



Euroopan unionin
osarahoittama

Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027 EU:n alue- ja rakennepolitiikan ohjelma

Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR)



Pohjois-Savon liitto
Regional Council of Pohjois-Savo

Loppuraportti

20.2.2026 Dnro: EURA 2021/400962/09
02 01 01/2022/PSL

Tila: Valmis

Tunnistetiedot

Hankekoodi
A80051

Saapumispäivämäärä
20.2.2026

1. Rahoittava viranomainen

Pohjois-Savon liitto

2. Tuensaajan tiedot

Tuen saajan virallinen nimi
Luonnonvarakeskus

Y-tunnus
0244629-2

2.1 Seurannan yhteyshenkilö

Etunimi
Minna

Sähköposti
minna.kivimaenpaa@luke.fi

Sukunimi
Kivimäenpää

Puhelinnumero
+358 295 322 623

3. Hankkeen perustiedot

Hankkeen julkinen nimi
Ilmastokestävät ja hiiltä sitovat puuntaimet

Toimintalinja
2 Hiilineutraali Suomi

Erityistavoite
2.2 Ilmastonmuutokseen sopeutumisen, riskien ehkäisemisen ja katastrofivalmiuden ja -
palautuvuuden edistäminen

4. Tiivistelmä

Hankkeen tulosten julkinen tiivistelmä. Mitä tavoiteltiin ja miten siinä onnistuttiin?

Hanke edisti metsänviljelyn hiilineutraaliustavoitteita testaamalla turvetta korvaavia, osin kiertotalouspohjaisia kasvualustoja kuusen taimikasvatuksessa sekä selvittämällä ilmastomuutoksen vaikutuksia metsänviljelytaimiin. Toteutus yhdisti tuotantomittakaavan taimikasvatuskokeet, ilmastomuutosta simuloivat kenttäkokeet stressitestikentällä, hyperspektrikuvausten menetelmäkehityksen sekä aktiivisen tiedonvälityksen sidosryhmille.

Keskeiset tavoitteet:

1. arvioida turvetta korvaavien kasvualustojen vaikutus kuusen taimien laatuun ja saantoon tuotantomittakaavassa
2. selvittää ilmaston lämpenemisen ja maaperän kosteuden vaikutuksia kuusen metsänviljelytaimien istutuksenjälkeiseen kasvuun, hiilensidontaan ja ilmastokestävytyteen
3. tutkia kuusen taimien jalostusasteen (jalostetut vs. maataisalkuperät) merkitystä kasvuun, hiilensidontaan ja ilmastokestävytyden vasteissa
4. testata turvetta korvaavien kasvualustojen vaikutusta kuusen taimien istutuksenjälkeiseen menestymiseen ja ilmastokestävytyteen ilmastomuutosta simuloivissa olosuhteissa
5. kehittää hyperspektrikuvausta ilmastostressin varhaiseksi tunnistustyökaluksi
6. välittää tulokset sidosryhmille ilmastokestävytyden vahvistamiseksi ja hiilineutraaliuden edistämiseksi.

Toteutus:

Kasvualustakokeet tehtiin Luonnonvarakeskuksen (Luken) Suonenjoen muovikasvihuoneessa tuotantomittakaavassa (n. 35 000 tainta). Testatut alustat olivat: turve (kontrolli), rahkasammal (S), rahkasammal lisätyypellä (S+N), turve-puukuitu (TP), rahkasammal-puukuitu (SP), rahkasammal-puukuitu lisätyypellä (SP +N), rahkasammal-mädätejäännös (SM) ja puukuitu-mädätejäännös (PM).

Ilmastokestävytyttä tutkittiin uudella stressitestikentällä, jossa maaperää ja taimien versoja lämmitettiin (+2 °C ja +5 °C) maahan kaivetuille kaapeleilla ja infrapunalämmittimillä. Kastelukäsittely toteutettiin tihkukastelulla; puolet koeruuduista sai lisäkastelua ja puolet oli luonnon sadannan varassa. Ensimmäisessä kokeessa (2023–2024) mukana oli 11 metsänviljelytaimierää neljältä taimitarhalla, toisessa (2024–2025) tutkittiin kasvualustataimia sekä jalostettujen risteytysalkuperien eroja suhteessa maataisalkuperään. Kenttämittauksiin kuuluivat taimien kaasunvaihto ja klorofyllifluoresenssi, juurten hengitys, hiili? ja typpipitoisuudet, kasvu ja biomassat, fenologia sekä sienijuuren määrää kuvaavat ergosteroli- ja itiöemämittaukset.

Hyperspektrikuvauksella mitattiin kasveista valon heijastumista eli reflektanssia kapeilla aallonpituuskaistoilla kasvien kunnan arvioimiseksi. Kuvauksia tehtiin kasvualustataimista sekä kasvatuksen lopussa taimikenoissa että stressitestikentällä. Lisäksi kehitettiin menetelmä neulasten pintalämpötilan arviointiin lämpökameralla hyödyntäen märkiä ja kuivia suodatinpapereita referensseinä.

