 %) ja mänty kylvö (50 %), olivat tulokset tavoiteteheyden suhteen pääsääntöisesti paljon parempia pelkästään kylväen uudistettuihin koealoihin verrattuna. Yhdellä tällä tavalla uudistetulla koealalla taimimäärä jopa ylitti tavoiteteheyden. Kuitenkin joko pelkästään -tai osittain kylvönä uudistetut koealat olivat jokaisella kestokokeella yllidustettuina huonosti tavoiteteheyden saavuttaneiden joukossa.

7.2.2 Taimien väliset etäisyydet

Taimien keskimääräinen etäisyys toisiinsa antaa yleiskuvan taimitiheydestä ja sen avulla pystyy nopeasti havaitsemaan taimikot, joissa ainakin osittain oli selkeää yli -tai alitiheyttä. Taimien välinen etäisyys tulisi olla noin 1,5–2,0 metriä riippuen tavoiteteheydestä. On kuitenkin erittäin tärkeä huomata, että laskennallinen taimien välinen keskimääräinen etäisyys toisiinsa ei vielä pelkällään kerro mitään. Vähän tai esimerkiksi jopa vain kaksi taimea sisältävällä koealalla taimien välinen etäisyys voi olla optimaalinen, jos taimet ovat sijoittuneet ryppäisiin. Tällöin koeala olisi kokonaiskuvaltaan kuitenkin täysin epäonnistunut.

Tarkastellessa kestokokeiden muita tietoja niin voidaan havaita, että taimien väliset etäisyydet (taulukko 8) kuitenkin pääsääntöisesti korreloivat hyvin kestokokeiden yleiskuvan ja onnistumisen kanssa. Tästä esimerkkinä männyn kylvö, jossa heikoin tulos saatiin SEKAVA 3:lla, missä taimien välinen etäisyys oli keskimäärin 2,76 metriä. Verrattuna SEKAVA 10:een, missä männyn kylvö onnistui parhaiten ja missä taimien välinen keskimääräinen etäisyyskin oli huomattavasti pienempi, 1,65 metriä. Toisaalta tuloksista oli havaittavissa myös koealojen uudistamisen onnistumisesta virheellistä kuvaa antavia tuloksia. SEKAVA 4:llä männyn kylvön tulokset sirkkataimien määrään suhteen olivat toiseksi huonoimmat ja ero SEKAVA 10, 11 ja 12 oli jopa melko selkeä. Taimien välistä keskimääräistä etäisyyttä tarkasteltaessa SEKAVA 4 tulokset olivat kuitenkin toiseksi parhaimmat (taulukko 8), mikä ei vastaa kestokokeen kylvön koealojen uudistamistuloksia.

TAULUKKO 8. Taimivälit. Taimien välinen keskimääräinen etäisyys eri tavoin käsitellyillä koealoilla.

Käsittely/puulaji	Tavoitetei- heys kpl/ha	SE- KAVA 3	SE- KAVA 4	SE- KAVA 10	SE- KAVA 11	SE- KAVA 12
		Keskimääräinen taimien välinen etäisyys (m)				
Kuusi istutus	1800	1,79	1,61	1,95	1,87	1,80
Mänty istutus	2200	1,62	1,53	1,70	1,64	1,59
Koivu istutus	1600	2,07	1,87	x	x	x
Mänty kylvö	2200	2,76	1,81	1,65	1,92	1,93
Kuusi & mänty istutus (50/50 %)	2200	1,59	1,51	1,65	1,60	1,64
Kuusi & koivu istutus (50/50 %)	1800	x	1,68	x	x	x
Mänty & koivu istutus (50/50 %)	2000	1,71	x	x	x	x
Kuusi istutus & koivu luontainen	1800	x	2,08	x	x	x
Mänty istutus & koivu luontainen	2000	2,27	x	x	x	x
Kuusi istutus & mänty kylvö (50/50 %)	2200	2,03	1,71	1,63	1,66	1,29
Keskiarvo		1,84	1,73	1,72	1,74	1,65

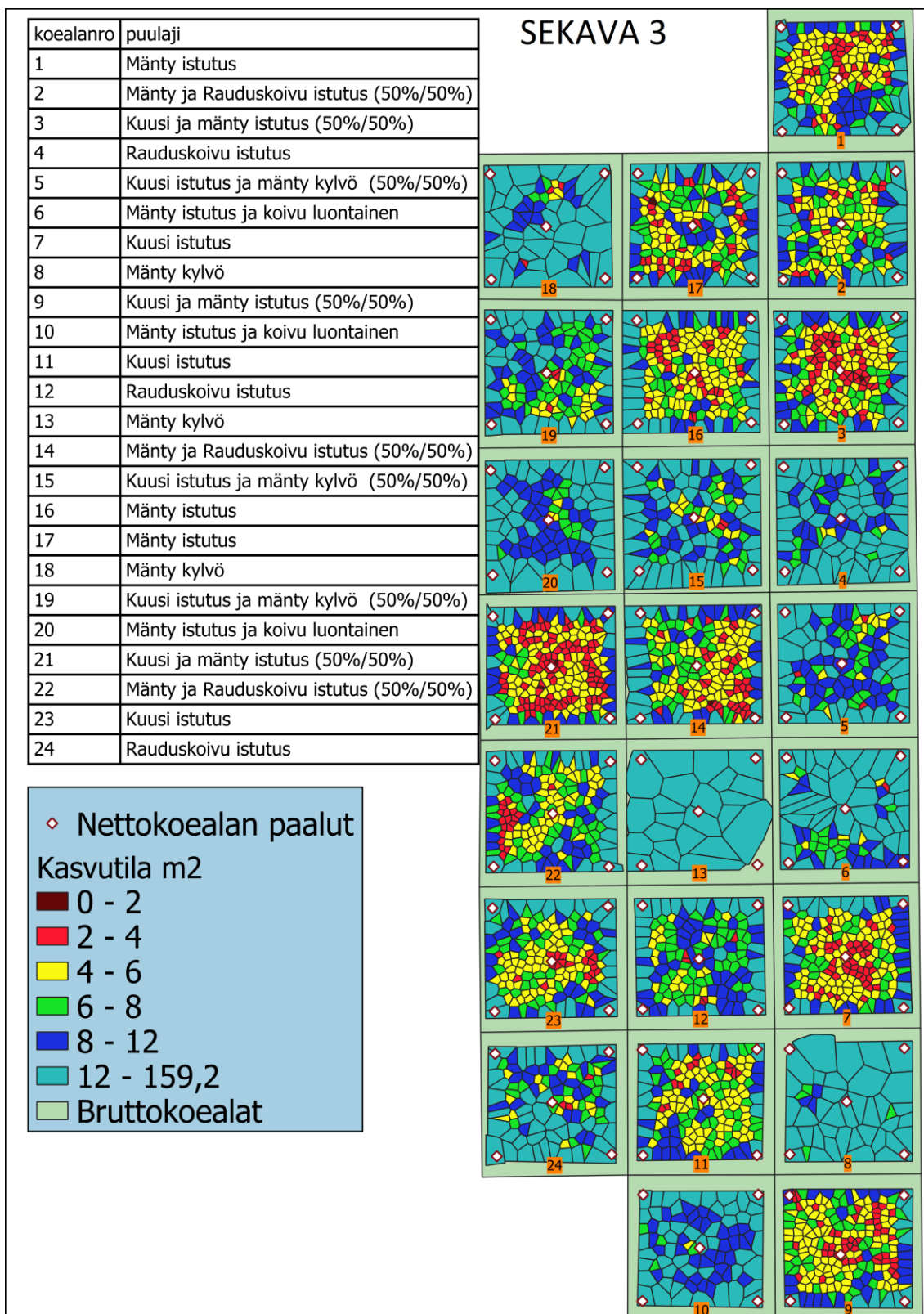
Keskimääräistä taimiväliä tarkastellaan koealojen käsittelytapojen mukaan (taulukko 8). Taulukosta voidaan helposti poimia mahdollisesti huonosti onnistuneet käsittelytavat sekä vertailla eri kestokokeilla samalla tavalla käsiteltyjen koealojen tuloksia toisiinsa. Koealojen taimien välisen etäisyyden keskiarvon vaihteluväli eri kestokokeilla oli 1,65–1,84 metriä (taulukko 8). Koko kestokokeen kaikista koealoista muodostuva keskiarvo ei kuitenkaan ole suoraan vertailukelpoinen muiden kestokokeiden kanssa, sillä SEKAVA 10, 11 ja 12 käsittelytavat olivat suppeammat verrattuna SEKAVA 3 ja 4, joissa rauduskoivun istutus ja luontainen uudistaminen oli käytössä.

Tuloksista (taulukko 8) eniten edukseen erottuu sekaistutuksena toteutettu kuusen ja männyn istutus. Tällä tavalla uudistettujen koealojen taimien välisen etäisyyden vaihteluväli kestokokeiden kesken oli 1,51–1,65 metriä ja vielä neljällä kestokokeella viidestä lukema sijoittuu välille 1,59–1,65 metriä. Tämän käsittelyn tulokset olivat siis kestokokeiden kesken tasaisimmat. Huomionarvoisinta on kuitenkin noin 1,6 metrin taimiväli, joka on erittäin optimaalinen tavoiteteiheyden ollessa 2200 taimea hehtaarille. Sama käsittelytapa erottuu edukseen kaikilla kestokokeilla myös toteutunutta taimiteheyttä tarkastellessa.

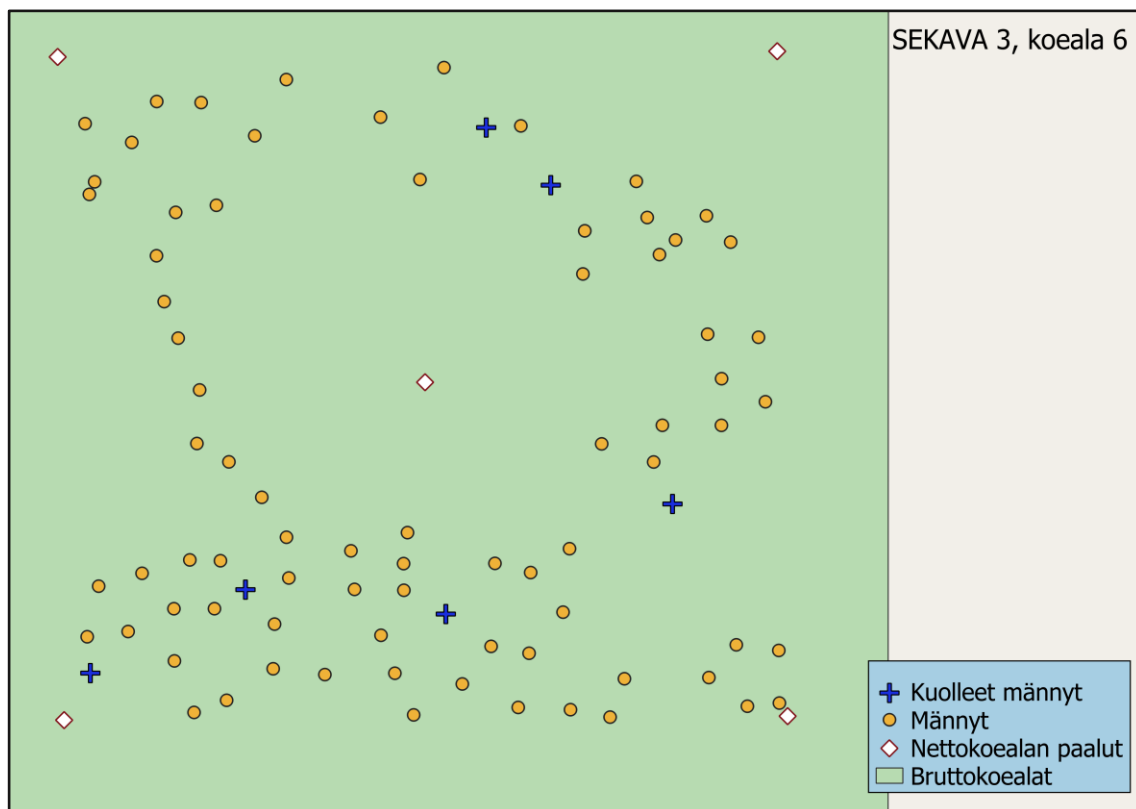
7.2.3 Tilajärjestys ja Voronoi-analyysi

Kun ei huomioida täysin epäonnistuneita männyn kylvön koealoja niin muilta osin SEKAVA 3 koealojen tilajärjestyksen yleisilme (kuva 5) (kuva 6) (liite 1) oli vähintäänkin kohtalainen. Pois lukien koeala 6 (kuva 7), joka erottui muista selkeästi huonompana. Koeala 6:n keskustasta iso osa on täysin tyhjä taimista ja lähes kaikki taimet painottuvat koealan reuna-alueille (kuva 7). Käsittelynä koealalla oli männyn istutus ja koivun luontainen uudistaminen. Huono tilajärjestys ei johdu mättäiden puutteesta, joita oli 198, tavoitetiheyden ollessa 200 taimea koealalla. Tyhjiä mättäiden riittävä määrä sekä tasainen jakautuminen koko koealan alueelle, olisivat siis mahdollistaneet hyvän tilajärjestyksen muodostumisen, mutta istutustyö oli tehty epätasaisesti.

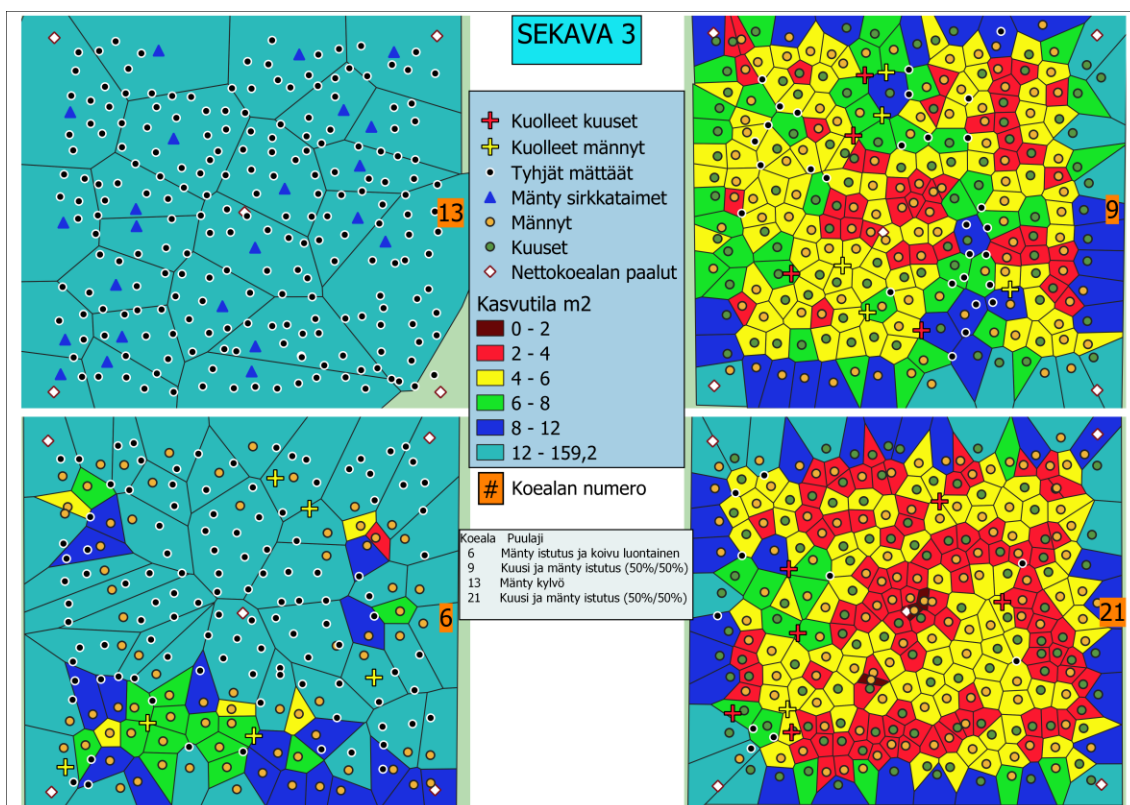
SEKAVA 3:n uudistamisessa onnistuneilla koealoilla, kuten esimerkiksi koealoilla 9 ja 21 (kuva 8), taimet sijoittuvat hyvin Voronoi-analyysissä kasvutilaa kuvaavan monikulmion keskelle. Puolestaan alitiheillä koealoilla 6 ja 13 (kuva 8) taimea kuvaava piste sijoittuu usein lähemmäs monikulmion reunaa. Koealoja 9 ja 21 edelleen esimerkkinä käyttäen ja niitä vertaillen erottuu hyvin myös ylitiheyden vaikutus kasvutilaan (kuva 8). Molemmilla koealoilla uudistaminen oli tehty samalla tavalla eli kuusen ja männyn sekaistutuksena. Tavoitetiheys tällä käsittelytavalla on 2200 taimea hehtaarille, mikä tarkoittaa 220:n taimen tavoitetiheyttä koealalle. 220:n taimen tavoitetiheys on jo lähtökohtaisesti asteikon yläpäästä, jolloin ylitiheyden vaikutus kasvutilaan korostuu entisestään. Koealalla 9 taimia oli yhteensä 215, eli tavoitetiheys toteutui lähes optimaalisesti. Koealalla 21 taimia oli puolestaan 245 eli se on hieman ylitiheä. Voronoi-analyysistä vertaillen (kuva 8) huomaa selkeästi, kuinka 2–4 m², eli melko vähäistä kasvutilaa kuvaavien monikulmioiden osuus on selkeästi suurempi ylitiheällä koealalla 21.



KUVA 6. SEKAVA 3 koealojen Voronoi-analyysi.



KUVA 7. SEKAVA 3, koela 6. Koealan aukkoinen rakenne.



KUVA 8. SEKAVA 3 Voronoi-analyysi koelaita 6, 9, 13 ja 21.

7.2.4 Poimintoja Voronoi-analyysista kestokokeilta 4, 10, 11 ja 12

SEKAVA 4:n Voronoi-analyysin (liite 13) tuloksista yksi erottuva piirre oli osalla koealoista esiintyvä laikukas rakenne ja taimiryppäät. Tästä taimien ryhmittäisyydestä voi esimerkkinä nostaa esiin koealat 3, 11 ja 21. Koealoilla 3 ja 11 käsitteilynä oli kuusen istutus ja männyn kylvö. Koealalla 11 taimet olivat selkeästi keskittyneet alueen länsireunaan. Koealalla 3 ryhmittäisyyttä oli puolestaan eteläosassa. Koealalla 11 kuolleita kuusen taimia oli yhteensä 46 ja tyhjiä mättäitä 21, joten taimien epätasaisista sijoittumista on aiheuttanut erityisesti erittäin runsas kuolleiden kuusten määrä. Koealalla 11 kuolleiden kuusten osuus onkin lähes puolet koko SEKAVA 4:llä kuolleiden kuusten osuudesta. Koealalla 3 kuolleita kuusia oli puolestaan vain kuusi ja tyhjiä mättäitä 32. Koealan 3 ryhmittäisen taimirakenteen voidaankin katsoa johtuvan enemmän maanmuokkauksessa ja sitä kautta istutuksessa syntyneestä epätasaisesta taimien jakautumisesta.