Keskeiset tulokset:

Kasvualustat ja taimisaanto: Viisi vaihtoehtoista kasvualustaa (S, S+N, TP, SP+N, SM) tuotti turpeeseen verrattavia määriä myyntikelpoisia kuusen taimia. Rahkasammal-puukuitus eoksessa (SP) taimet jäivät liian lyhyiksi. Puukuitu-mädätejäännösseoksessa (PM) karkean puukuidun suuri osuus teki kasvualustan rakenteesta liian läpäisevän soveltuakseen paakkutaimituotantoon. Turpeessa kasvatetut taimet olivat tasakokoisimpia. Puukuitu vähensi pituus- ja paksuuskasvua kaikissa seoksissa. Taimisaanto, eli myyntikelpoisten taimien osuus, ei poikennut turpeesta kasvualustoissa S, S+N, TP, SP, SP+N, SM. Lyhyiden taimien osuus oli suurempi alustoissa SP, SP+N ja SM, ja niissä juuri-versosuhde oli vastaavasti korkeampi. Merkittävin laatuun vaikuttava tekijä kaikissa kasvualustoissa oli neulasten värivirhe, joka ilmeni talvivarastoinnissa ulkona.

Maastomenestys ja ilmastovasteet: Stressitestikentän alkuvaiheen maastomenestys oli erittäin hyvä kaikissa kokeissa, taimet juurtuivat hyvin ja erot taimien kunnossa olivat vähäisiä. +5 °C lisäsi biomassaa ja hiilen kertymistä kaikissa kasvinosissa metsänviljelytaimaineistossa. Lämpeneminen nosti neulasten klorofyllin fluoresenssin Fv/Fm arvoa, lisäsi neulasten vihreyttä ja vähensi värikoja; vaurioiden aste pieneni. Lämpeneminen lisäsi juurten hengitystä siinä

määrin, että juurten vapauttama hiili ylitti niihin sitoutuneen, heikentäen taimien hiilitasetta. Mykorritsojen itiöemät ja juurten ergosteroli vähenivät +5 °C käsittelyssä, mikä indikoi sieniosakkaan vähenemistä juurissa.

Kuivuuden vaikutuksia ei voitu arvioida koekesien sateisuuden vuoksi. Sen sijaan lisäkastelu (mallintaa sadannan lisääntymistä) pienensi versojen biomassan kertymistä, alensi terveiden taimien osuutta, vaalensi neulasia ja viivästytti kasvuunlähtöä seuraavana keväänä. Puukuitua sisältävien alustojen taimet olivat istutusvuoden lopussa lyhyempiä ja tyviläpimitaltaan pienempiä, vaikka istutusvuonna kasvaneen verson biomassassa ei ollut eroja. +5 °C lämpötila ja sadanta alensivat pituuskasvua ja tyviläpimittaa sammalpuukuituseoksessa, mikä viittaa puukuidulle tyypillisen typen immobilisaation mahdolliseen voimistumiseen olosuhteissa, joissa lämpö ja sadanta lisääntyvät. Kasvualustan vaikutus taimikasvustusvaiheessa voi siis näkyä ensimmäisenä istutusvuotena taimien pituudessa ja stressinkestossa, mutta vaihtoehtoisista kasvualustoista on löydettävissä vaihtoehtoja, joilla ei ole haitallisia vaikutuksia.

Jalostusasteen merkitys: Jalostuserien taimilla oli taimikasvustusvaiheessa pienempi juuri-verso?suhte kuin verrokeilla, mitä selitti osin jälkikasvuisten taimien suuri osuus. Jalostettujen ja maatiaisalkuperien ilmastovasteet olivat pääosin samanlaisia, mutta korkeimman jalostushyödyn erissä esiintyi enemmän magnesiuminpuutosoireita ja taimet olivat väriltään haaleampia.

Hyperspektrikuvaus: Menetelmä toimi ilmastostressin tunnistamisessa, mutta oli kenttäoloissa hidas ja olosuhderiippuvainen (tuulettomuus, sateettomuus, tasaiset valo-olosuhteet, rikkakasvien poisto). Stressi näkyi reflektanssin nousuna näkyvän valon alueella (400–700 nm), punaisen reunan vyöhykkeellä (680–750 nm) ja vihreän valon huipussa (~550 nm), mikä liittyi pigmenttipitoisuuksiin ja fotosynteesin toimintaan. Myös lähipuna (750–1000 nm) reagoi, mutta vaatii neulasten rakennetason analyysijä tulkin varmentamiseksi. Menetelmä on erityisen arvokas, kun muutoksia ei vielä näy visuaalisesti, kun analysoidaan suuria taimimääriä kerralla tai korvataan työläitä kemiallisia/anatomisia analyysijä. Jos tieto saadaan muuten helpommin ja edullisemmin, hyperspektrin käyttöä ei suositella.

Miten tavoitteissa onnistuttiin?

Tavoite 1 (kasvualustat ja taimisaanto tuotantomittakaavassa) toteutui: viisi vaihtoehtoa oli turpeeseen verrattavia taimisaannon ja laadun näkökulmasta. Puukuidun ja mädätejäännöksen seos ei sovellu kuusen paakkutaimituotantoon, ja sammalen ja puukuidun seos vaatii typpilannoituksen.

Tavoite 2 (ilmaston vaikutukset metsänviljelytaimiin) toteutui lämpenemisen osalta; kuivuuden osalta ei sateisuuden vuoksi. Lämpeneminen (+5 °C) lisäsi biomassaa ja paransi neulasten fysiologista tilaa, mutta juurten hengitys heikensi hiilitasetta.

Tavoite 3 (jalostusasteen vaikutus) toteutui: jalostettujen risteytyserien ilmastovasteet olivat pääosin samanlaisia kuin maatiaistaimilla, mutta jalostuksen vaikutuksia ravinnedynamiikkaan ja jälkikasvuisuuteen on syytä tutkia lisää.

Tavoite 4 (kasvualustataimien maastomenestys ja ilmastokestävyuden testaus) toteutui: maastomenestys oli hyvä, lämpeneminen vähensi vaurioita ja lisäsi vihreyttä; puukuitu toi kasvun hienoista hidastumista. Lisääntynyt sadanta heikensi taimien kasvua ja kuntoa.

Tavoite 5 (hyperspektrin kehittäminen) toteutui: menetelmä validoitiin, rajaukset ja käyttökelpoiset spektrialueet tunnistettiin.

Tavoite 6 (viestintä) on toteutui osittain, sillä avoimesti julkaistava Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus -julkaisusarjassa julkaistava raportti "Ilmastokestävät ja hiiltä sitovat taimet.

Hankkeen loppuraportti" ilmestyy vasta hankkeen päätyttyä, mutta hankkeessa toteutettiin 40 viestintätoimeja, joissa tuloksia viestittiin sidosryhmille.

Johtopäätökset ja suositukset:

Hanke osoitti, että osa turvetta korvaavista kasvualustoista, erityisesti turpeen, sammalen ja puukuidun seokset, ovat teknisesti käyttökelpoisia ja voivat tuottaa turpeeseen verrattavia määriä laadukkaita, ilmastokestäviä taimia. Puukuidun käytössä tulee huomioida typen immobilisaation riski lämpenevässä ja kosteammassa ilmastossa. Jatkokehittämisessä korostuvat komponenttien hienojakoisuus, koneiden säädöt ja lannoituksen optimointi. Pohjois-Savossa käytettävä metsänviljelyaineisto osoittautui ilmastokestäväksi. Hyperspektrikuvaus todettiin käyttökelpoiseksi mutta olosuhderiippuvaiseksi stressin varhaisen tunnistamisen menetelmäksi, joka soveltuu toistaiseksi paremmin tutkimukseen kuin taimitarhatuotantoon.

Stressitestikenttä verifioitiin toimivaksi ilmastonmuutostutkimuksen alustaksi, ja jatkokehitystarpeiksi tunnistettiin ukonilmalle vähemmän herkäät langattomat anturit sekä sadekatokset kuivuuskokeiden mahdollistamiseksi. Lisäselvityksiä tarvitaan jalostuksen vaikutuksista taimien ravinnedynamiikkaan.

Vaikutus:

Tulokset tukevat taimituottajien ja kasvualustavalmistajien tietoon perustuvaa päätöksentekoa kohti hiilineutraaliutta sekä vahvistaa näiden kilpailukykyä mm. kansainvälisillä markkinoilla. Hankkeen kokonaisvaikutus on kaksiosainen: se vähentää turpeen tarvetta ja siten edistää hiilineutraaliustavoitteita, sekä vahvistaa metsänuudistamisen onnistumista pitkällä aikavälillä tukemalla laadukkaan, ilmastokestävän taimiaineksen tuotantoa.

Yhteenvedona: Hanke saavutti tavoitteensa ja tuotti ensimmäiset tuotantomittakaavan todisteet turvetta korvaavien kasvualustojen toimivuudesta kuusella sekä niissä kasvatettujen taimien maastomenestyksestä ja ilmastokestävyydestä. Se lisäsi ymmärrystä lämpenemisen ja lisääntyneen sadannan vaikutuksista taimikasvuun ja hiilitaseeseen, tunnisti jalostusasteen merkityksen, kehitti stressin mittaamenetelmiä ja tarjosi käytännön suosituksia tuottajille.

Hankkeen tulosten julkinen englanninkielinen tiivistelmä

The project advanced carbon neutrality targets in forest regeneration by testing peat-replacing growing media—partly based on circular economy materials—in seedling production and by assessing the impacts of climate change on Norway spruce seedlings. Implementation combined large-scale nursery trials, controlled field experiments in a climate stress test facility, method development in hyperspectral imaging, and knowledge dissemination to stakeholders.