Koealalla 21 käsitteilynä oli kuusen istutus ja koivun luontainen uudistaminen. Kuolleita kuusia oli vain muutamia, joten tässä tapauksessa taimien epätasaisen sijoittumisen voidaan katsoa johtuneen enimmäkseen kuusen istutustyössä tehdyistä valinnoista. Kuusia on erityisesti koealan länsiosassa sekä keskipisteen läheisyydessä, kun taas koillisosassa kuusia oli todella vähän.

SEKAVA 10:stä (liite 14) voi nostaa esiin koealat 1, 4, 5 ja 9, joilla hyvin saavutetun tavoitetiheyden lisäksi taimet olivat myös jakautuneet tasaisesti. Taimien tasaisen jakautumisen näkee kuvista tarkastelemalla kasvutilaa kuvaavien värien määrää ja vaihtuvuutta. Kun väriskaalaa hallitsee yksi tai kaksi väriä, tässä tapauksessa vihreä ja keltainen, voidaan kasvutilan katsoa olevan jakautunut tasaisesti taimien kesken. Tämä pätee jälleen vain, kun uudistaminen on onnistunut hyvin.

SEKAVA 11:n (liite 15) uudistamisen tulokset olivat hyvin samankaltaiset SEKAVA 10:n kanssa ja samoin oli myös sen Voronoi-analyysin tulokset. SEKAVA 11:n koealoista erottuivat SEKAVA 10:een verrattuna lähinnä kylvön koealat, joilla uudistaminen oli onnistunut hieman huonommin.

Kuten aikaisemmin on todettu niin SEKAVA 12:lla uudistamistulos oli paras taimiheyttä tarkastellessa. Voronoi-analyysistä (liite 16) kuitenkin huomaa, että taimien sijoittuminen koealoille oli hieman ryhmittäisempää kuin SEKAVA 10:llä ja 11:llä, mutta erot ovat kuitenkin hyvin pieniä. Toisaalta männyn kylvönä uudistetuilla koealoilla taimet olivat jakautuneet alueelle kauniin tasaisesti.

7.3 Koealojen taimikuolleisuus

Taimikuolleisuutta tarkasteltaessa on kaikilla kestokokeilla otettu huomioon ainoastaan koealat, jotka olivat ainakin osittain uudistettu istuttamalla, eli puhtaat männyn kylvön koealat jätetään huomioimatta kokonaan. Tämä siksi että männyn kylvön koealoilta on maastoinventoinnissa laskettu ainoastaan sirkkataimien määrä. SEKAVA 10 jää puolestaan kokonaisuudessaan analysoinnista pois, koska siellä kuolleita taimia oli vain seitsemän, mikä on määränä niin pieni ettei sillä ei ole uudistamistuloksen kannalta negatiivista merkitystä.

SEKAVA 3:n tarkastelusta pois jääviä kylvön koealoja on kolme, jolloin analysoitavia koealoja on 21. SEKAVA 3:lla istutetuista taimista kuolleita oli noin 12 % (taulukko 9), mikä on selkeästi enemmän kuin muilla kestokokeilla. Puulajeittainkin kuolleisuutta muihin kestokokeisiin vertaillessa on tämän kestokokeen taimikuolleisuus ollut jokaisen puulajin kohdalla korkeinta. Taimikuolleisuuden kokonaisuutta nostaa erityisesti rauduskoivu, jolla kuolleiden taimien osuus on merkittävän suuri.

TAULUKKO 9. SEKAVA 3 taimikuolleisuus puulajeittain.

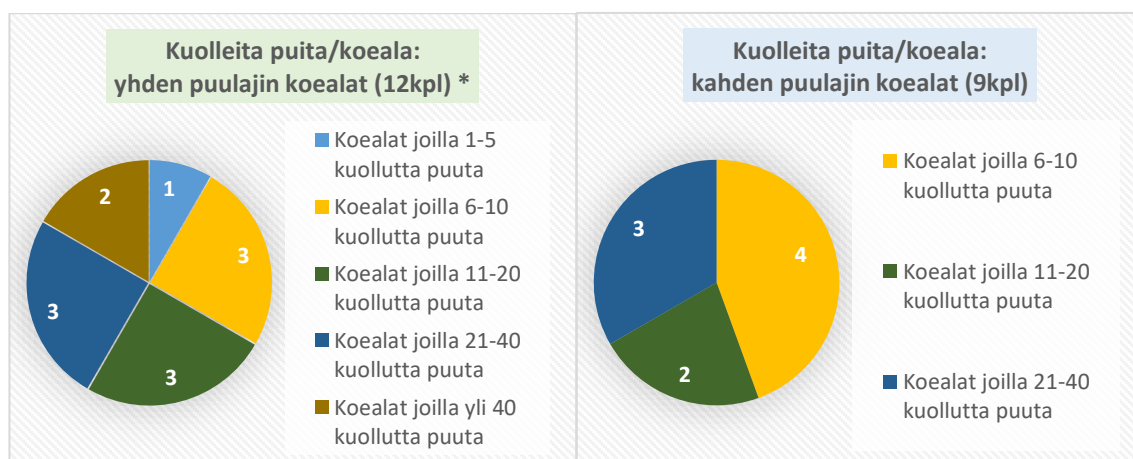
Puulaji	Taimia yhteensä	Kuolleita taimia	Taimista kuolleita %
Mänty	1687	166	9,8 %
Kuusi	1262	107	8,5 %
Rauduskoivu	753	171	22,7 %
Yhteensä	3702	444	12 %

Taimikuolleisuus kuitenkin vaihteli paljon koealoittain (kuvio 1). Taimikuolleisuus oli keskittynyt erityisesti kestokokeen luoteisosan reunimmaisille koealoille 1–4 ja

17 (kuva 5) ja eteläosan reunimmisille koealoille 22–24 (liite 1). Runsaasta taimikuolleisuudesta kärsineitä koealoja oli etenkin yhden puulajin koealoilla, joissa kahdella koealalla kuolleita taimia oli yli 40 (kuvio 1). Sekapuustoisten ja yhden puulajin koealojen taimikuolleisuuden määrää vertaillaessa oli yhden puulajin koealoilla keskimäärin hieman enemmän kuolleita taimia, mutta käsittelytapojen välillä ei kuitenkaan ollut mitään merkittävää eroa (taulukko 10).

Rauduskoivun istutuksen koealoilla 4 ja 24 oli taimikuolleisuus vaikuttanut jo merkittävästi taimitiheyteen ja tilajärjestykseen. Kestokokeen suhteellisen korkeasta taimikuolleisuudesta huolimatta oli suurimalla osalla koealoista päästy vähintään yli 80 prosenttiin tavoitetiheydestä. Joillain koealoilla taimikuolleisuuden takia tavoitetiheys oli toteutunut jopa paremmin ja esimerkiksi koealoilla 1 ja 3 on välttytty ylitiheiltä taimikoilta.

Yhteensä 444:stä SEKAVA 3:lla kuolleesta taimesta 275 tapauksessa kuoleman syyksi oli todettu tai ainakin oli vahvasti epäilty: ”muut ilmastotekijät, vesi ja maaperättekijät” (liite 17). Tässä tapauksessa tällä tarkoitetaan siis lähinnä kuivuuden aiheuttamaa taimen kuolemaa. Lähes kaikkien muiden taimikuolemien kohdalla syy oli tuntematon.



KUVIO 1. SEKAVA 3. Kuolleiden puiden määrät koealoilla.

TAULUKKO 10. SEKAVA 3 taimikuolleisuus yhden ja kahden puulajin koealoilla.

Puulajien määrä	Kuolleet männyt	Kuolleet kuuset	Kuolleet koivut	Kuolleita yhteensä	Kuolleita keskimäärin koealalla
Yhden puulajin koealat 12kpl *	117	47	111	275	23
Kahden puulajin koealat 9kpl	49	60	60	169	19

* Yhden puulajin koealoihin on laskettu myös koealat, joilla käsittelyä on männyn istutus ja koivun luontainen uudistaminen.

SEKAVA 4:llä taimikuolleisuuden osalta analysoitavia koealoja oli 21. Taimikuolleisuus oli hieman yli kuusi prosenttia, mikä on näiden kestokokeiden keskitasoa. Puulajeja vertaillessa eniten kuolleita taimia suhteessa istutettuihin taimiin oli männyllä (taulukko 11), mutta erot puulajien välillä eivät ole mitenkään merkittäviä.

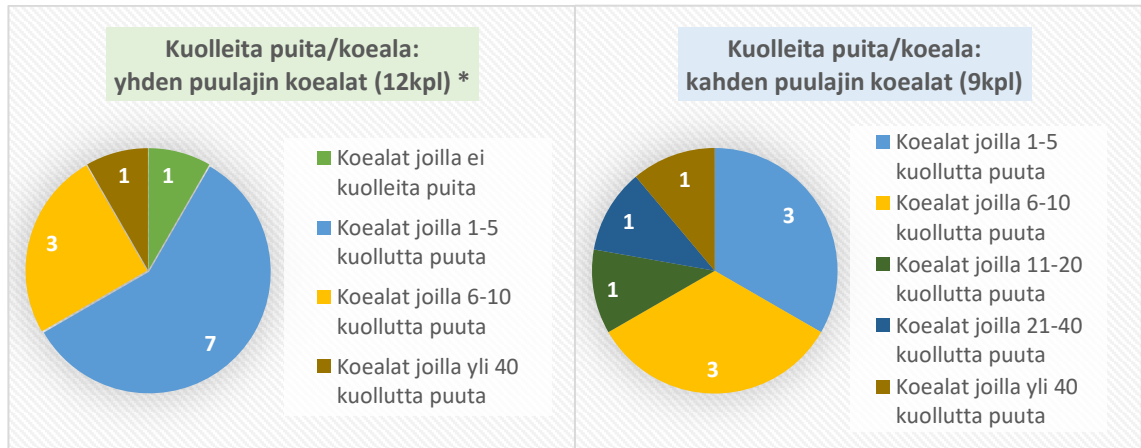
TAULUKKO 11. SEKAVA 4 taimikuolleisuus puulajeittain.

Puulaji	Taimia yhteensä	Kuolleita taimia	Taimista kuolleita %
Mänty	993	76	7,7 %
Kuusi	1765	105	5,9 %
Rauduskoivu	713	32	4,5 %
Yhteensä	3471	213	6,1 %

Taimikuolleisuus kuitenkin vaihteli merkittävästi koealoittain ja etenkin yhden puulajin koealoilla taimikuolleisuus oli pääosin vähäistä (kuvio 2). Kuolleiden taimien kokonaismäärästä iso osa tulikin vain muutamalta koealalta. Koealojen 7, 8 ja 11 kuolleet taimet muodostavat 54 prosenttia kaikista kestokokeella kuolleista taimista. Koealat myös sijaitsevat toistensa vieressä (liite 2) eli taimikuolleisuus keskittyi hyvin vahvasti tietyille alueelle. Kahden puulajin koealoilla oli kuolleita taimia keskimäärin hieman enemmän (taulukko 12), mutta ero käsittelytapojen välillä ei kuitenkaan ollut merkittävän iso.

Koealalla 8 kuolleiden mäntyjen osuus on 60 prosenttia koko kestokokeella kuolleista männystä ja taimikuolleisuus onkin vaikuttanut merkittävästi koealan taimi-

tiheyteen, joka ylsi vain 73 prosenttiin tavoitteesta. Koealan 11 huono uudistamistulos ei puolestaan johtunut ainoastaan taimikuolleisuudesta vaan myös huonosti onnistunut kylvö ja maanmuokkauksen huomattavasti tavoitteesta vajaaksi jäänyt mätäsmäärä ovat vaikuttaneet koealan taimitiheyteen merkittävästi. Kolmella eniten kuolleisuudesta kärsineellä koealalla yhteensä 39:n kuolleen taimen kohdalla syyksi oli merkattu hyönteinen ja 73 tapauksessa syy oli ilmastolliset tekijät.



KUVIO 2. SEKAVA 4. Kuolleiden puiden määrät koealoilla.

* Yhden puulajin koealoihin on laskettu myös koealat, joilla käsittelyä on kuusen istutus ja koivun luontainen uudistaminen.

TAULUKKO 12. SEKAVA 4 taimikuolleisuus yhden ja kahden puulajin koealoilla.

Puulajien määrä	Kuolleet männyt	Kuolleet kuuset	Kuolleet koivut	Kuolleita yhteensä	Kuolleita keskimäärin koealalla
Yhden puulajin koealat 12kpl *	53	29	19	101	8
Kahden puulajin koealat 9kpl	23	76	13	112	12

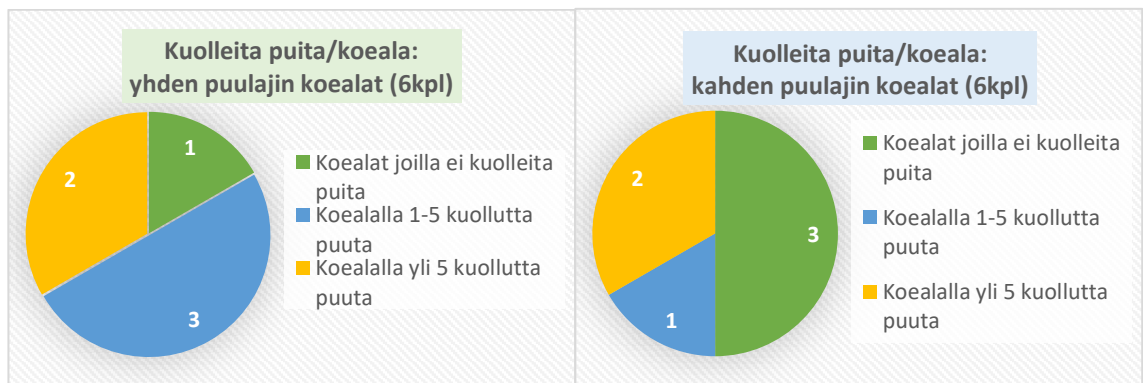
* Yhden puulajin koealoihin on laskettu myös koealat, joilla käsittelyä on männyn istutus ja koivun luontainen uudistaminen.

SEKAVA 11:llä taimikuolleisuuden osalta käsittelyssä oli 12 koealaa. Ainoastaan noin kaksi prosenttia istutetuista taimista oli kuollut eli kuolleisuus koko kestokoella oli hyvin vähäistä. Istutetuista kuusista oli kuollut vain 1,6 prosenttia ja männyistä 2,6 prosenttia. Kuolleiden taimien määrässä ei ollut juurikaan eroa koealojen käsittelynkään suhteen (taulukko 13). Muutamat yksittäiset koealat

nostivat taimikuolleisuutta ja esimerkiksi sekapuustoisista koealoista kolmella ei ollut ainuttakaan kuollutta taimea (kuvio 3). Koealoilla 9 ja 7 (liite 5) kuolleiden taimien sijoittumisessa on pientä ryhmittäisyyttä havaittavissa, mutta se ei silti aiheuta mitään erityistä aukkoisuutta.

TAULUKKO 13. SEKAVA 11 taimikuolleisuus yhden ja kahden puulajin koealoilla.

Puulajien määrä	Kuolleet männyt	Kuolleet kuuset	Kuolleita yhteensä	Kuolleita keskimäärin koealalla
Yhden puulajin koealat 6kpl	19	7	26	4
Kahden puulajin koealat 6kpl	6	13	19	3



KUVIO 3. SEKAVA 11. Kuolleiden puiden määrät koealoilla.

SEKAVA 12:lla taimikuolleisuuden osalta analysoitiin kahdeksan koealaa kymmenestä. Kestokokeen taimikuolleisuus oli noin 3,5 prosenttia ja kuolleita taimia oli yhteensä 49, joista 32 oli kuusia ja 17 mäntyjä. Istutetuista kuusista oli kuollut 4,2 prosenttia ja männyistä 2,6 prosenttia. Sekapuustoisia ja yhden puulajin koealoja oli molempia neljä. Yhden puulajin koealoilla kuolleita taimia oli 20 ja sekapuustoisilla 29. Taimikuolleisuudessa ei löytynyt mitään merkittäviä eroja koealojen käsittelyiden tai puulajien suhteen eikä kuolleisuus aiheuta kestokokeelle haittaa tai toimenpiteitä.