Objectives and approach. The project aimed to quantify the effects of warming and soil moisture on first-year spruce seedlings, assess the role of genetic improvement, evaluate peat-replacing substrates at nursery scale, test field performance and climate resilience of seedlings grown in those substrates, develop hyperspectral imaging for early stress detection, and communicate results and actions to stakeholders. Nursery trials involved ~35,000 seedlings grown in peat (control), sphagnum (S), sphagnum with added N (S+N), peat–wood fibre (TP), sphagnum–wood fibre (SP), sphagnum–wood fibre with N (SP+N), sphagnum–digestate (SM), and wood fibre–digestate (PM). Field warming treatments raised soil and canopy temperatures by +2 °C and +5 °C using buried cables and IR heaters; drip irrigation provided supplemental watering to half of the plots.

Key findings. Five substrates (S, S+N, TP, SP+N, SM) produced marketable seedling yields comparable to peat. SP produced shorter seedlings; PM was unsuitable structurally. Warming by +5 °C increased biomass and carbon accumulation in all organs and improved physiological status (higher chlorophyll fluorescence Fv/Fm, greener needles) while not increasing frost or disease damage. Root respiration increased under warming, causing root carbon release to exceed uptake and thus weakening seedling carbon balance; mycorrhizal indicators (fruiting bodies, root ergosterol) decreased under +5 °C. Due to a rainy season, drought effects could not be assessed; instead, supplemental irrigation—analogue to increased precipitation—reduced shoot biomass accumulation, decreased the likelihood of late-season shoot formation, lowered the share of healthy seedlings, paled needles, and delayed spring growth onset. Combined warming and irrigation reduced height and stem diameter particularly in sphagnum–wood fibre, consistent with nitrogen immobilization typical of wood fibre under warmer and wetter conditions. Genetically improved crosses differed from landrace material in warming responses and carbon balance, supporting breeding strategies for future climates.

Hyperspectral imaging. The method detected climate stress reliably but is slow and condition-dependent in the field. Stress manifested as increased reflectance in the visible range (400–700 nm), the red-edge (680–750 nm), and the green peak (~550 nm), reflecting pigment and photosynthesis changes; the near-infrared (750–1000 nm) also responded, warranting anatomical analyses for full interpretation. Hyperspectral imaging is most valuable when visual symptoms are absent, when screening large seedling cohorts, or when substituting laborious chemical/anatomical assays.

Communication and uptake. Communication achieved partial completion, with 40 dissemination actions carried out. Recommendations on peat substitution and nursery practice optimization have been clarified and shared with stakeholders. A final report, "Climate-resilient and carbon-sequestering seedlings. Project final report," will be published in the Natural Resources and Bioeconomy Studies series and will be freely available.

Conclusion. The project largely met its goals. It delivered the first production-scale evidence of the feasibility of peat-replacing substrates for spruce, demonstrated comparable field performance and climate resilience, deepened understanding of warming impacts on growth and carbon balance, provided new insights into the effects of increased precipitation, highlighted the role of genetic improvement, advanced stress measurement methods, and offered practical recommendations for nursery and substrate producers to support carbon neutrality and successful forest regeneration in a changing climate.

Missä hankkeen yleisesti hyödynnettävät tulokset ja tuotokset ovat julkisesti saatavilla?

Hankkeen tuloksista tehdyt esitelmät ja raportit ovat saatavilla hankkeen verkkosivuilla: <https://www.luke.fi/fi/projektit/ilmastotaimet>.

Kaikki hankkeen tulokset ja tuotokset kootaan Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus julkaisusarjassa julkaistavaan raporttiin "Ilmastokestävät ja hiiltä sitovat taimet. Hankkeen loppuraportti". Raportti valmistuu vuoden 2026 alkupuolella ja on avoimesti kaikkien saatavilla Luken verkkosivuilla. Raportti linkitetään myös hankkeen verkkosivuille.

5. Toteutus ja tulokset

Saavutettiin hankesuunnitelmassa esitetty kohderyhmä vai tuliko siihen muutoksia? Oliko muita toteutukseen liittyviä muutoksia?

Hankkeen varsinaista kohderyhmää olivat metsätaimitarhat, metsäpuiden siementuottajat, kasvualustojen kehittäjät ja valmistajat, metsänjalostusohjelma, tutkimuslaitokset, Itä-Suomen yliopisto sekä Ruokavirasto. Välillisiä kohderyhmiä olivat metsänomistajat, metsäteollisuus ja metsäalan oppilaitokset.