7.4 Tuhojen esiintyminen koealoilla

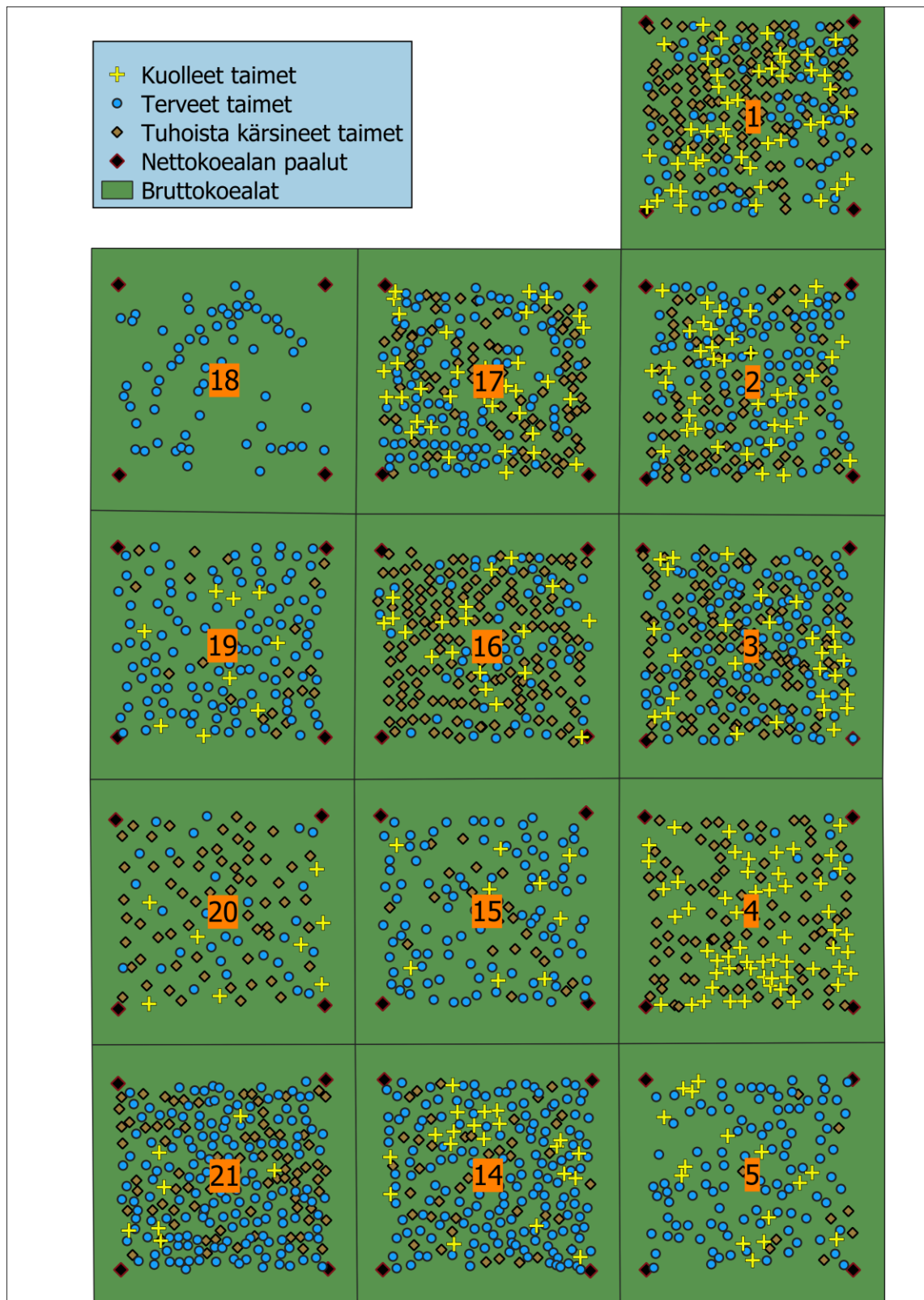
Edellisessä kappaleessa käsiteltiin tuhojen syitä kuolleiden taimien osalta eli tässä kappaleessa esitetyt luvut kertovat vain elävissä taimissa olevista tuhoista. Taimissa havaittujen tuhojen laatua, niiden aiheuttajaa ja mahdollista syytä pyrittiin mastoinventoinnin aikana selvittämään. Kuten muidenkin tietojen osalta niin myös tuhotietojen tallentamisessa käytettiin numerokoodeja. Numerolla kuvattiin taimen terveydentilaa eli ilmiä, mahdollisen tuhon aiheuttajan syytä sekä tuhon astetta, eli kuinka merkittävää vauriota taimessa olevasta tuhosta aiheutuu (liite 17, 18 ja 19). Kuitenkin monessa tapauksessa tuhon aiheuttajan syy oli jäänyt tuntemattomaksi. Männyn sirkkataimista ei tuhoja ollut merkitty lainkaan, eli tuhojen osalta käsittelyssä oli vain istutetut taimet. Tuhoja esiintyi huomattavasti enemmän kahdella Pirkanmaan kestokokeella. Pohjois-Karjalan kestokokeiden aineistojen osalta ei tuhojen suhteen ollut juurikaan analysoitavaa.

SEKAVA 3:lla jonkinlaisesta tuhosta oli kärsinyt yli 43 prosenttia istutetuista taimista. Tuhoja esiintyi erityisesti männyllä ja rauduskoivulla, joista molemmissa yli puolet taimista oli kärsinyt tuhoista (taulukko 14). Rauduskoivun ja kuusen tuhoista taimelle vaurioita jättäviä tuhoja oli noin neljännes ja männyn osalta vaurioita jättäviä tuhoista oli noin 15 prosenttia (taulukko 14).

TAULUKKO 14. SEKAVA 3 tuhot. Tuhojen jakautuminen puulajeittain.

Puulaji	Taimia kpl	Taimia, joissa tuhoja	Tuhoja %	Taimia, joissa vau- riota jättävä tuho	Vauriota jättävien tuho- jen osuus taimituhoista
Mänty	1521	805	52,9 %	117	14,5 %
Kuusi	1155	276	23,9 %	63	22,8 %
Koivu	582	332	57,0 %	82	24,7 %

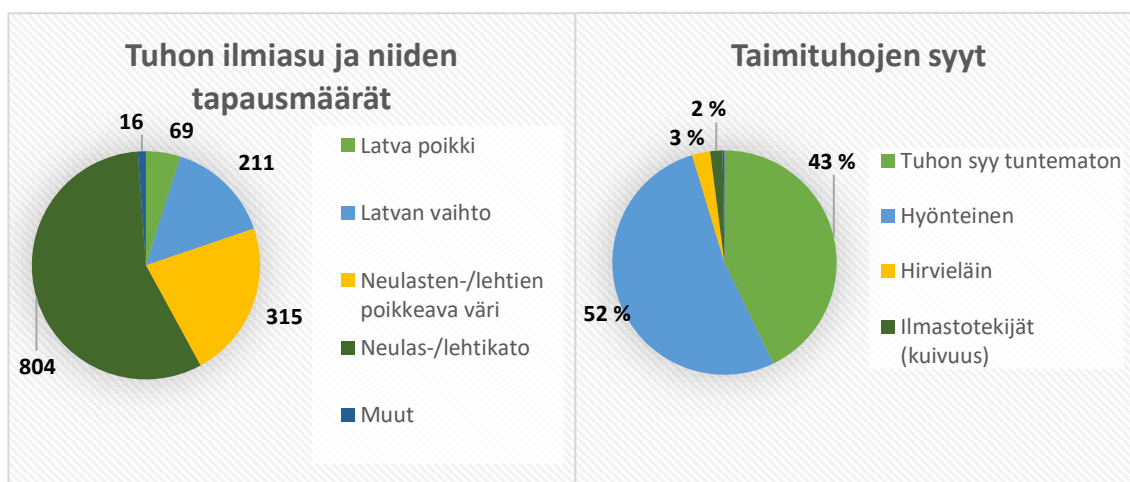
Tuhoista kärsineiden ja kuolleiden taimien sijoittumisessa oli havaittavissa korrelaatiota, sillä useilla koealoilla, joilla taimikuolleisuus oli runsasta, oli myös paljon tuhoista kärsineitä taimia (kuva 9). Tämä ei kuitenkaan ollut täysin säännöllisesti havaittavissa oleva ilmiö vaan tuhoja saattoi esiintyä runsaasti myös vähän taimikuolleisuudesta kärsineillä koealoilla, kuten esimerkiksi koealalla 20 (kuva 9).



KUVA 9. SEKAVA 3 tuhot. Otos tuhoista kärsineistä koealoista.

Yleisin tuhon aiheuttaja SEKAVA 3:lla oli hyönteiset (kuvio 4). Hyönteisten ryhmä pitää sisällään kaikki muut hyönteiset ja hyönteisten toukat, mutta ei kirjanpajaa, jonka tuhot merkitään erikseen. On myös huomattava, että yli 40 prosentissa tapauksista tuhon syy oli tuntematon (kuvio 4). Hyönteisten osalta on välillä

vaikea tai jopa mahdoton sanoa varmuudella minkä hyönteisen aiheuttamasta tuhosta on kyse. Kuitenkin joissain taimissa tuholaisia havaittiin myös inventointi hetkellä ja esimerkiksi kirjokudospistiäistä tavattiin männyn taimissa ja aitokeräkäräsäkkäitä kuusen taimissa (kuva 10). Neulas-/lehtikato oli ylivoimaisesti yleisin tuhon ilmenemismuoto (kuvio 4). Tässä tapauksessa se tarkoitti lähinnä hyönteisten toimesta tapahtunutta neulasten tai lehtien syöntiä, josta erityisesti männyt olivat kärsineet (kuva 11). Myös neulasten-/lehtien poikkeava väri ja latvan vaihto tai katkeaminen olivat jokseenkin yleisiä tuhoja, muiden tuhon syiden jäädessä käytännössä yksittäistapauksiksi (kuvio 4).



KUVIO 4. SEKAVA 3 tuhojen aiheuttajat ja seuraukset eli tuhon ilmiasu.



KUVA 10. Kuusentaimen neulastuhoja. Aitokeräkäräsäkkäitä kuusen taimessa.



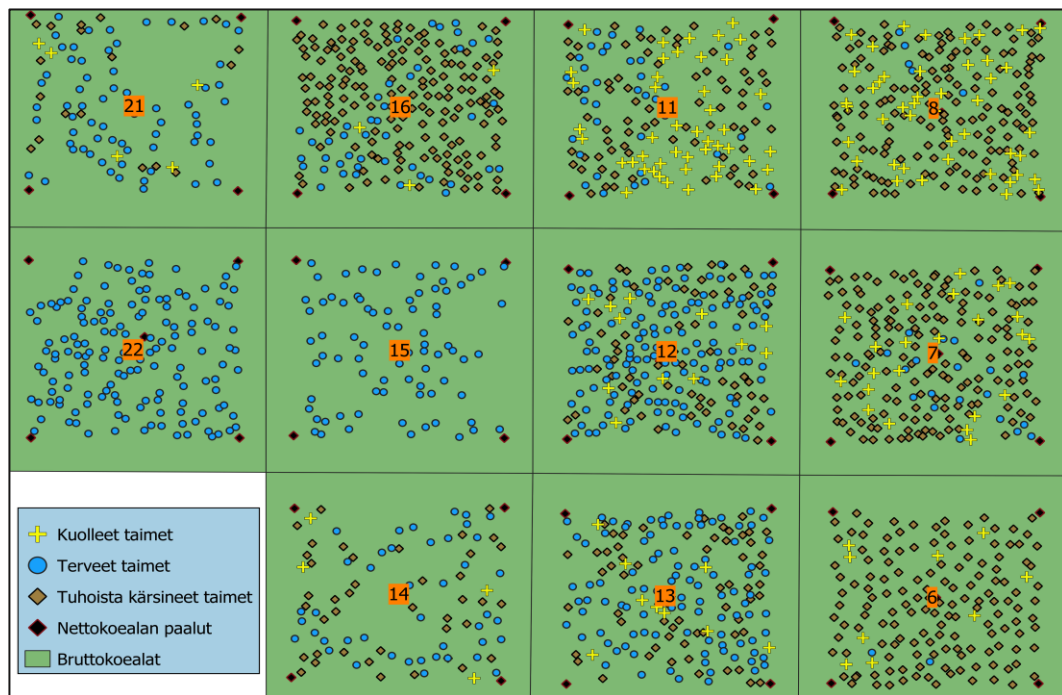
KUVA 11. Männyntaimen neulastuhoja. SEKAVA 3:lla männyille tuhoja aiheutti useimmissa tapauksissa jokin hyönteinen.

SEKAVA 4:llä tuhoista kärsineitä taimia oli suhteessa eniten, kun lähes 46 prosenttia istutetuista taimista oli kärsinyt jonkin asteisesta tuhosta. Ero SEKAVA 3:een nähden ei kuitenkaan ole mitenkään merkittävä, vaan kestokokeiden tulokset muistuttivat paljon toisiaan tältäkin osin. Kuten SEKAVA 3:lla, myös tällä kestokokeella eniten tuhoista olivat kärsineet mänty ja koivu (taulukko 15). Männyn osalta tuhoja esiintyi lähes 67 prosentissa istutetuista taimista. Vaurioita jättävien tuhojen osuus oli myös hieman korkeampi SEKAVA 3:een verrattuna. Männyllä esiintyneet tuhot olivat keskimäärin lievempiä kuin kuusella ja rauduskoivulla, joilla vaurioita jättävien tuhojen osuudet olivat selvästi suuremmat (taulukko 15).

TAULUKKO 15. SEKAVA 4 tuhot. Tuhojen jakautuminen puulajeittain.

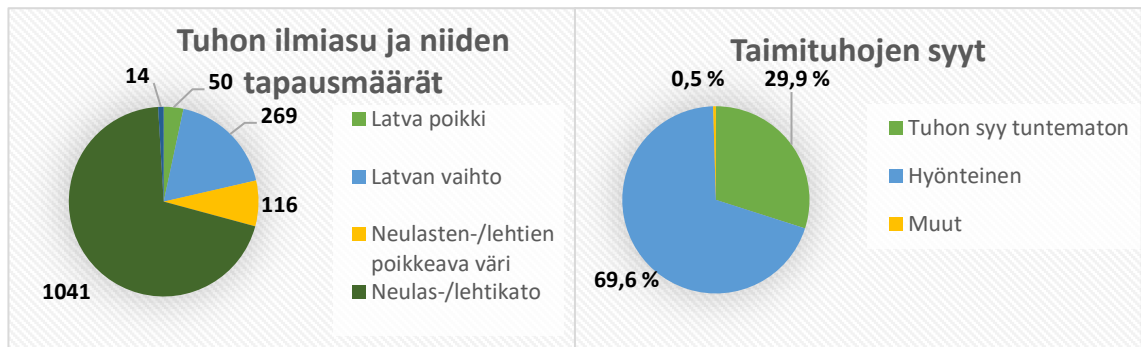
Puulaji	Taimia kpl	Taimia, joissa tuhoja	Tuhoja %	Taimia, joissa vauriota jättävä tuho	Vauriota jättävien tuhojen osuus taimituhoista
Mänty	917	610	66,5 %	91	14,9 %
Kuusi	1660	512	30,8 %	134	26,2 %
Koivu	681	365	53,6 %	115	31,5 %

SEKAVA 4:llä tuhot olivat keskittyneet hyvin vahvasti tietyille koaloille kestokokeen pohjois- ja koillisosiin. Pahiten tuhoista olivat kärsineet koalat 6, 7, 8 ja 16, joissa lähes kaikista taimissa löytyi jokin tuho (kuva 12). Koevalla 8 myös taimikuolleisuus oli runsasta ja taimista ainoastaan viisi oli täysin terveitä. Tuhot ja kuolleet taimet esiintyivät pääosin samoilla koaloilla.



KUVA 12. SEKAVA 4 tuhot. Otos tuhoista kärsineistä koaloista. Kuvasta erottuvat pahasti tuhoista kärsineet koalat 6, 7, 8 ja 16.

Käytännössä ainoa tunnistettu tuhon aiheuttaja SEKAVA 4:n koaloilla oli hyönteinen ja noin kolmanneksessa tapauksista tuhon aiheuttaja oli tuntematon (kuvio 5). Hyönteistuhojen määrä näkyy suoraan myös tuhojen ilmenemismuotoja tarkastellessa, sillä hyönteisten aiheuttamat taimituhot painottuvat usein neulasin/lehtiin ja siksi ylivoimaisesti yleisin tuhon ilmiö oli neulas-/lehtikato (kuvio 5). Latvan vaihto oli toiseksi merkittävin tuhon ilmiö ja esimerkiksi hirvieläinten aiheuttamat tuhot jäivät vain muutamiin yksittäistapauksiin.



KUVIO 5. SEKAVA 4 tuhojen aiheuttajat ja seuraukset eli tuhon ilmiö.

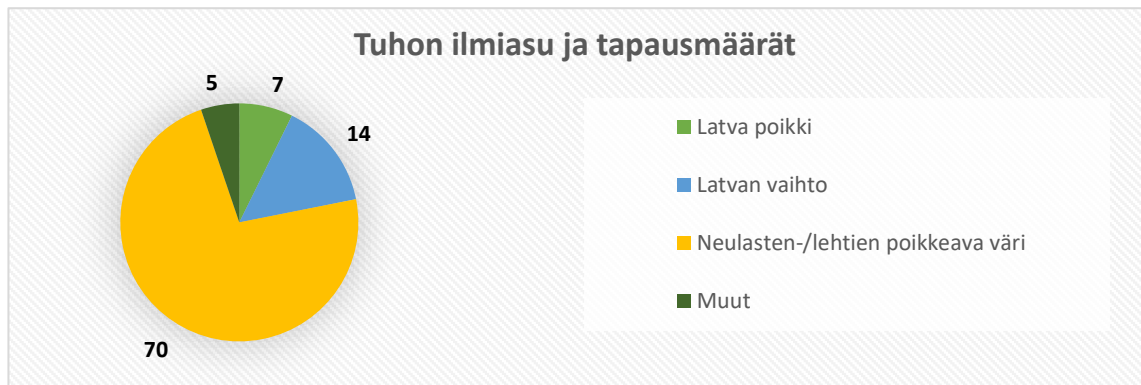
Pohjois-Karjalan koealoilla tuhoja ilmeni huomattavasti vähemmän kuin Pirkanmaalla. SEKAVA 10:llä tuhoja oli noin 4,5 prosentissa ja SEKAVA 12:lla hieman yli kuudessa prosentissa taimista. SEKAVA 10:n (taulukko 16) ja SEKAVA 12:n (taulukko 17) koealojen männyissä tuhoja esiintyi vain muutamissa yksittäisissä taimissa ja myös kuusen osalta tuhojen määrä jäi melko vähäiseksi. SEKAVA 10:llä tuhot ilmenivät lähinnä neulasten ja lehtien poikkeavana värinä (kuvio 6), sekä jonkin verran latvavaurioina erityisesti SEKAVA 12:lla (kuvio 7). Molemmilla kestokokeilla yli 90 prosentissa tapauksista tuhon syy oli tuntematon.

TAULUKKO 16. SEKAVA 10 tuhot. Tuhojen jakautuminen puulajeittain.

Puulaji	Taimia kpl	Taimia, joissa tuhoja	Tuhoja %	Taimia, joissa vauriota jättävä tuho	Vauriota jättävien tuhojen osuus taimituhoista
Mänty	938	27	2,9 %	2	7,4 %
Kuusi	1158	69	6,0 %	7	10,1 %

TAULUKKO 17. SEKAVA 12 tuhot. Tuhojen jakautuminen puulajeittain.

Puulaji	Taimia kpl	Taimia, joissa tuhoja	Tuhoja %	Taimia, joissa vauriota jättävä tuho	Vauriota jättävien tuhojen osuus taimituhoista
Mänty	631	24	3,8 %	5	20,8 %
Kuusi	721	61	8,5 %	13	21,3 %



KUVIO 6. SEKAVA 10 tuhojen ilmiasu. Tuhojen ilmeneminen taimissa.

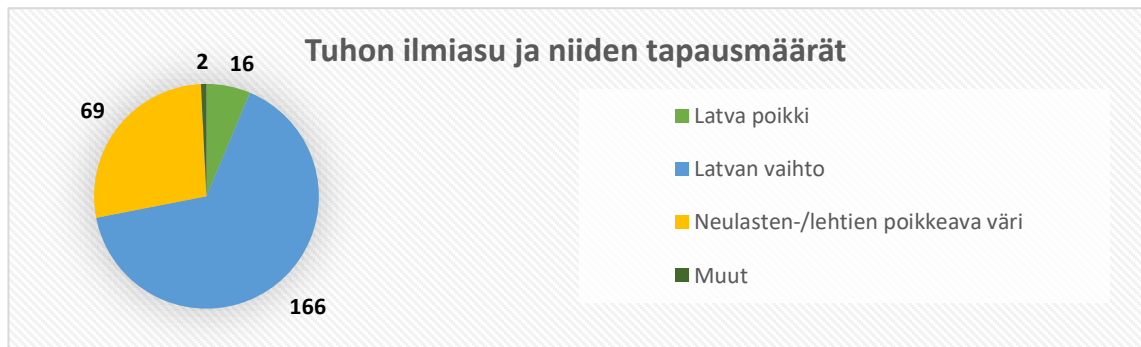


KUVIO 7. SEKAVA 12 tuhojen ilmiasu. Tuhojen ilmeneminen taimissa.