Kohderyhmät saavutettiin hankkeen aikana monipuolisilla keinoin. Ohjausryhmässä oli edustajia keskeisistä kohderyhmistä, ja hankehenkilöt pitivät esityksiä Metsätaimitarhapäivillä sekä tilaisuuksissa, jotka oli suunnattu metsänomistajille ja metsäteollisuudelle. Hankkeen tuloksia esiteltiin myös kansallisissa ja kansainvälisissä seminaareissa ja tieteellisissä kokouksissa. Lisäksi hankkeen infrastruktuuria ja tuloksia esiteltiin useille vierailijaryhmille, kuten Avoimien ovien päivänä 11.6.2024. Hankehenkilöitä haastateltiin ja pyydettiin kertomaan hankkeen teemoista eri tilaisuuksissa sekä kirjoittamaan artikkeleita ammatti- ja asiakaslehtiin. Kaksi Itä-Suomen yliopiston opiskelijaa hyödynsi hankkeen aineistoa pro gradu -töissään. Hankkeen aikana tavoitettiin myös pohjoissavolaisia peruskouluja työpajojen ja TET-harjoittelupaikkojen kautta.

Hanke toteutui pääosin hankesuunnitelman mukaisesti pienin muutoksin, kuitenkin niin, että tavoitteet saavutettiin. Osa ilmastonmuutuskokeiden analyysistä jätettiin tekemättä toisena vuonna, koska riittävä tieto saatiin ensimmäisestä kokeesta eikä tulokset olisi valmistuneet ennen hankkeen päättymistä. Näitä olivat juurten ergosterolianalyysi sekä kasvinosien hiilen ja typen määrittäykset. Lisäksi joitakin työläitä menetelmiä, kuten hyperspektrikuvaus ja neulasten kaasunvaihdon mittaaminen, kohdennettiin valikoituihin taimeriin. Hankkeen aikana tehtiin myös uusia havaintoja, joita päätettiin tutkia tarkemmin, kuten lämpenemisen vaikutus taimien mykorritsasienten itiöemien biomassaan.

Miten kohderyhmä koki hankkeen? Millaista palautetta kohderyhmältä on saatu?

Avoimien ovien päivän palautteissa korostui positiivinen ja kannustava palaute tapahtuman hyvästä toteutuksesta, miellyttävästä ilmapiiristä sekä asiantuntevista ja selkeistä esityksistä. Tutkimukset koettiin tärkeiksi ja niiden jatkamista pidettiin tarpeellisena.

Ohjausryhmä edusti kohderyhmää hyvin ja keskusteli hankkeen toiminnasta ja tuloksista vilkkaasti. Rakentavat kommentit ja avoimeksi jääneet kysymykset otettiin huomioon hankkeen viestinnässä ja toiminnassa mahdollisuuksien mukaan.

Hankkeen tuloksia esittelevissä seminaareissa ja muissa kohtaamisissa käytiin aktiivista keskustelua kasvualustojen soveltuvuudesta taimituotantoon sekä kasvualustatuottajien että taimituottajien näkökulmasta. Yhteisymmärrys lisääntyi hankkeen aikana.

Kohderyhmästä yliopiston ja peruskoulujen opiskelijat kokivat käytännön työskentelyn hankkeessa mielenkiintoisena ja antoisana.

Muuttuiko hankkeen aiottu maantieteellinen alue? Jos muuttui, niin miten?

Hankkeen kohdealueena oli Pohjois-Savo. Taimia kasvatettiin ja niiden ilmastokestävyyttä ja alkuvaiheen maastomenestystä testattiin Luonnonvarakeskuksen Suonenjoen tutkimustaimitarhalla ja stressitestikentällä. Metsänviljelytaimet ja niiden kasvatukseen valitut siemenet valittiin siten, että niiden käyttöalueena oli Pohjois-Savo. Hankkeen tulokset kuusen taimien ilmastokestävyydestä hyödyttävät laajemmin Suomen keskiosia, sillä testattujen taimien käyttöalue kattaa tämän alueen ja ilmastonmuutoksen vaikutukset lämpötiloihin ovat samankaltaiset. Hankkeen aikana esiin tulleita viestinnällisiä tarpeita (esim. työpaja kuopiolaisille koululaisille) kohdentui myös Pohjois-Savon alueelle.

Miten hanke vastasi hankesuunnitelmassa esitettyyn kehittämistarpeeseen? Ilmenikö toteutuksen aikana uusia kehittämistarpeita?

Hankkeella oli kaksi kehittämistarvetta. Ensimmäinen kehittämistarve liittyi vaihtoehtoisten kasvualustojen löytämiseen metsätaimituotantoon, koska julkinen paine luopua turpeesta ja sen saatavuuden heikkeneminen uhkaavat taimituotannon kannattavuutta. Uusien kasvualustojen tulee täyttää tiukat laatuvaatimukset, jotta taimisaannot ja hiilineutraaliustavoitteet voidaan turvata. Toinen kehittämistarve liittyi luotettavan tiedon hankintaan siitä, miten ilmaston lämpeneminen ja maaperän kuivuus yhdessä vaikuttavat kuusen taimien hiilensidontaan ja ilmastokestävyyteen. Tarvittiin kontrolloituja, luonnonmukaisissa oloissa tehtyjä kenttäkokeita, joissa huomioitiin myös vaikutukset juuriston hiilivarastoihin ja taimien jalostusasteen merkitys.