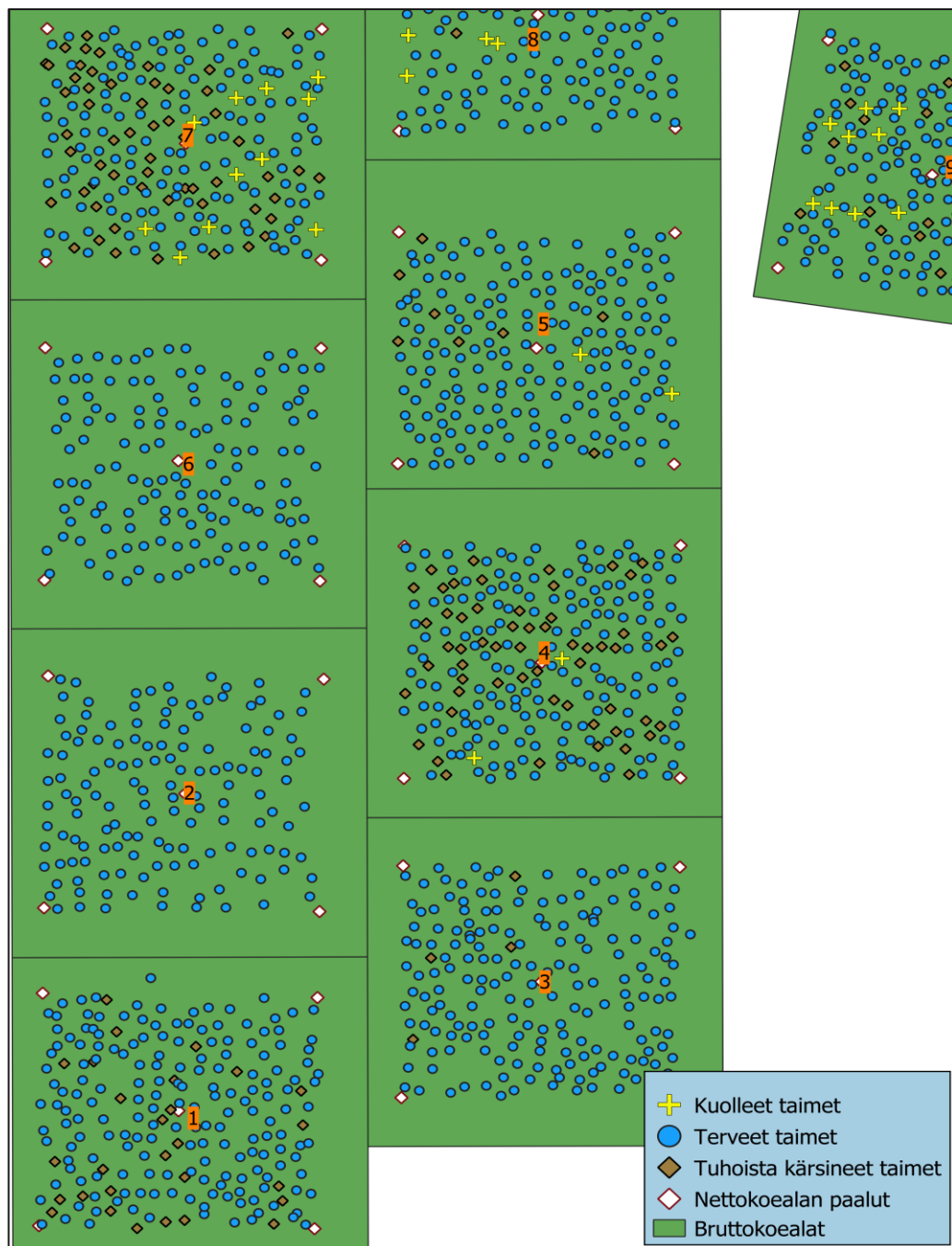
Pohjois-Karjalan kestokokeista pahiten tuhoista oli kärsinyt SEKAVA 11. Kuusen osalta tuhojen määrä jäi vähäiseksi ja jopa hieman pienemmäksi kuin muilla kestokokeilla. Männyn osalta tuhoja ilmeni kuitenkin noin viidesosassa taimista (taulukko 18). Tuhot ilmenivät taimissa latvan vaurioina ja tästä johtuvana latvan vaihtona tai neulasten-/lehtien poikkeavana värinä, jota esiintyi yli neljänneksessä tuhoista kärsineistä taimista (kuvio 8). Tuhojen syy oli jäänyt tuntemattomaksi jokaisen tapauksen kohdalla. Tuhot olivat keskittyneet hyvin vahvasti tietyille koealoille. Kuusi eniten tuhoista kärsinyttä koealaa muodostikin yli 85 prosenttia kestokokeen tuhojen kokonaismäärästä. Erityisesti koealoilla 4 ja 7 tuhojen määrä oli merkittävästi muita suurempi (kuva 13).

TAULUKKO 18. SEKAVA 11 tuhot. Tuhojen jakautuminen puulajeittain.

Puulaji	Taimia kpl	Taimia, joissa tuhoja	Tuhoja %	Taimia, joissa vauriota jättävä tuho	Vauriota jättävien tuhojen osuus taimituhoista
Mänty	949	196	20,7 %	19	9,7 %
Kuusi	1216	57	4,7 %	5	8,8 %



KUVIO 8. SEKAVA 11 tuhojen ilmiasu. Tuhojen ilmeneminen taimissa.

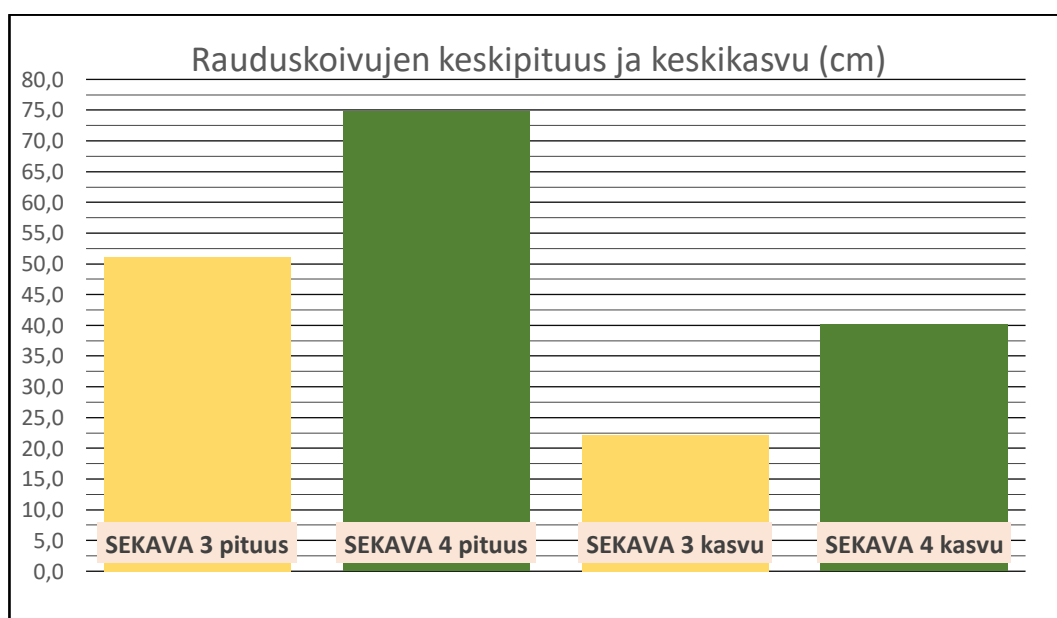


KUVA 13. SEKAVA 11 tuhot. Otos tuhoista kärsineistä koealoista. Kuvasta erottuvat runsaasti tuhoista kärsineet koealat 4 ja 7.

7.5 Ensimmäisen vuoden pituuskasvu

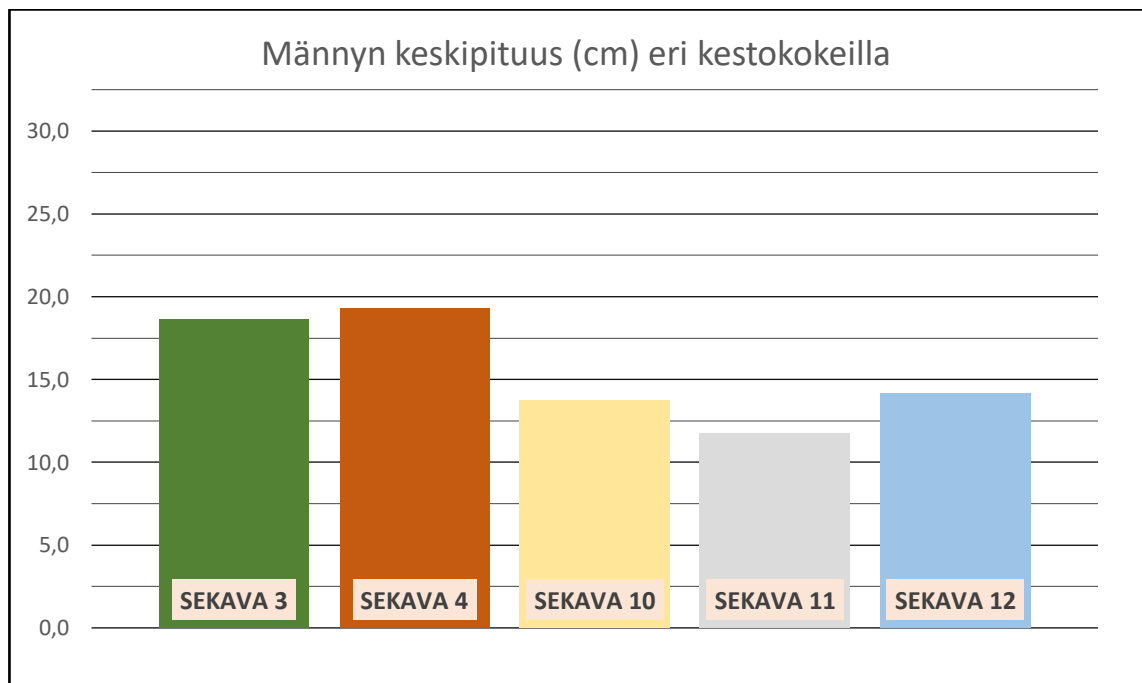
Koealojen istutukset suoritettiin vuoden 2021 toukokuun lopun ja heinäkuun alun välisenä aikana. Maastoinventoinnit aloitettiin syksyllä kasvukauden jälkeen, jotta taimista saataisiin pituuden lisäksi mitattua myös ensimmäisen kasvukauden aikainen pituuskasvu. Taimien pituuksissa ja pituuskasvuissa oli havaittavissa selkeitä eroja niin eri puulajien kuin kestokokeiden välillä. Puolestaan yhden kestokokeen samalla käsittelytavalla uudistetuilla koealoilla ei pituuskasvuissa löytynyt eroja, vaan jokaiselle koealalle jakautui kaiken pituisia taimia tasaisesti. Rauduskoivun osalta vertailupohjaa on vähän, koska sitä oli vain kahdella kestokokeella.

Rauduskoivua istutettiin SEKAVA 3:lle ja SEKAVA 4:lle. Molempien kasvupaikatyyppi on tuore kangas, ne sijaitsevat hyvin lähellä toisiaan ja molemmat ovat topografialtaan hyvin samantapaisia eli melko tasaisia. Lähtökohdiltaan kestokokeet ovat siis lähellä toisiaan. Kuitenkin rauduskoivun keskipituudessa sekä keskikasvussa oli kestokokeiden välillä selkeä ero (kuvio 9). Molemmissa koivut olivat pituuskasvun suhteen selvästi havupuita edellä, mutta etenkin SEKAVA 4:llä koivujen yli 40 senttimetrin keskimääräinen pituuskasvu on huomattavasti havupuita enemmän. SEKAVA 4:n kasvuolosuhteet ovat todennäköisesti olleet yleisestikin suotuisimmat, sillä sieltä on saatu kaikkien puulajien osalta parhaat tulokset sekä keskipituuden että keskikasvun osalta.

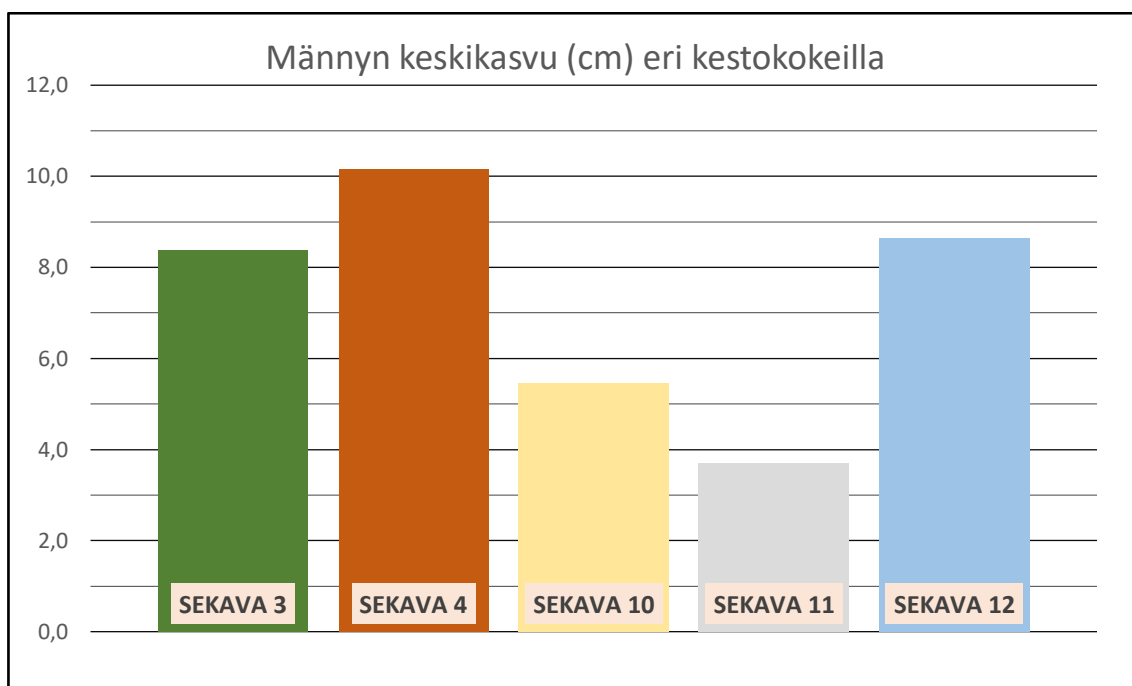


KUVIO 9. Rauduskoivun keskipituus ja -kasvu. Koivujen pituuksissa ja pituuskasvussa selkeä ero kestokokeiden välillä.

Männyn keskipituus jäi kaikilla kestokokeilla selkeästi kuusta ja rauduskoivua pienemmäksi. Kestokokeiden väliset erot niin kasvupaikkatyyppin kuin maantieteellisen sijainnin osalta näkyivät selkeästi sekä männyn keskipituuksissa että keskikasvussa (kuvio 10) (kuvio 11). Keskipituuden osalta Pirkanmaa erottui selkeästi edukseen Pohjois-Karjalasta. Erot männyn keskipituuksissa olivat pienimmilläänkin yli 4,5 cm ja suurimmillaan lähes 8 cm (kuvio 10). Keskikasvun osalta erot näkyivät maantieteellisen sijainnin lisäksi myös erittäin selkeästi kasvupaikkatyyppien välillä (kuvio 11). SEKAVA 3:n, 4:n ja 12:n kasvupaikkatyyppi on tuore kangas ja näillä kestokokeilla keskikasvu oli selkeästi parempaa kahteen kuivahkon kankaan kokeeseen verrattuna. Männynkin osalta SEKAVA 4 siis erottui kaikkien kestokokeiden joukosta edukseen, mutta ero keskipituuden suhteen oli hyvin pieni SEKAVA 3 verrattuna. Myös ero männyn keskikasvun osalta oli melko pieni sekä SEKAVA 3:een ja 12:een verrattuna. Kuusen kasvuun verrattuna männyn kasvu oli parempaa tuoreen kankaan kestokokeilla ja huonompaa kuivahkon kankaan kestokokeilla.

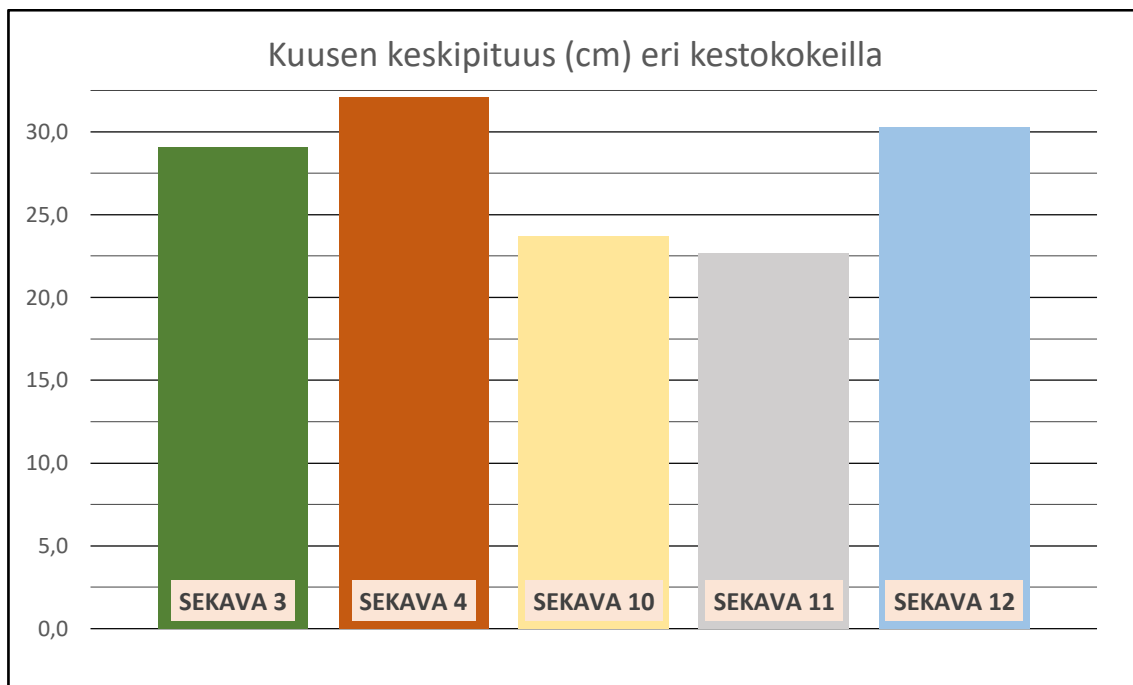


KUVIO 10. Männyn keskipituus. Keskipituudet eri kestokokeilla.