Hanke vastasi ensimmäiseen kehittämistarpeeseen toteuttamalla Luonnonvarakeskuksen Suonenjoen muovikasvihuoneessa kuusen taimien tuotantomittakaavan kasvatuskokeet turpeelle vaihtoehtoisissa kasvualustoissa. Testatut kasvualustat olivat turve (T=kontrolli), rahkasammal (S), rahkasammal lisätyypellä (S+N), turve-puukuituseos (TP), rahkasammal-puukuituseos (SP), rahkasammal-puukuituseos lisätyypellä (SP+N), rahkasammal-mädätejäänösseos (SM) ja puukuitu-mädätejäänösseos (PM). Kasvualustaseokset ja niiden lannoitus perustuivat pilottikokeisiin. Taimien yhteismäärä oli n. 35 000 kpl. Onnistuimme tuottamaan turpeeseen verrattavia määriä myyntikelpoisia kuusentaimia viidessä vaihtoehtoisessa kasvualustassa: S, S+N, TP, SP+N ja SM. Kasvualusta SP tuotti lyhyempiä taimia. PM ei soveltunut rakenteensa vuoksi. Siinä karkean puukuidun suuri osuus teki kasvualustan rakenteesta liian läpäisevän, jolloin vesi ja ravinteet eivät jääneet taimen käytettäväksi.

Hanke vastasi toiseen kehittämistarpeeseen altistamalla 1-vuotiaita kuusen taimia kokeelliselle ilmastonmuutokselle Luonnonvarakeskuksen Suonenjoen stressitestikentällä, joka viimeisteltiin käyttökuntoon hankkeen alussa. Kentän maa on metsämaata, jonka maalaji on silttipitoinen hieno hietamoreeni. Kentällä on 24 koeruutua, joihin istutettuja taimia altistettiin kohotetulle maanalaiselle ja maanpäälliselle lämpötilalle, jotka toteutettiin maahan kaivettujen lämmityskaapeleiden ja neljän taimien yläpuolella olevan infrapunalampan avulla. Lämmityskäsittelyt olivat: 1) vallitseva lämpötila (+0 °C), 2) vallitseva lämpötila +2 °C (+2

°C) ja 3) vallitseva lämpötila +5 °C (+5 °C). Puolet lämmitysruduista olivat kastelemattomia (vallitseva sadanta) ja puolet saivat lisäkastelun. Kastelu toteutettiin pintamaan alle kaivettujen tihkukasteluletkujen avulla. Maaperän lämpötilaa seurattiin 15 cm syvyydestä ja ilman lämpötilaa latvusten korkeudelta.

Ensimmäisessä stressitestikentän kokeessa (kesä 2023 – kevät 2024) tutkittiin 11 taimierää, jotka hankittiin neljältä kaupalliselta taimitarhalta. Taimet olivat siemenviljelyssiemenistä kasvatettuja. Taimitarhojen kasvatusohjelmat poikkesivat toisistaan, mutta kaikki taimerät soveltuivat käyttöalueeltaan Suonenjoen alueelle. Toisessa kokeessa (kesä 2024 – kevät 2025) tutkittiin kasvualustataimien eroja (kasvualustat T, S, S+N, TP, SP+N, SM) sekä jalostettujen ja ns. maatiaissiemenistä kasvatettujen kuusentaimien ilmastokestävyuden eroja. Tähän jalostustaimikokeeseen kasvatettiin Suonenjoella taimia metsänjalostuksen risteytysieristä, eli siemenistä, joiden isä ja äiti tunnetaan. Näistä risteytyksistä kasvatettujen taimien tiedetään aiempien kokeiden perusteella kasvavan keskimääräistä nopeammin. Viiden jalostustaimierän verrokkina oli yksi luonnonpuustosta kerätyistä siemenistä kasvatettu taimierä.

Onnistumiset:

Taimikasvatukset sekä kasvifysiologiaan, taimien kuntoon ja kasvuun liittyvät näytteenotot, mittaukset ja kemialliset analyysit onnistuivat hyvin. Taimien lämpötila-altistukset maaperän kautta ja automaattinen kastelu onnistuivat niin ikään hyvin.

Ongelmat tai kehittämistarpeet hankkeen aikana:

Kuivuuden vaikutuksia ei päästy tutkimaan, koska kuivia kausia ei ollut. Ensimmäisen kokeen aikana sadanta ylitti pitkäaikaiset keskiarvot, eikä eroja maaperän kosteudessa havaittu kastelukäsittelyn ja kastelemattoman käsittelyn välillä. Metsänviljelytaimien osalta päädyimme laskemaan tulokset vain lämpenemisen vaikutuksista. Seuraavan kokeen aikana sadanta oli tavanomaista. Salamanisku rikkoi maaperän kosteuden seurantalaitteet. Tästä huolimatta sadannan vaikutukset olivat niin selvät, että ne huomioitiin kasvualustataimien ja jalostusasteeltaan eroavien taimierien ilmastovasteissa.

Infrapunalämmittimet eli IR-lämmittimet lämmittävät pääasiassa pintamateriaaleja ja ilmaa vain epäsuorasti, joten pelkkä ilman lämpötilan mittaaminen ei riitä lämmitysvaikutusten arviointiin. Pienten neulasten pintalämpötilojen mittaaminen lämpökameralla oli työlästä, eikä kaupallisia sensoreita ollut saatavilla, joten hankkeessa kehitettiin vaihtoehtoinen menetelmä. Koeruutuihin asetettiin märkiä ja kuivia suodatinpapereita, joiden lämpökamerakuvien analysointi oli helppoa. Neulasten pintalämpötilat sijoittuivat kuivan ja kostean paperin lämpötilojen väliin, joten suodatinpaperien keskiarvoa käytettiin neulasten lämpötilojen arvioinnissa. Kehitetty menetelmä lisättiin hankkeen NR01-indikaattoreihin.

Jatkokehittämistarpeet perustuen toteutuksen aikaisiin kokemuksiin ja saatuihin tuloksiin: Stressitestikentän kehittämistarpeeksi todettiin ukonilmalle vähemmän herkkien langattomien olosuhdeantureiden hankinta sekä kuivuuskokeiden mahdollistavien sadekatosten asentaminen.

Jalostussarjakokeen perusteella metsänjalostuksessa on tarve tutkia lisää jalostushyödyn selittäviä tekijöitä riskienhallinnan näkökulmasta. Erityisesti jalostuksen vaikutuksia taimien ravinteiden käyttöön ja ravinnepuutosoireiden ilmaantuvuuteen on tarpeen tarkastella risteytysjälkeläistöjen arvioinnissa.

Lisääntyneen sadannan pidempiaikaisista vaikutuksista taimikoiden hiilensidontaan tarvitaan lisää tutkimusta.

Kasvualustamateriaaleja kehitettäessä tulee varmistaa niiden riittävä hienojakoisuus ja optimoida lannoitus. Ennen käyttöönottoa kasvualustojen toimivuus erilaisissa täyttö- ja kylvökoneissa sekä kasvatuksen käytännöt eri puulajeille on optimoitava.

Hankkeessa ei tarkasteltu vaihtoehtoisten kasvualustojen vaikutuksia taimien tuotantokustannuksiin ja siten niiden käytön talousvaikutuksia. Tätä tarkastelua tehdään JTF-rahoitteisessa Uudet kasvualustat hankkeessa.

Miten hankesuunnitelmassa esitetyt laadulliset tavoitteet toteutuivat?

Hankkeella oli kuusi tavoitetta.

1. Selvittää turvetta korvaavien kasvualustojen vaikutus kuusen taimien laatuun ja -saantoon taimitarhamittakaavassa.

Tavoite toteutui. Turvetta korvaavissa kasvualustoissa kasvatettujen taimien keskipituus taimikasvatuksen lopussa oli käytetyn kasvatustiheyden mukaisessa tavoitepituudessa kasvualustoissa rahkasammal (S), rahkasammal lisätyellä (S+N), turve-puukuituseos (TP), rahkasammal-puukuituseos lisätyellä (SP+N) ja rahkasammal-mädätejäännösseos (SM). Kasvualustan rahkasammal-puukuituseos (SP) keskipituus jäi alle tavoitepituuden ja puukuitu-mädätejäännösseos (PM) alle vähimmäispituuden. Kasvualustataimet S, SP, SP+N ja PM olivat lyhyempiä kuin turpeessa kasvatetut taimet. Turpeessa kasvatetut taimet olivat tasakokoisimpia. Kasvualustoissa SP ja SP+N rangan tyviläpimitta oli ohuempi kuin turpeessa kasvatetuilla taimilla.

Taimisaannon eli myyntikelpoisten taimien osuuden määrittäminen perustui 1,6 %:n otokseen noin 35 000 taimesta. Ulkona talvehtineiden taimien saanto ei poikennut turpeesta kasvualustoissa S, S+N, TP, SP, SP+N ja SM. Merkittävin taimien laatuun vaikuttava tekijä olivat neulasten väriviat, jotka liittyivät taimien talvivarastointiin ulkona. Kasvualustalla ei ollut vaikutusta siementen itävyyteen tai juuriston paakun sitomiseen. Lyhyiden taimien osuus (alle 60 % taimierän keskipituudesta) oli turvetta suurempi kasvualustoissa SP, SP+N ja SM. Näiden kasvualustojen juuri-versosuhde oli vastaavasti korkeampi kuin turpeessa kasvatetuilla taimilla. Kasvualusta PM ei soveltunut taimikasvatukseen, eikä sen saantoa siksi määritetty.

2. Selvittää ilmastonmuutoksen vaikutukset kuusen metsänviljelytaimien hiilensidontaan, kasvuun ja ilmastokestävyyteen (kuivuus, pakkasstressi, kasvitaudit ja -tuholaiset) hyödyntäen uutta ulkotestauskenttää, jossa voidaan säätää ilman ja maaperän lämpötilaa ja maaperän kosteutta.