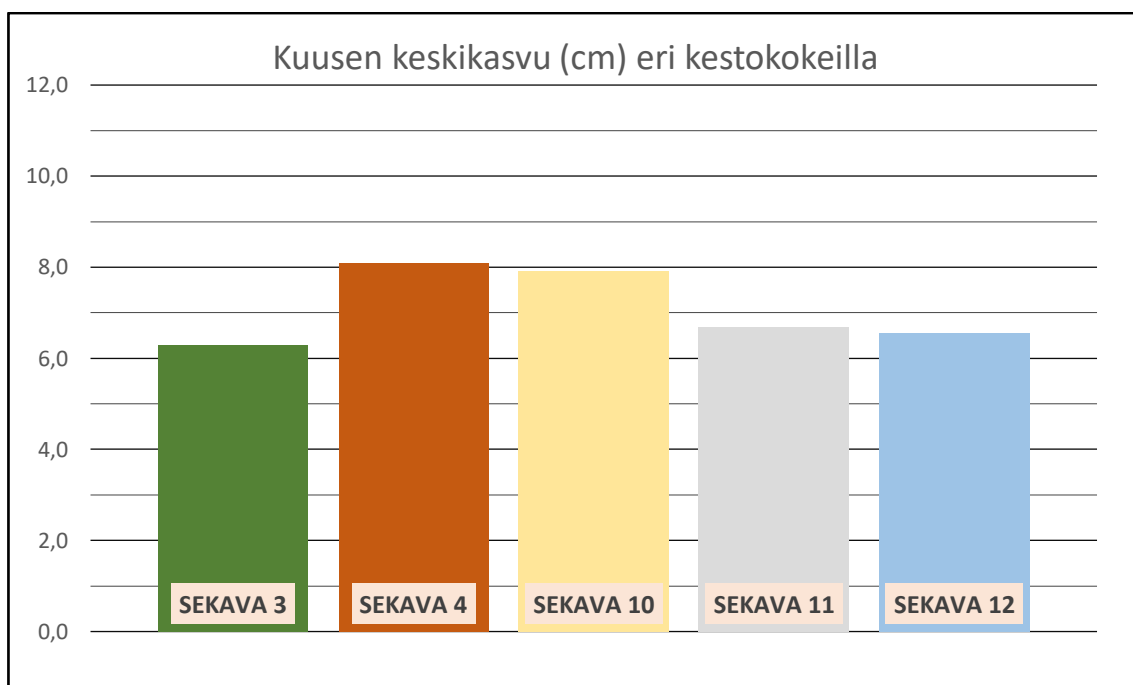


KUVIO 11. Männyn keskikasvu. Keskimääräiset kasvut eri kestokokeilla.

Kestokokeiden väliset erot kuusen keskipituuksissa (kuvio 12) ja keskikasvuissa, olivat pienempiä kuin muilla puulajeilla ja etenkin keskikasvu oli lähellä samaa tasoa kaikilla kestokokeilla (kuvio 13). Keskipituuksista tuoreen kankaan kestokokeet erottuivat jälleen edukseen. Kuitenkin keskikasvuja tarkastellessa näkyi erikoinen piirre kuivahkojen kankaiden osalta, sillä niiden keskikasvut kuusen osalta olivat parempia kuin kahden tuoreen kankaan kestokokeen (kuvio 13). Erot keskikasvujen suhteen olivat tosin melko pieniä, mutta silti oletusarvoisesti kasvun pitäisi olla ravinteisimmilla kohteilla parempaa. Myös kuusen kasvu suhteessa mäntyyn oli huonompaa tuoreen kankaan kestokokeilla, mutta puolestaan parempaa kuivahkon kankaan kestokokeilla.



KUVIO 12. Kuusen keskipituus. Keskipituudet eri kestokokeilla.



KUVIO 13. Kuusen keskikasvu. Keskimääräiset pituuskasvut eri kestokokeilla.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Tavoitetiheyksien toteutumisesta voidaan päätellä, että täydennysviljelylle on tarvetta ainakin SEKAVA 3:n ja SEKAVA 4:n kaikilla männyn kylvön koealoilla. Näillä kestokokeilla männyn kylvö epäonnistui lähes täysin ja taimitiheys jäi kylvön osalta huomattavasti tavoitteesta. Pohjois-Karjalan kolmella kestokokeella männyn kylvön tulos on parempi, mutta alitiheiden taimikoiden välttämiseksi myös siellä voi osalla koealoista olla täydennysviljelylle tarvetta. Jotta koealoilla päästäisiin vähintään 90 prosenttiin tavoitetiheydestä, niin männyn lisäksi myös rauduskoivun täydennysviljelylle voi olla tarvetta SEKAVA 3:lla, ellei alitiheille koealoille ei synny luontaista taimiainesta, jota halutaan ja voidaan hyödyntää. Myös ylitiheitä koealoja löytyi muutamia jokaiselta kestokokeelta, mutta tavoiteltu taimimäärä on muutamamaa koealaa lukuun ottamatta ylittynyt vain hieman. Ylitiheä taimikko ei ole toivottava, koska se lisää puiden keskinäistä kilpailua ja vaikuttaa niiden kasvutapaan ja myöhemmin runkomuotoon. Ylitiheys on kuitenkin lähtökohtaisesti pienempi haitta kuin liian harva taimikko, sillä ylitiheys on helposti hoidettavissa esim. taimikon varhaisperkauksen yhteydessä. Yleisesti tavoitetiheys saavutettiin parhaiten koealoilla, joilla käsittelynä oli kuusen ja männyn sekaistutus, pelkän männyn istutus tai pelkän kuusen istutus. Näillä käsittelytavoilla tulokset taimitiheyden ja taimivälin osalta ovat tasaisia ja käytännössä yhtä hyviä.

Laskennallinen tulos taimien välisestä keskimääräisestä etäisyydestä korreloi melko hyvin koealojen uudistamistulosten kanssa. Kuitenkin etenkin männyn kylvön tuloksissa on havaittavissa taimien ryhmittäisen sijoittumisen vaikutukset taimien välisen keskimääräisen etäisyyden tarjoamaan tietoon ja luotettavuuteen (taulukko 8). Tämän lasketun keskimääräisen taimivälin perusteella koeala voi vaikuttaa taimimäärän ja tilajärjestyksen osalta hyvältä. Todellisuudessa kuitenkin koealalla saattaa esimerkiksi olla vain kolme taimea, jotka ryhmittäisen sijoittumisen ansiosta antavat taimitiheydestä ja näin myös koealasta hyvän kuvan, vaikka todellisuudessa koeala olisi tässä tapauksessa täysin epäonnistunut. Tällä analyysillä lasketun taimien välisen keskimääräisen etäisyyden tarkastelu onkin informatiivista ja hyödyllistä käytännössä vain silloin kun uudistamisen tulos on vähintäänkin melko hyvä ja kun koealalta on tarjolla myös muuta tietoa, kuten taimimäärä.

QGIS-paikkatieto-ohjelmiston Voronoi-analyysin avulla simuloitu taimien kasvutila on puhtaasti matemaattinen eikä siinä oteta huomioon esimerkiksi mitään taimen ominaisuuksia tai mahdollisia maaston luomia rajoitteita kuten isoja kiviä. Tästä syystä analyysi toimiikin parhaiten juuri tässäkin opinnäytetyössä käsitellyissä nuorissa ja pienissä taimikoissa, missä puiden välillä ei vielä ole kilpailua kasvutilasta. Hyödyllisimmät, informatiivisimmat ja todenmukaisimmat tulokset kasvutilasta saadaan koealoilta, joilla on päästy hyvin tavoitetehtyteen. Puolestaan koealoilla, joilla taimia on harvassa, voi kasvutila vaikuttaa analyysin perusteella näennäisesti isolta, mutta jos taimet ovat ryppäissä ja lähekkäin toisiaan niin tällöin todellinen kasvutila on jakautunut epätasaisesti puun ympärille ja sitä olisi todellisuudessa paljon vain tiettyyn suuntaan. Tästä näkyy hyviä esimerkkejä SEKAVA 3:n koealoilla 6 ja 13. Hyvin ja huonosti onnistuneiden koealojen eroja todellisen kasvutilan kuvaamiseen pystyy havaitsemaan hyvin myös Voronoi-analyysien karttakuvista taimia kuvaavien pisteiden sijoittumista tarkastelemalla. Koealoilla, joilla taimitiheys on hyvä, taimet sijoittuvat melko hyvin kasvutilaa kuvaavan monikulmion keskelle, antaen näin hyvin todenmukaisen kuvan koealasta. Puolestaan alitiheillä koealoilla taimet sijoittuvat usein lähemmäs jotain monikulmion reunoista. Voronoi-analyysistä on myös huomioitava reuna-alueiden vaikutus tuloksiin. Reunimmaisista taimia kuvaavilla pisteillä ei ole verrokkipisteitä kuin tietyissä suunnissa ja ulkoreunassa kasvutila jatkuu ikään kuin loputtomasti. Tällöin niiden todellisen kasvutilan määrittäminen analyysin perusteella on mahdotonta, koska koealan ulkopuolisista taimista tai niiden sijainnista ei ole mitään tietoa. Tässä tapauksessa analyysin tuloksissa reuna-alueiden raja, eli raja mihin kasvutila ”päätyy”, on rajattu vapaasti käsin siten, että alue ulottuu hieman koealan reunojen ulkopuolelle. Analyysin tuloksia voi olla mahdollista hyödyntää ylitiheistä taimikoista varhaisperkauksessa mahdollisesti poistettavien puiden valinnassa. Valintaa ei välttämättä aivan yksittäisen puun tasolla kannata ennakkoon tehdä, mutta analyysin tuloksilla voi paikantaa koealan sisällä alueet, joilla ylitiheyttä on enemmän.

Taimikuolleisuus ei juurikaan tuottanut hallaa kestokokeiden perustamiselle. Etenkin Pohjois-Karjalan kestokokeilla taimikuolleisuuden merkitys koealojen taimimäärään on käytännössä mitätön. Riittävä istutustiheys, kuolleiden taimien vähäinen määrä ja suhteellisen tasainen jakautuminen eri koealoille tarkoittaa, että

Pohjois-Karjalan istuttaen uudistetuilla koealoilla täydennysviljelylle ei todennäköisesti ole tarvetta. Täydennysviljelyn tarvetta arvioidessa pitää kuitenkin huomioida myös talven aikana mahdollisesti kuolleet taimet. Ainoastaan SEKAVA 3:lla taimikuolleisuus on noussut paikoitellen niin korkeaksi, että sillä on jo merkittävästi vaikutusta koealojen taimimäärään. Taimien kuolleisuudessa on havaittavissa jonkin verran ryhmittäisyyttä, mutta kuitenkin mitään selkeää selittävää tekijää esimerkiksi topografiasta ei taimien kuolemille löytynyt. Taimikuolleisuus on myös puulajien kesken suhteellisen tasaista ja kaikki kestokokeet huomioiden ainoastaan SEKAVA 3:lla kuolleiden rauduskoivujen suuri määrä erottuu joukosta selkeästi poikkeavana lukuna. Maantieteellisestä sijainnista kuolleisuutta tarkastellen on eteläisemmällä Pirkanmaan kestokokeilla kuolleisuus hieman korkeampaa Pohjois-Karjalaan verrattuna. Mahdollisesti tätä eroa voi osaltaan selittää istutusajankohta. Pirkanmaalla istutukset toteutettiin toukokuun lopun ja kesäkuun alun välisenä aikana, kun taas Pohjois-Karjalassa istutus tapahtui noin kuukautta myöhemmin kesäkuun lopun ja heinäkuun alun välisenä aikana. 2021 kesä- ja heinäkuu olivat erityisen kuumia ja kuivia, joten Pirkanmaalla taimet ovat joutuneet olemaan epäsuotuisissa olosuhteissa noin kuukauden pidempään, mikä on saattanut nostaa esimerkiksi kuivuuden takia kuolleiden taimien määrää siellä.

Tuhoista kärsivät erityisesti männyt ja rauduskoivut, joilla tavattiin lähinnä hyönteisten aiheuttamia tuhoja neulasissa ja lehdistä. Kuten taimikuolleisuuden niin myös tuhojen osalta Pirkanmaan kestokokeet erottuvat negatiivisessa mielessä Pohjois-Karjalan kestokokeista. On vaikea arvioida, minkälainen vaikutus istutuksen ajankohdalla on tähän alueiden välille muodostuneeseen eroon, vai oliko sillä vaikutusta ollenkaan. Voidaan kuitenkin todeta, että esimerkiksi hyönteisillä on ainakin ollut pidemmän aikaa mahdollisuus tehdä tuhoja aikaisemmin istutetuissa taimissa. Tuhojen esiintyvyyden lisäksi myös tuhojen syiden arvioimisessa on selkeä ero Pirkanmaan ja Pohjois-Karjalan välillä, joissa mittaukset suorittivat eri työryhmät. Kestokokeiden välillä on todellisuudessaakin selvästi eroja, mutta on myös todennäköistä, että maastoinventointeja tekeville henkilöille on pientä vaikutusta inventoinnin tuloksiin. Erityisesti tuhon syyn selvittäminen ja päättely on hankalaa ja monessa tapauksessa tuhon aiheuttajan syy onkin merkitty tuntemattomaksi. Myös työn suorittamiselle asetetut aikataulut asettivat omat rajoitteensa. Yksittäisen taimen tarkalle tutkimiselle ei ollut paljon aikaa, sillä koealojen

taimimäärät olivat isoja ja mittauksien suorittamiselle oli aikaa vain syksyn ajan, lumien tuloon asti.

Kestokokeiden ensimmäisen kasvukauden pituuskasvuja analysoidessa ja vertaillen löytyi muutamia huomiota herättäviä kohtia. Kahdella kuivahkon kankaan kestokokeella kuusen keskikasvut ovat parempia kuin kahdella tuoreen kankaan kestokokeella (kuvio 13). Erot keskikasvujen suhteen ovat tosin melko pieniä, mutta silti oletusarvoisesti kasvun pitäisi olla ravinteisimmilla tuoreen kankaan kohteilla parempaa. Tälle erolle ei tarjoa selitystä kuusissa esiintyvät tuhotkaan, sillä SEKAVA 4:llä keskikasvu on parasta, vaikka siellä kuusissa on myös eniten tuhoja sekä määrällisesti että taimimäärään suhteutettuna ja lisäksi näistä vaurioita jättävien tuhojen osuus on myös suurin (taulukko 15). Ilmastolliset seikat eli erittäin kuuma ja kuiva kesä saattaa tarjota mäntyä enemmän vettä vaativan kuusen huonoon pituuskasvuun osittain selitystä. Se miten kesän vähäiset ja usein hyvin paikalliset sateet ovat alueille sattuneet osumaan, on voinut vaikuttaa koealojen vesitalouteen ja sitä kautta taimien kasvuun ja terveyteen. Männyn osalta tulokset pituuskasvun suhteen antavat ainakin vahvistusta sille, että kasvupaikat on määritelty oikein, sillä männyn kasvu on parempaa kaikilla ravinteikkaammilla kestokokeilla. Koivun keskipituuksissa vertailupohjaa on vähän, koska sitä on istutettu vain kahdelle kestokokeelle. Tuloksissa näkyy kuitenkin selkeä ero kahden kestokokeen välillä, mutta on huomioitava, että koivun mittaustulokset ovat myös arimpia mittausrvirheille, koska niistä on huomattavasti mäntyä ja kuusta hankalampaa määrittää tarkasti rungon kohta, josta uusin latvakasvain alkaa. Puulajien keskinäisessä vertailussa yllättävänä voidaan pitää myös kuusen ja männyn keskikasvujen eroja eri kasvupaikalla. Männyn kasvu on ollut kuusta parempaa tuoreen kankaan kasvupaikoilla, kun taas kuusi on kasvanut hieman mäntyä paremmin kuivahkon kankaan kasvupaikoilla. Ilmastolliset syyt voivat olla tässäkin vaikuttavana tekijänä.

Kesän 2021 ilmastolliset olosuhteet toivat omat haasteensa niin uudistustyön tekemiseen kuin taimien kasvuun ja hyvinvointiin. Myös koealoittain vaihtuvat puulajit ja tavoitetehtävät poikkeavat paljon tavanomaisen päätehakkuukohteen uudistamisesta. Tavanomaista metsän uudistamista haastavimmista lähtökohdista huolimatta, voidaan yleisesti katsoa kaikkien kestokokeiden uudistamistuloksien

olevan vähintäänkin kohtalaisen hyviä. Ainoastaan männyn kylvön tulokset olivat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta huonoja, minkä lisäksi rauduskoivun koealoista muutamilla tulos oli heikko. Onnistunut uudistamistyö antaa hyvät lähtökohdat koealoilla tulevaisuudessa tehtäviin mittauksiin.

9 POHDINTA

Opinnäytetyön lähtöaineisto oli hyvin laaja ja se sisälsi paljon erilaista tietoa. Lähdetäänpä aineistoa analysoimaan sellaisenaan tai jos sitä muokataan eri muotoon, tässä tapauksessa paikkatietoaineistoksi, niin aineiston oikeellisuus ja yhdenmukaisuus on erittäin tärkeää. Maastossa kerätyt tiedot täytettiin maastotalentimella samalle excel-taulukkopohjalle riippumatta siitä kuka tai missä tiedot kerättiin. Kuitenkin siinä miten tiedot kirjattiin excel-taulukkoon, oli eroja käyttäjästä riippuen. Erot olivat lähinnä siinä, täytetäänkö arvon 0 saava sarake vai jätetäänkö se tyhjäksi. Asia ei tunnu merkitykselliseltä etenkin maastossa työskennellessä, missä tietoja kirjataan ylös nopealla tahdilla koko päivän ajan. Kuitenkin kun isoa tietomäärää käsitellään ja etenkin kun sieltä halutaan poimia tietoa erilaisiin arvoihin perustuen, on tietojen yhtenäinen tallennustapa ehdottoman tärkeää. Tämä helpottaa ja nopeuttaa tietojen käsittelyä huomattavasti, mutta erityisesti tietojen yhtenäisyys ehkäisee virheiden syntymistä tietoja analysoitaessa, muokatessa ja tiedoista osia poimiessa. Toinen samoista syistä tärkeä lähtöaineistossa huomioitava asia on paikkatietoaineistojen oikea ja yhtenäinen rakenne. Lähtötietona oli esimerkiksi aineisto, jossa kestokokeiden bruttokoealat oli kuvattu vektorimuotoisena paikkatietona. Aineisto sisälsi myös bruttokoealoihin liittyviä ominaisuustietoja, kuten esimerkiksi koealan käsittelytavan. Ominaisuustietojen perusteella ainestoa visualisoidessa tai aineistosta tietoja poimiessa olisi tärkeää että ominaisuustieto- eli attribuuttitaulujen kenttien tietotyyppi olisi määritelty oikein ja eri aineistojen kesken yhtäläisesti. Tällä helpotetaan jälleen tietojen käsittelyä ja vähennetään virheiden syntymisen mahdollisuutta.

Tietojen käsittelyyn vaikuttavat myös inhimillisistä virheistä johtuvat virheet kerätyssä tiedossa. Vaikka ohjeistus mittausten suorittamiselle on yhtenäinen, niin silti työskentelyssä näkyy aina jollain tasolla myös ihmisen henkilökohtainen kädenjälki. Myös kiireellä voi olla vaikutusta työskentelyyn ja tuloksiin. Maastoinventoinnissa kerätyt tiedot olivat kuitenkin kaikilta kestokokeilta lähes poikkeuksetta hyvin ja oikein kirjattuja, mutta silti eri ihmisten suorittamien mittausten tuloksissa eroja voi näkyä esimerkiksi taimen tuhon syytä arvioidessa. Tuhon syyn pystyy välillä erottamaan selkeästi, mutta välillä se on myös enemmän arviointia ja päättelyä, jolloin kerätyn tiedon lopputuloksiin vaikuttaa useampi muuttuja.

Puolestaan esimerkiksi taimen pituuden mittaaminen on puhtaasti vain suoritettavaa työtä, missä ei työnsuorittajalla ole juurikaan vaikutusta tulokseen. Inhimilliset virheet ovat kuitenkin täysin ymmärrettäviä ja käytännössä mahdottomia välttää näin isossa aineistossa, mutta huolellisella työskentelyllä niiden määrä jää hyvin vähäiseksi. Näin laajassa aineistossa muutamilla virheillä ei kuitenkaan ole vaikutusta aineiston käsittelyyn, lopputulokseen tai tiedon ja tulosten oikeellisuuteen.

Uudistamistuloksia käsiteltäessä yksi useaan kertaan esille noussut asia on tavoiteteiheys. Tämä siksi, että tavoiteteiheyksien saavuttaminen on koealoilla tehtävän tutkimustyön kannalta tärkeää. Kun koealojen lähtökohdat ovat halutun kaltaiset, on esimerkiksi tutkimuksissa tehtävä aineistojen keskinäinen vertaileminen helpompaa ja niistä tehtävien johtopäätöksien tekeminen informatiivisempaa ja tulokset parempia.

Tuhojen syiden parempi kartoittaminen voisi tuoda tutkimukseen arvokastakin lisätietoa liittyen esimerkiksi taimikuolleisuuteen. Syiden kartoittaminen on melko haastavaa, joten mahdollinen lisäperehdytys maastoinventointeja suorittaville henkilöille voisi myös olla hyödyllistä. Tuhojen parempaan kartoittamiseen on jo haettu keinoja ja esimerkiksi maanmuokkauksen vaikutusta tukkimiehentäin tuhojen estämiseksi tullaan tulevaisuudessa kartoittamaan lisäämällä maastoinventoinnissa kerättäviin tietoihin kohta taimen sijainnista mättään sisällä. Sijaintitiedolla kuvataan siis sitä, kuinka paljon taimen ympärillä on kivennäismaata, joka riittävän leveänä kaistaleena ehkäisee tukkimiehentäin tuhoja.

Tuhoista sekä pituuksista ja keskikasvuista kerätyt tiedot ovat informatiivisempia ja paremmin hyödynnettävissä tulevaisuudessa, kun ne toimivat vertailupohjana uusissa inventoinneissa kerätyille tiedoille. Voidaan esimerkiksi vertailla, onko heti ensimmäisenä vuotena tuhoista kärsineiden taimien pituuskasvu häiriintynyt tai onko alussa lyhyemmäksi jääneiden taimien pituuskasvu kärsinyt entisestään kilpailun koventuessa.

Paikkatieto-ohjelmalla tehdyt analyysit tilajärjestyksen ja taimienvälisen etäisyyden osalta eivät ilman taustatietoja ja anna välttämättä kovinkaan hyödyllistä tie-

toa koealoista ja kestokokeista. Analyysit ovatkin tarkoitettu käytettäväksi yhdessä muun tiedon kanssa sekä johtopäätösten tekemisen tueksi. Esimerkiksi taimien välisen keskimääräisen etäisyyden laskennassa pitäisi laskettaessa huomioida etäisyys useampaan kuin yhteen lähimpään taimeen, jolloin se kuvaisi paremmin todellista tilannetta eikä taimien ryhmittäisyys vaikuttaisi tuloksiin niin selkeästi.

LÄHTEET

Bianchi, S., Huuskonen, S., Hynynen, J., Oijala, T., Siipilehto, J. & Saksa, T. 2021. Development of young mixed Norway spruce and Scots pine stands with juvenile stand management in Finland. Verkkosivu. Julkaistu 29.6.2021. Luettu 23.3.2022. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2021101150555>

FSC Suomi. n.d. FSC Suomen historia. Verkkosivu. n.d. Luettu 28.2.2022. <https://fi.fsc.org/fi-fi/fsc-suomen-historia>

Gisgeography. n.d. What is a Voronoi Diagram. Verkkosivu. n.d. Luettu 3.5.2022. <https://gisgeography.com/voronoi-diagram-thiessen-polygons/>

Korhonen, K.T., Ihalainen, A., Ahola, A., Heikkinen, J., Henttonen, H.M., Hottanen, J.-P., Nevalainen, S., Pitkänen, J., Strandström, M. & Viiri, H. 2017. Suomen metsät 2009–2013 ja niiden kehitys 1921–2013. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 59/2017. Luettu 23.3.2022. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/540537>

Lindberg, H. & Nygren, M. 2017. Metsäkoulu. 9 painos. Metsäkustannus Oy, 21, 343.

Luonnonvarakeskus. n.d. Sekametsät. Verkkosivu. n.d. Luettu 28.2.2022. <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/sekametsat/>

Luonnonvarakeskus. n.d. Metsänjalostus. Verkkosivu. n.d. Luettu 23.3.2022. <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/metsanjalostus/>

Luonnonvarakeskus. 2020. Sekametsien kasvatusmallit. Verkkosivu. Julkaistu 1.4.2020. Luettu 1.3.2022. <https://www.luke.fi/fi/projektit/sekava>

Luoranen, J., Saksa, T. & Uotila, K. 2012. Metsän uudistaminen. Metsäkustannus Oy.

Metsä Group. n.d. Sekaviljely. Verkkosivu. n.d. Luettu 23.3.2022. <https://www.metsaforest.com/fi/Metsanhoito/sekaviljely/Pages/default.aspx>

Metsäkeskus. 2021. Metsien hakkuut. Verkkosivu. Julkaistu 12.2.2021. Luettu 22.3.2022. <https://www.metsakeskus.fi/fi/metsan-kaytto-ja-omistus/metsien-kehitys-maakunnittain/metsien-hakkuut>

Metsälaki 12.12.1996/1093. Päivitetty 17.3.2022. Luettu 22.3.2022.

Metsälehti. 2019. Metsä Group ottaa sekaviljelyn palveluvalikoimaansa. Verkkosivu. Julkaistu 30.9.2019. Luettu 24.3.2022. <https://www.metsalehti.fi/uutiset/metsa-group-ottaa-sekaviljelyn-palveluvalikoimaansa/#b37e7a25>

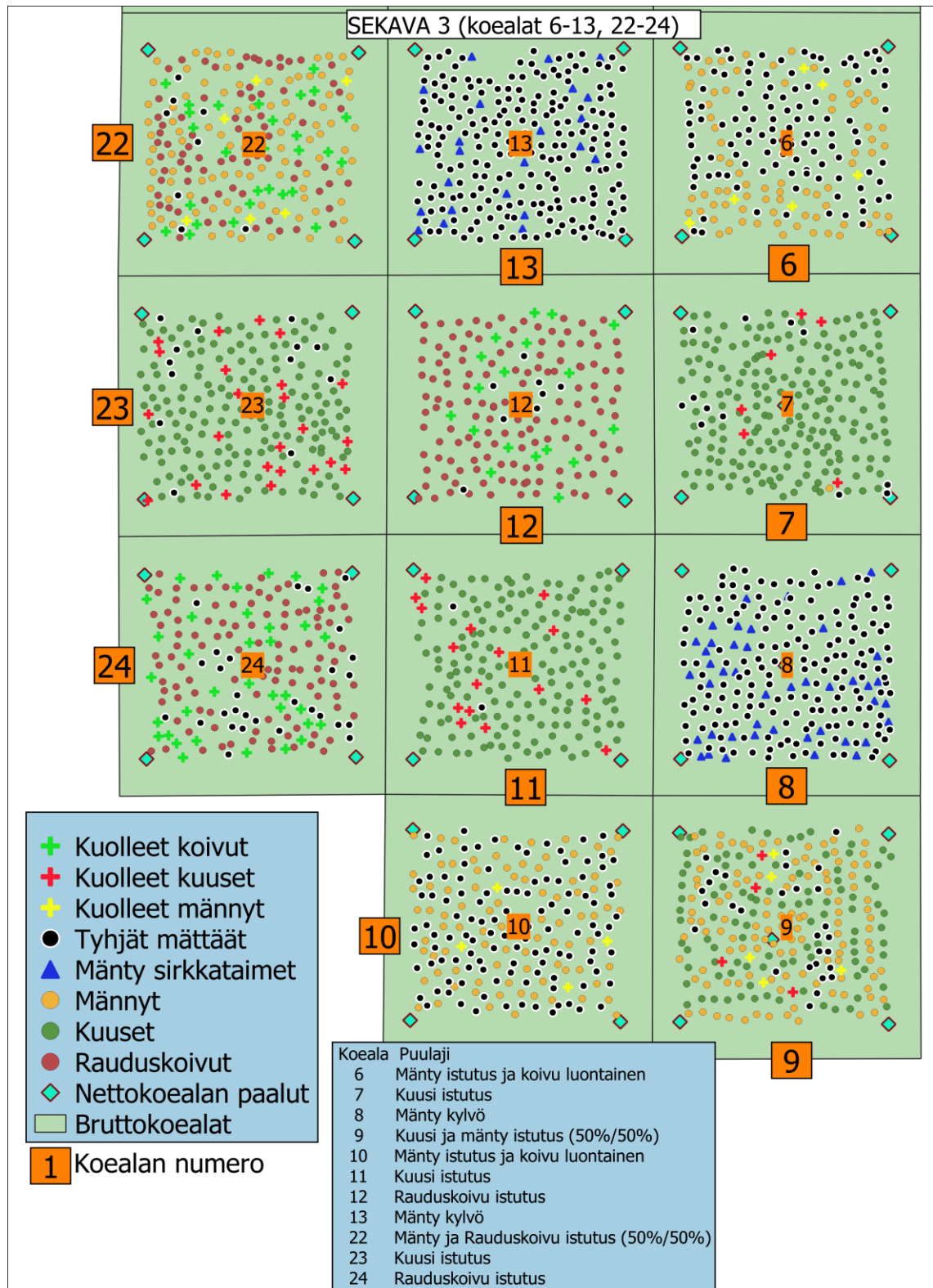
PEFC Suomi. n.d. PEFC Suomessa. Verkkosivu. n.d. Luettu 28.2.2022. <https://pefc.fi/pefc/suomessa/>

Tapio. 2021. Puulajin ja uudistamismenetelmän valinta. Verkkosivu. n.d. Luettu 22.3.2022. <https://metsanhoidonsuositukset.fi/fi/toimenpiteet/puulajin-ja-uudistamismenetelman-valinta/toteutus#section-85>

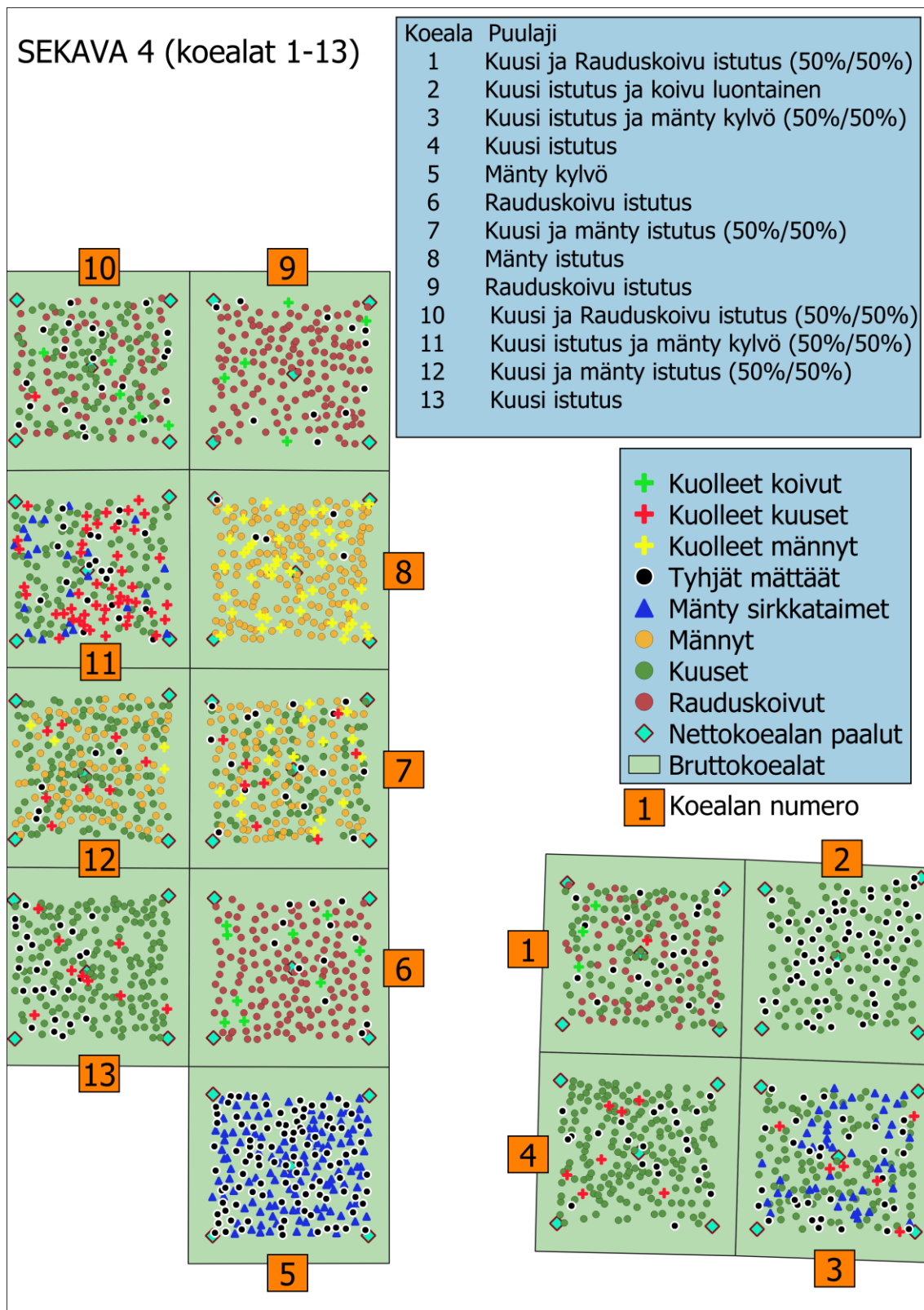
Tapio. 2020. Metsäpolitiikkafoorumi – Metsätuhojen erityisesti juurikäävän torjunta. Verkkosivu. Julkaistu 28.9.2020. Luettu 24.3.2022. <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Metsatuhojen-erityisesti-juurikaavan-torjunta-Jarkko-Hantula-Luonnonvarakeskus-Metsapolitiikkafoorumi-23.9.2020.pdf>

LIITTEET

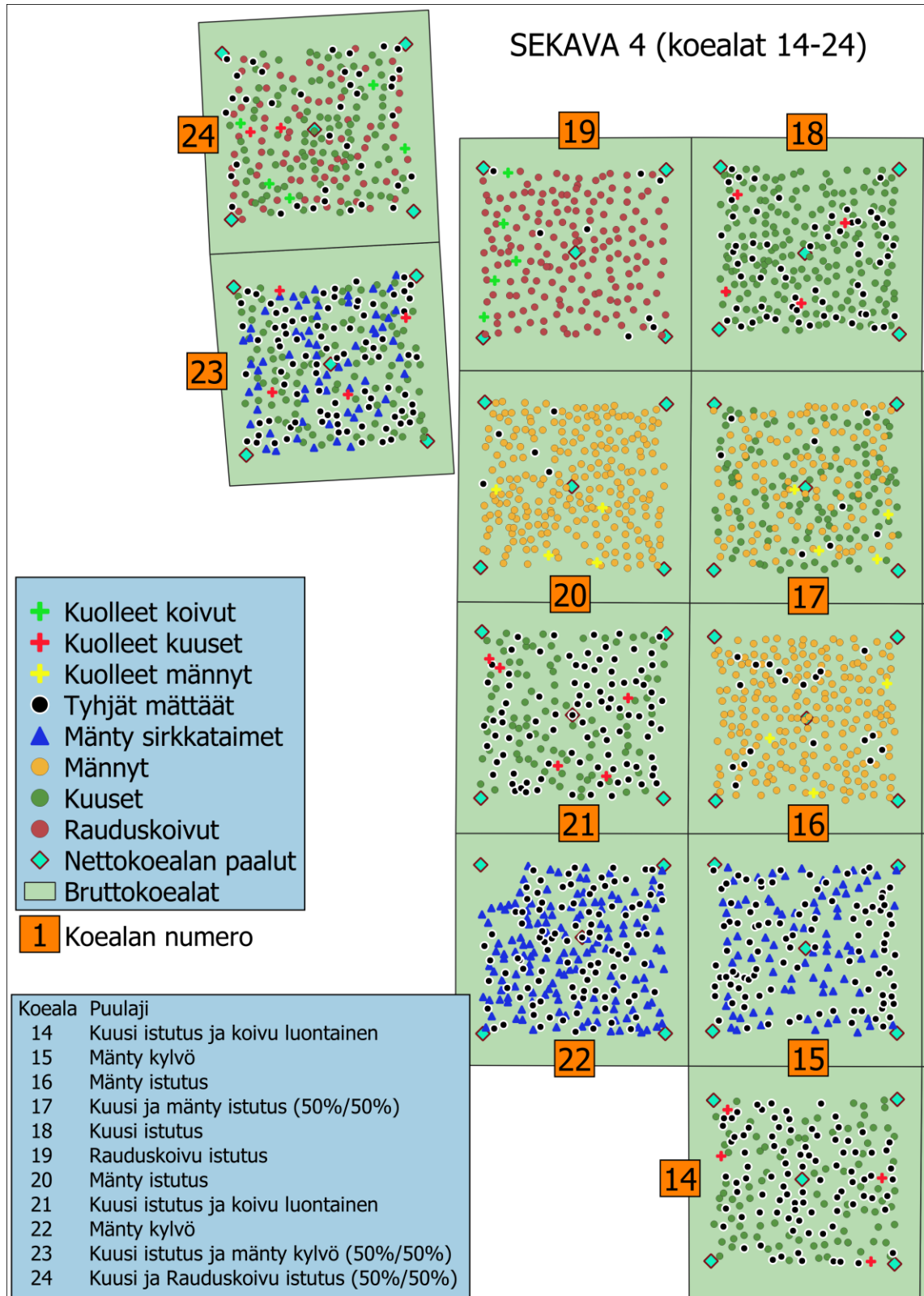
Liite 1. SEKAVA 3 kestokokeen koealat 6–13 ja 22–24.



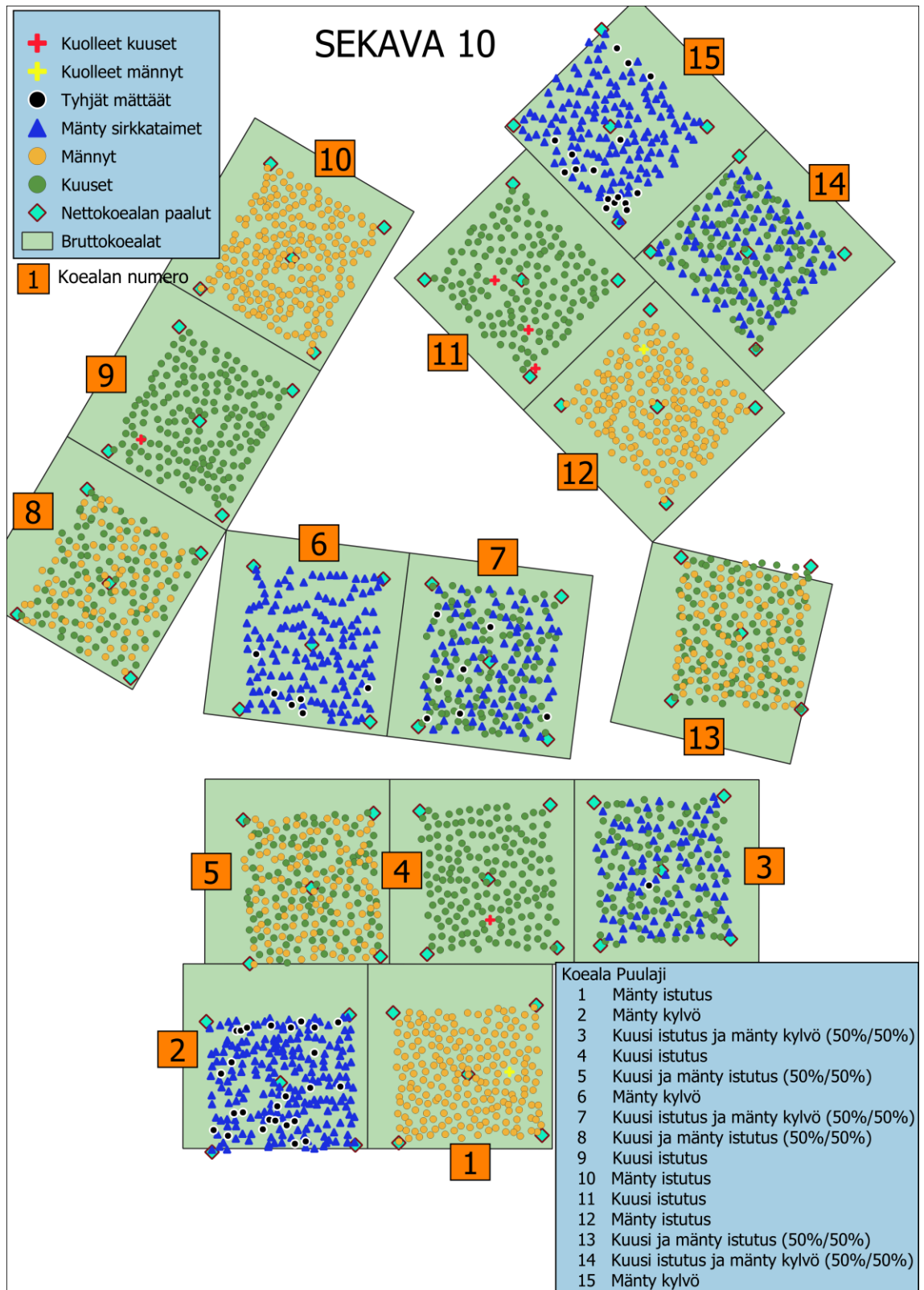
Liite 2. SEKAVA 4 kestokokeen koealat 1–13.



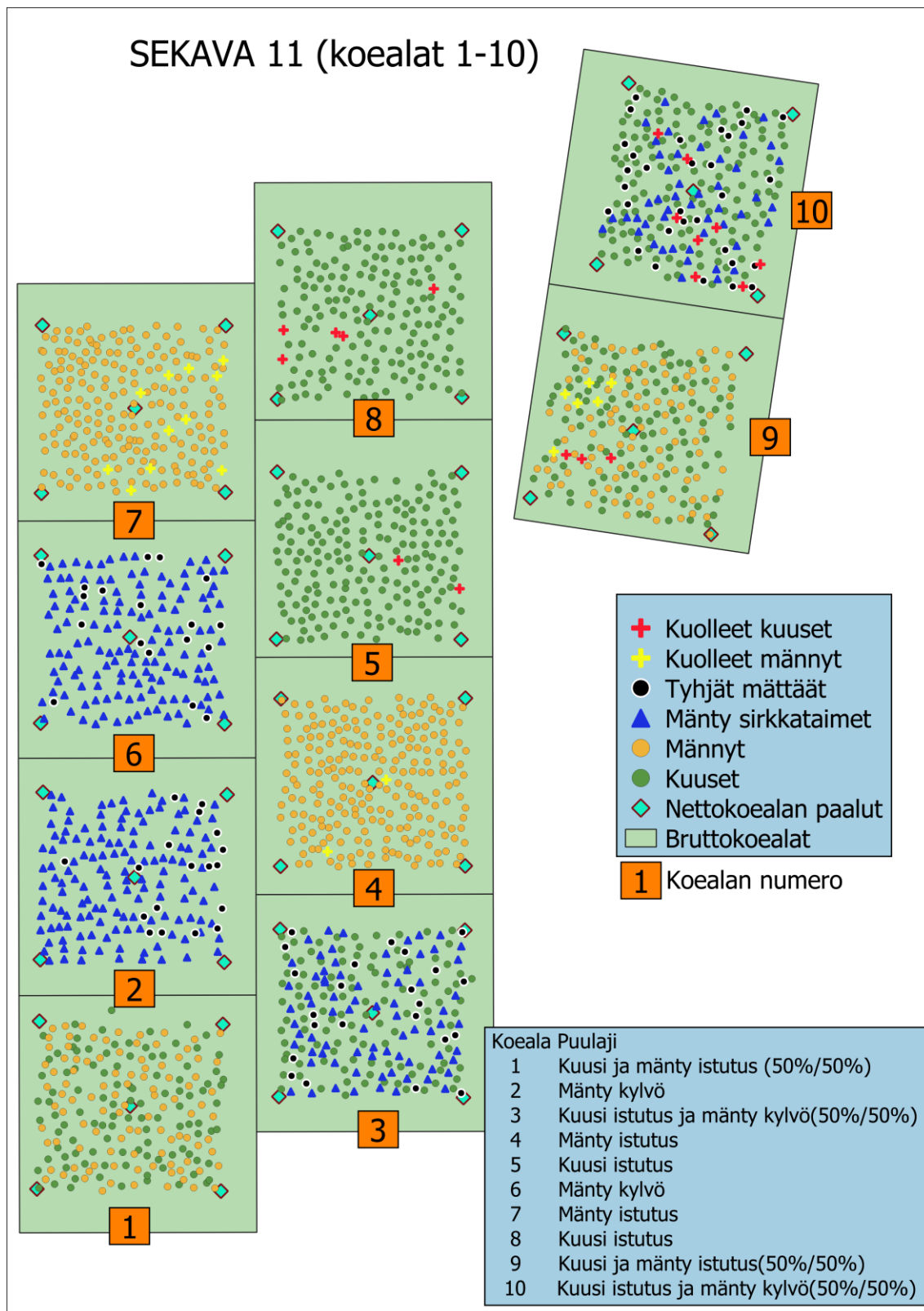
Liite 3. SEKAVA 4 kestokokeen koealat 14–24.



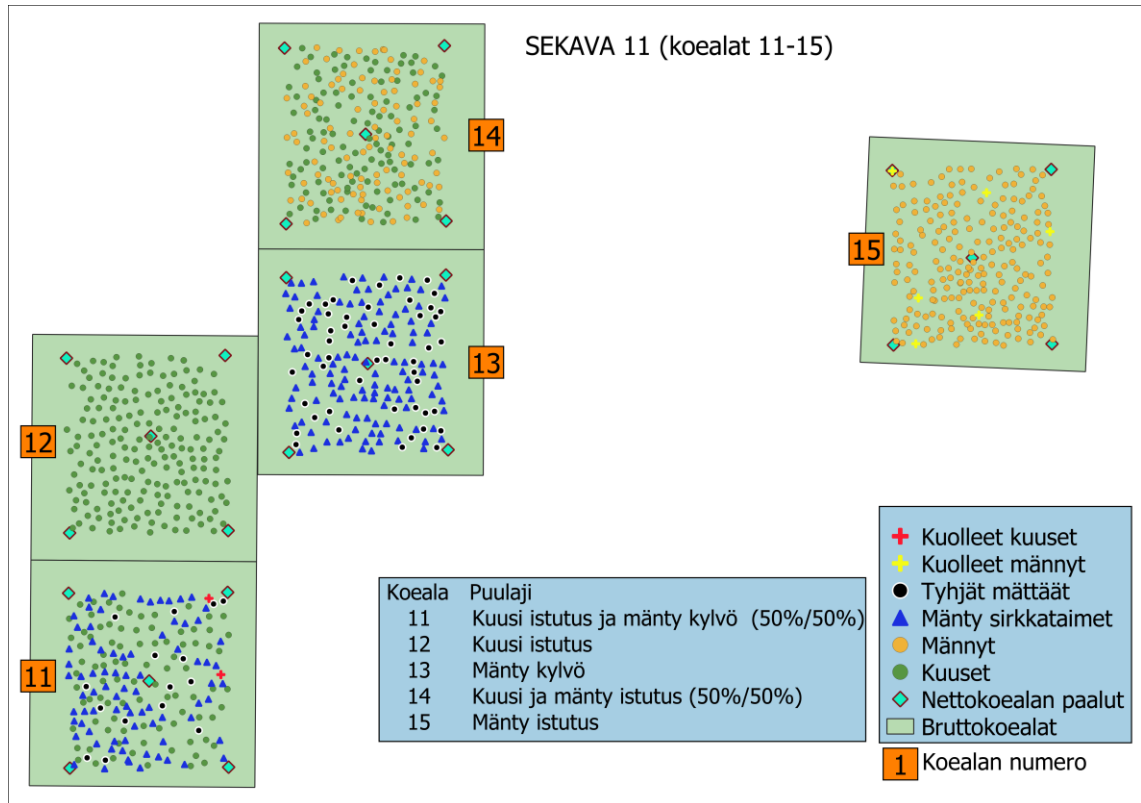
Liite 4. SEKAVA 10 kestokokeen koealat.



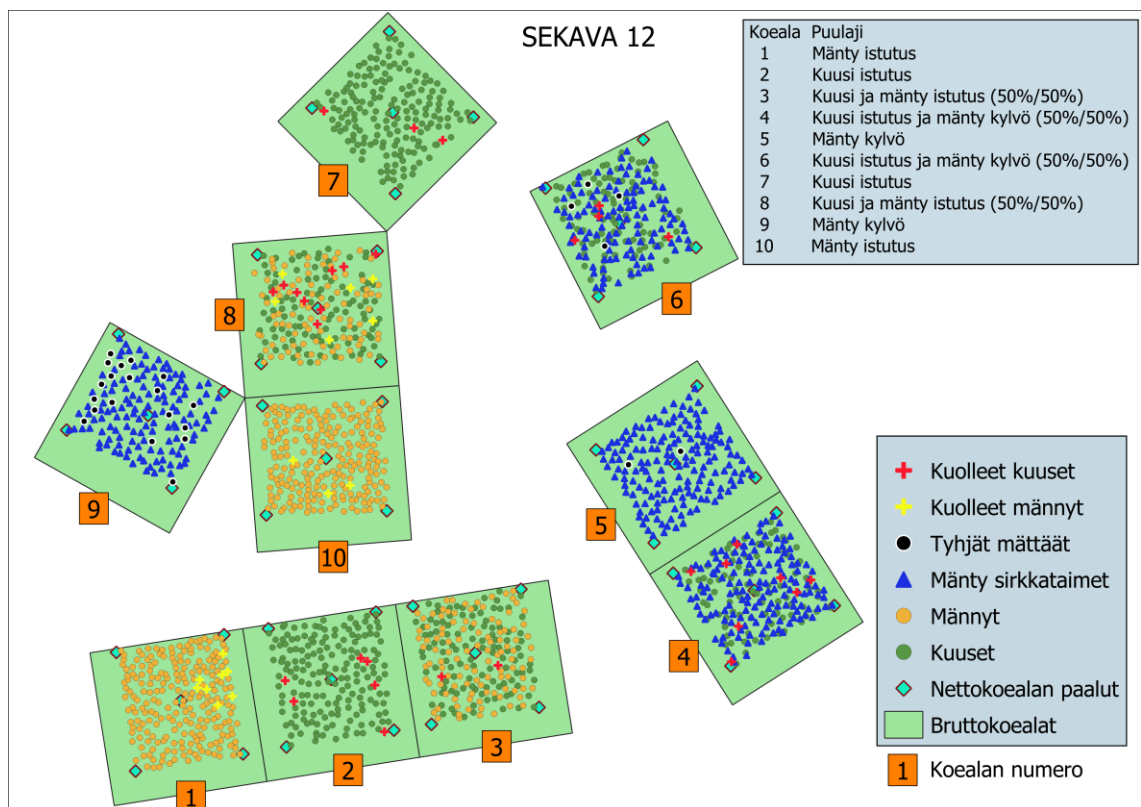
Liite 5. SEKAVA 11 kestokokeen koealat 1–10.



Liite 6. SEKAVA 11 kestokokeen koealat 11–15.



Liite 7. SEKAVA 12 kestokokeen koealat.



Liite 8. Toteutuneiden taimitiheyksien taulukon värikoodit

Taimitiheys taulukoiden värikoodien vaihteluvälit	
Taimitiheys > 100 % tavoitteesta	
Taimitiheys 90–100 % tavoitteesta	
Taimitiheys 75–89,9 % tavoitteesta	
Taimitiheys 60–74,9 % tavoitteesta	
Taimitiheys 50–59,9 % tavoitteesta	
Taimitiheys 0–49,9 % tavoitteesta	

Liite 9. SEKAVA 12 toteutuneet taimitiheydet koealoittain.

SEKAVA 12					
Koe-ala	Puulaji/käsittely	Tavoitetiheys	Taimia koealalla	Istustiheys	% tavoitteesta
1	Mänty istutus	2200	218	2180	99 %
2	Kuusi istutus	1800	169	1690	94 %
3	Kuusi ja mänty istutus	2200	217	2170	99 %
4	Kuusi istutus ja mänty kylvö	2200	245	2450	111 %
5	Mänty kylvö	2200	165	1650	75 %
6	Kuusi istutus ja mänty kylvö	2200	213	2130	97 %
7	Kuusi istutus	1800	172	1720	96 %
8	Kuusi ja mänty istutus	2200	202	2020	92 %
9	Mänty kylvö	2200	152	1520	69 %
10	Mänty istutus	2200	218	2180	99 %

Liite 10. SEKAVA 10 toteutuneet taimitiheydet koealoittain.

SEKAVA 10					
Koe-ala	Puulaji/käsittely	Tavoit-tetiheys	Taimia koealalla	Istutus-tiheys	% tavoit-teesta
1	Mänty istutus	2200	206	2060	94 %
2	Mänty kylvö	2200	203	2030	92 %
3	Kuusi istutus ja mänty kylvö	2200	195	1950	89 %
4	Kuusi istutus	1800	168	1680	93 %
5	Kuusi ja mänty istutus	2200	227	2270	103 %
6	Mänty kylvö	2200	146	1460	66 %
7	Kuusi istutus ja mänty kylvö	2200	198	1980	90 %
8	Kuusi ja mänty istutus	2200	192	1920	87 %
9	Kuusi istutus	1800	180	1800	100 %
10	Mänty istutus	2200	219	2190	100 %
11	Kuusi istutus	1800	157	1570	87 %
12	Mänty istutus	2200	193	1930	88 %
13	Kuusi ja mänty istutus	2200	223	2230	101 %
14	Kuusi istutus ja mänty kylvö	2200	203	2030	92 %
15	Mänty kylvö	2200	146	1460	66 %

Liite 11. SEKAVA 11 toteutuneet taimitiheydet koealoittain.

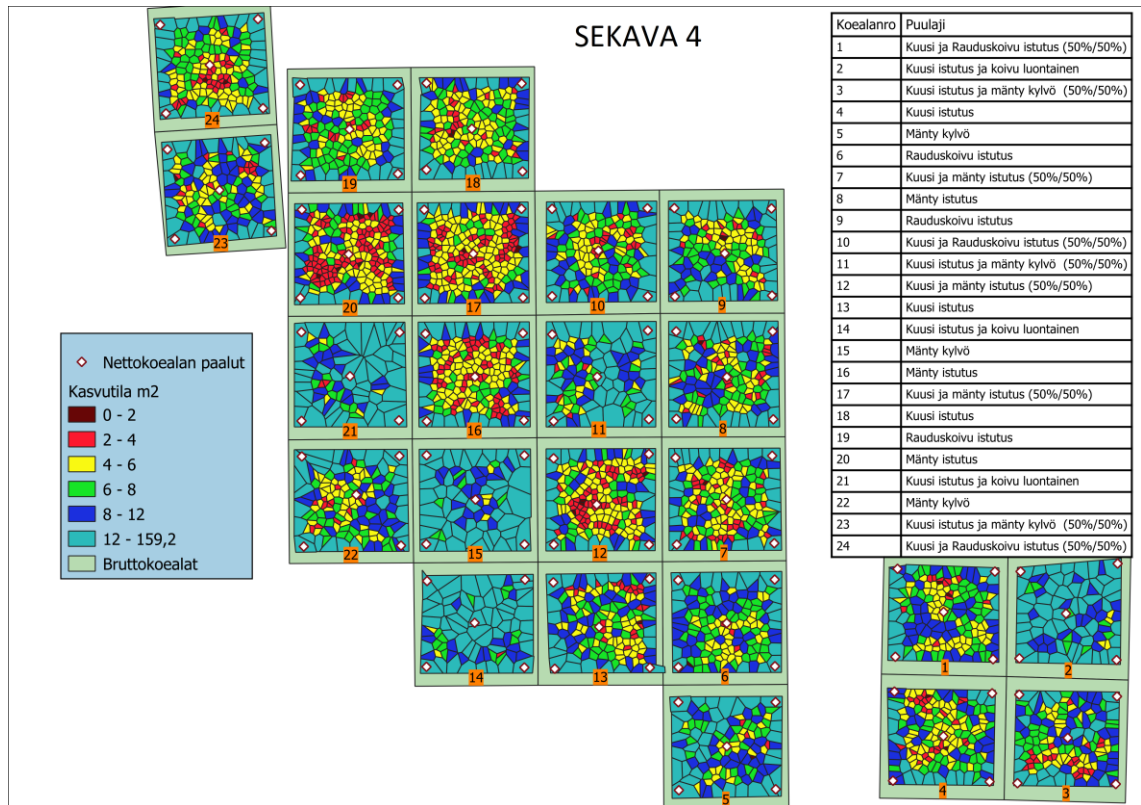
SEKAVA 11					
Koe-ala	Puulaji/käsittely	Tavoit-tetiheys	Taimia koealalla	Istutus-tiheys	% tavoit-teesta
1	Kuusi ja mänty istutus	2200	208	2080	95 %
2	Mänty kylvö	2200	139	1390	63 %
3	Kuusi istutus ja mänty kylvö	2200	185	1850	84 %
4	Mänty istutus	2200	227	2270	103 %
5	Kuusi istutus	1800	187	1870	104 %
6	Mänty kylvö	2200	136	1360	62 %
7	Mänty istutus	2200	202	2020	92 %
8	Kuusi istutus	1800	170	1700	94 %
9	Kuusi ja mänty istutus	2200	210	2100	95 %
10	Kuusi istutus ja mänty kylvö	2200	189	1890	86 %
11	Kuusi istutus ja mänty kylvö	2200	171	1710	78 %
12	Kuusi istutus	1800	192	1920	107 %
13	Mänty kylvö	2200	126	1260	57 %
14	Kuusi ja mänty istutus	2200	216	2160	98 %
15	Mänty istutus	2200	214	2140	97 %

Liite 12. SEKAVA 4:n toteutuneet taimitiheydet koealoittain.

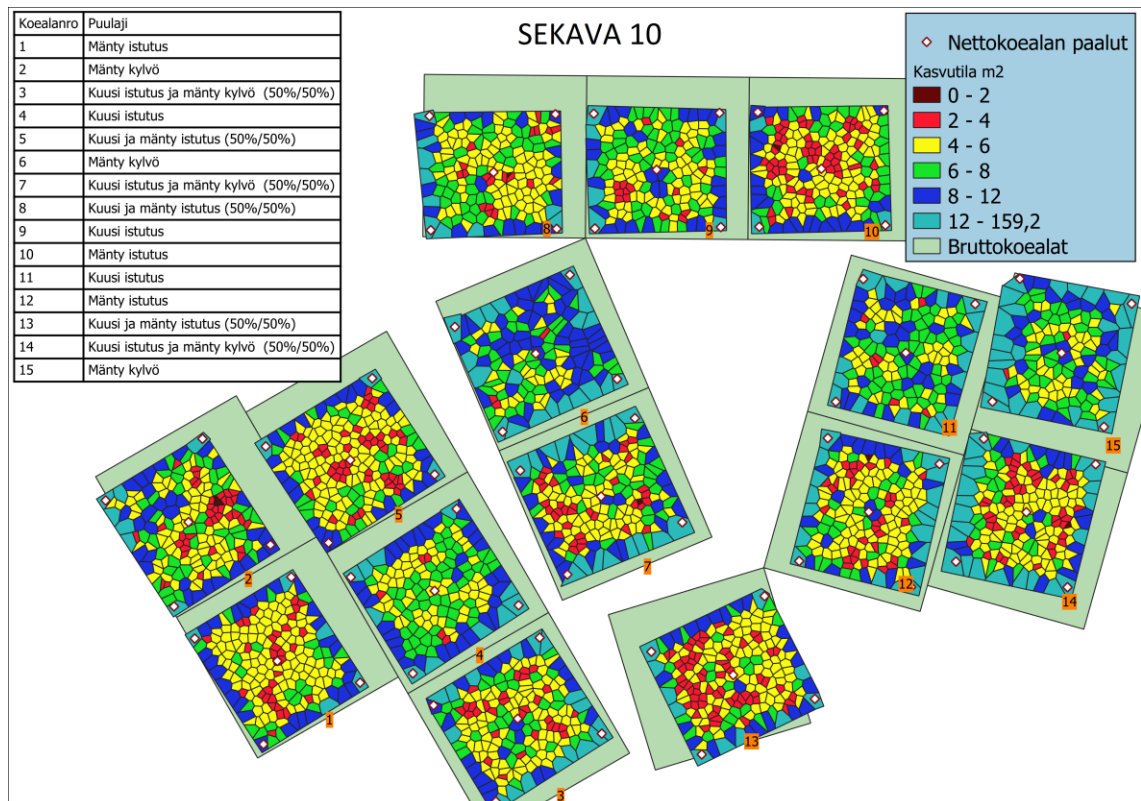
SEKAVA 4					
Koe-ala	Puulaji/käsittely	Tavoite- tiheys	Taimia koealalla	Istutus- tiheys	% tavoit- teesta
1	Kuusi ja koivu istutus	1800	163	1630	91 %
2	Kuusi istutus ja koivu luon- tainen	1800	89	890	* 99 %
3	Kuusi istutus ja mänty kylvö	2200	148	1480	67 %
4	Kuusi istutus	1800	172	1720	96 %
5	Mänty kylvö	2200	119	1190	54 %
6	Rauduskoivu istutus	1600	147	1470	92 %
7	Kuusi ja mänty istutus	2200	183	1830	83 %
8	Mänty istutus	2200	160	1600	73 %
9	Rauduskoivu istutus	1600	148	1480	93 %
10	Kuusi ja koivu istutus	1800	162	1620	90 %
11	Kuusi istutus ja mänty kylvö	2200	112	1120	51 %
12	Kuusi ja mänty istutus	2200	210	2100	95 %
13	Kuusi istutus	1800	163	1630	91 %
14	Kuusi istutus ja koivu luon- tainen	1800	84	840	* 93 %
15	Mänty kylvö	2200	80	800	36 %
16	Mänty istutus	2200	213	2130	97 %
17	Kuusi ja mänty istutus	2200	237	2370	108 %
18	Kuusi istutus	1800	181	1810	101 %
19	Rauduskoivu istutus	1600	169	1690	106 %
20	Mänty istutus	2200	233	2330	106 %
21	Kuusi istutus ja koivu luon- tainen	1800	87	870	* 97 %
22	Mänty kylvö	2200	150	1500	68 %
23	Kuusi istutus ja mänty kylvö	2200	154	1540	70 %
24	Kuusi ja koivu istutus	1800	175	1750	97 %

* Tavoitetiheyden toteutumista laskettaessa luontaisen uudistamisen koealoilla on tavoitetiheydestä vähennetty 50 % osuus, mikä vastaa tavoiteltua luontaisen taimiaineksen osuuden määrää.

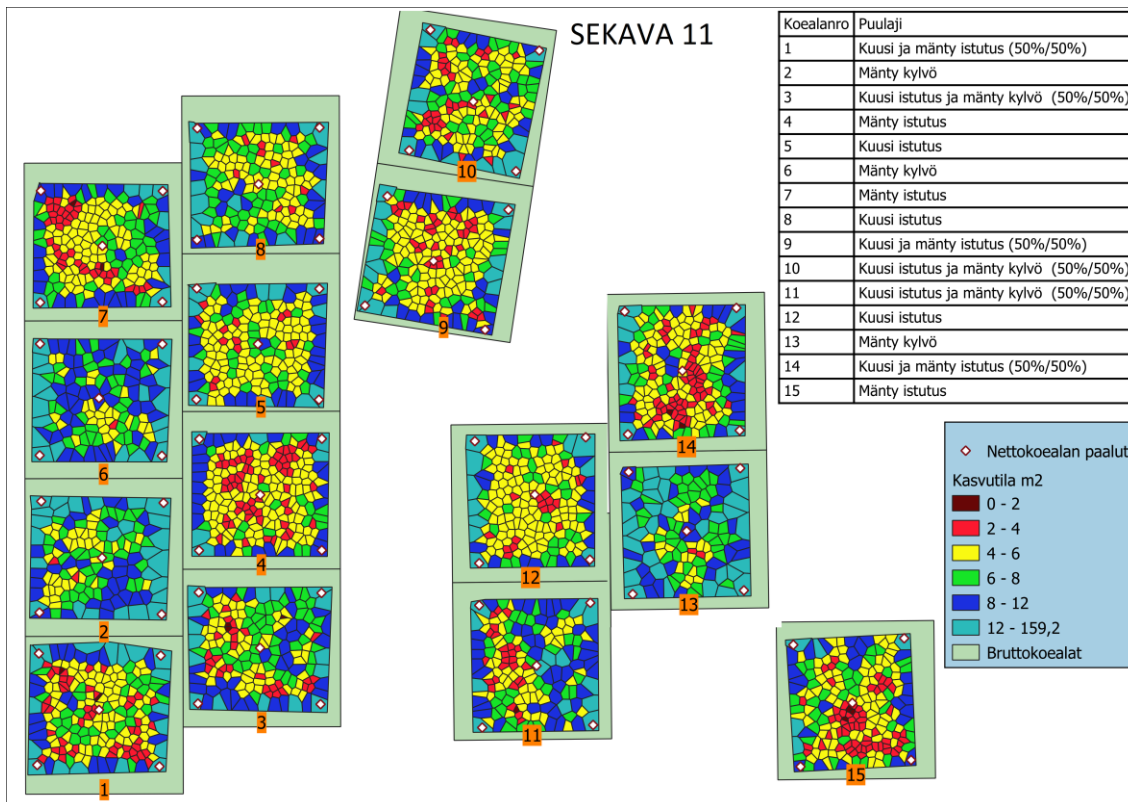
Liite 13. SEKAVA 4 kestokokeen Voronoi-analyysin mukaiset kasvutilat.



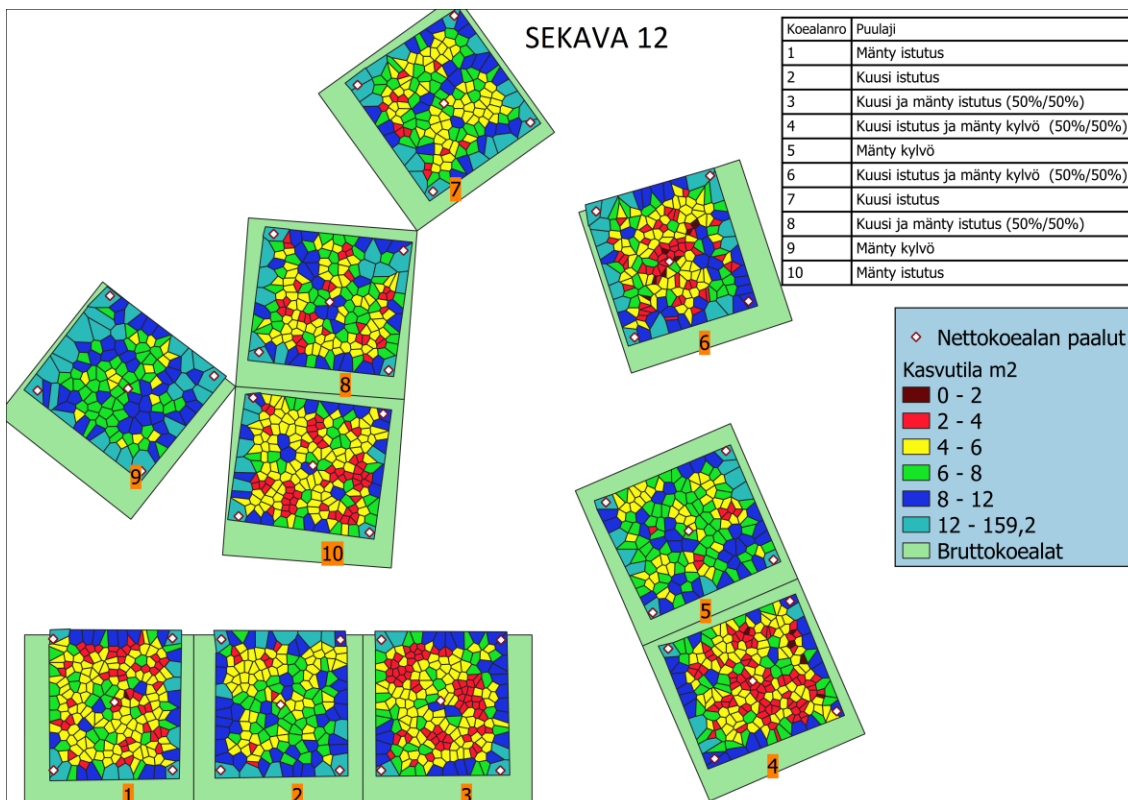
Liite 14. SEKAVA 10 kestokokeen Voronoi-analyysin mukaiset kasvutilat.



Liite 15. SEKAVA 11 kestokokeen Voronoi-analysin mukaiset kasvutilat.



Liite 16. SEKAVA 12 kestokokeen Voronoi-analysin mukaiset kasvutilat.



Liite 17. Taimituhojen syyt. Numerokoodilista, jonka mukaan taimissa esiintyvien tuhojen syyt merkattiin maastoinventoinnissa maastotallentimeen.

Tuhon syy

0 = tuhon syytä ei tunneta

1 = tuuli

ilmiasu yleensä 2

2 = lumi

ilmiasu yleensä 2 tai 5

3 = muut ilmastotekijät, vesi ja maaperätekijät

ilmenee neulasissa (halla, ravinnehäiriöt, tulva) tai rungossa (pakkanen), joskus nämä syyt tappavat puun

4 = kasvien keskinäinen kilpailu

heinittyminen tai vesittyminen taimikoissa, naapuripuiden kilpailu harventamattomissa metsissä

5 = korjuuvaurio

puuston korjuussa kolhiintuneet puut ja puiden juurivauriot

6 = muu ihmisen aiheuttama vaurio

leimausjäljet, huolimaton istutus tai kemiallinen käsittely, tuohen ja mahlan keräily ym.

7 = myyrä

myyrätuhoja ilmenee lehti- ja havupuun taimilla. Syömäjälki usein rungon alaosassa, joskus myös oksissa. Jälki karkeampi kuin tukkimiehentäillä. Ilmiasu tavallisesti 1 tai 4

8 = hirvi

hirvi syönyt, katkaissut tai kuorinut tainta, vaurio kohdistunut päärankaan tai sivuoksiin

9 = ytimennävertäjä

10 = hyönteiset

hyönteistoukkia, aikuisia tai hyönteisten syömäjälkiä

11 = tervasroso

tervasrosan ilmiasu on 1, 4, 5, 7 tai 8

12 = männynversosyöpä

13 = muut sienituhot

muun sienen kuin tervasrosan tai männynversosyövän tuho. Esiintyy sienien itiöemiä, lahoa tai rihmastoja. Esimerkkejä: maannousema, männynversoruoste, kuusen suopursuruoste ja lumikariste.

Liite 18. Taimen terveydentila. Terveystilaa tai tuhon ilmiä kuvaavat numerokoodit.

Terveydentila (tuhon ilmiä)

0 = terve puu

puussa ei ole tuhoa tai vauriota

1 = kuollut pystypuu

puussa ei ole jäljellä tuoreita oksia, luonnonpoistumapuu

2 = kaatunut tai katkennut puu

puu on kaatunut tai katkennut elävän latvuksen puolenvälin alapuolelta. Puu voi olla elävä tai luonnon-poistumapuu

3 = puussa lahoa

lahottajasiementen vaivaaman puun vaurion syntyä tai muuten lahovian alkaminen määräävät, käytetäänkö numero- vai kirjainkoodia

4 = runkovaurio

rungon pintaan tai juuristoon metrin säteellä rungosta kohdistuneet vauriot.

Vaurio voi olla sienien aiheuttama koro, eläimen syömäjälki tai puunkorjuussa syntynyt vaurio

5 = latva poikki tai kuollut

pääranka katkennut tai kuollut elävän latvuksen ylemmän puolikkaan alueella eikä latvanvaihto ole korjannut tuhoa

6 = latvan vaihto, monilatvaisuus tai muu latvan epämuodostuma

puun latvaosassa selvä latvanvaihto tai puu monilatvainen, "kasvuhäiriön" tai muu taudin, vaurion tai kilpailun aiheuttama latvan epämuodostuma. Luokkaan kuuluu myös vain oksien kohdistunut hirvituho tai muu oksien vaurio

7 = neulas- tai lehtikatoa elävissä kasvaimissa

puusta kuollut neulasia puun ulkopuolisen syyn takia. Ulkopuolisia syitä eivät ole esim. puun ikä tai hede-kukinnan aiheuttama puun vähäneulaisuus

8 = neulasten tai lehtien poikkeava väri

neulasten tai lehtien väri on epänormaali puun ikään, kasvupaikkaan tai vuodenaikaan nähden. Värivikoja voivat aiheuttaa mm. ravinnehäiriöt, sienitaudit, pakkaneen tai ilman epäpuhtaudet

Jos puulla esiintyy useita tuhotyyppejä, niistä merkitään puuntuotannollisesti merkityksellisin.

Liite 19. Tuhon aste. Taimessa havaitun tuhon aste, eli vaikutus taimen terveydentilaan tulevaisuudessa.

Tuhon aste

0 = ohi mennyt
aiempi tuho on jo korjautunut

1 = ohimenevä
ohimenevä tuho hidastaa puun kehitystä, muttei aiheuta vaurioita puutavaraan

2 = vaurioita jättävä
tuho alentaa saatavan puutavaran määrää tai laatua

3 = tappava tai puu on jo kuollut