Tavoite selvittää metsänviljelytaimien ilmastokestävyys toteutui, pois lukien kuivuus ja pakkasstressi. Kuivuuden vaikutusten tutkiminen stressitestikentällä ei onnistunut runsassateisena vuonna. Pakkasstressin oireita ei muodostunut johtuen pääosin paksun lumipeitteen muodostumisesta talveksi. Metsänviljelytaimierien ilmastokestävyys ja lämpenemistä vauhdittavat tekijät olivat hyvin yhdenmukaiset. Taimikuolleisuus jäi erittäin alhaiseksi, eikä lämpeneminen vaikuttanut hyönteistuhojen ja sienitautien esiintyvyyteen tai kasvuun lähtöön talven jälkeen. Lämpenemisen hyödyistä taimiin kertoivat fotosynteesikapasiteettia kuvaava korkeampi fluoresenssi kasvukaudella ja vihreämmät neulaset talven jälkeen. Myös tavoite selvittää ilmastonmuutoksen vaikutuksia kasvuun ja hiilensidontaan toteutuivat. +5 °C:n lämpötilakohotus lisäsi biomassan ja hiilen kertymistä kaikissa kasvinosissa, mutta ei taimen pituuskasvua. Verson kuivapainon kasvu johtui paitsi rangan suuremmasta läpimitasta, myös neulasmassan lisääntymisestä, mikä johtui osittain jälkikasvusta kasvukauden lopulla. Juuriston ilmakehään päästämän hiilidioksidivuo lisääntyi lämpenemisen myötä. Lämmityskäsittelyissä juurten ilmakehään vapauttama hiilen määrä oli suurempi kuin niiden sitoman hiilen, mikä heikensi taimien hiilitasetta. +5 °C:n lämpötilakohotus alensi mykorrhizasientien itiöemien määrää ja juurten ergosterolipitoisuutta, mikä myös indikoi sienien määrän vähenemistä juurissa.

3. Selvittää kuusen jalostusasteen vaikutusta taimen verson ja juurten hiilensidontaan muuttuvassa ilmastossa hyödyntäen em. ilmastonmuutokseen sopeutumisen ulkotestausympäristöä.

Tavoite toteutui. Kenttämittauksissa havaittiin eräkohtaista vaihtelua fysiologisissa tunnuksissa ja taimituotannossa ja kentällä todettiin risteytyserien jälkikasvuherkkyyden vaihtelevan. Korkeampi jalostusaste lisäsi magnesiumpuutteeseen viittaavia neulasoireita taimissa. Testatuissa erissä ei havaittu selvää trendiä jalostusasteen ja ilmastonmuutosta simuloivien olosuhteiden välillä. Kuivuuden asemesta saatiin tietoa sadannan lisääntymiseen verrattavissa olevan lisäkastelun vaikutuksista taimiin.

4. Selvittää turvetta korvaavien kasvualustojen vaikutus istutuksen jälkeiseen maastomenestykseen, hiilensidontaan ja ilmastokestävyyteen lämpenevää ilmastoa simuloivissa olosuhteissa.

Tavoite toteutui. Kasvualustataimien (T, S, S+N, TP, SP+N, SM) maastomenestys oli hyvä. Taimikasvatusvaiheen erot näkyivät puukuitua sisältävien kasvualustojen taimissa, jotka

olivat istutusvuoden kasvukauden lopulla lyhyempiä, ja niillä oli pienempi tyviläpimitta ja kokonaisbiomassa, mutta istutusvuoden verson biomassassa eroja ei ollut. Biomassan kertymisen tasaantumista saattoi selittää puukuitualustassa kasvaneiden taimien voimakkaampi jälkikasvu eli kasvukauden aikana muodostuneet silmut avautuivat, jolloin verson kasvu jatkui saman kasvukauden aikana. Lisääntynyt jälkikasvu liittyi korkeampaan taimikasvatusvaiheen juuri-versosuhteeseen taimikasvatusvaiheessa ja yleisesti hyvään juurtumiseen stressitestikentällä. Hyönteisvioletukset ja abioottiset tekijät aiheuttivat neulaskatoa ja värivikoja, mutta vauriot olivat samankaltaisia kaikissa kasvualustataimissa. Vauriot olivat lieviä, sillä pidempiaikaisia vaurioita jättäviä tai tappavia tuhoja esiintyi alle neljässä prosentissa taimista kasvukauden jälkeisenä keväänä. Kuivuuden sijasta saatiin tietoa lisäkastelun vaikutuksista, jotka vastaavat sadannan lisääntymisen vaikutuksia. Lisäkastelu heikensi versojen biomassan kertymistä, alensi terveiden taimien osuutta, vaalensi neulasia ja viivästytti kasvuun lähtöä seuraavana keväänä. Lämmityskäsittelyillä oli hyviä vaikutuksia taimiin. +5 °C:n lämmityskäsittely nosti syksyllä klorofyllin fluoresenssin Fv/Fm arvoa, lisäsi neulasten vihreyttä ja vähensi värivikoja. Molemmat lämmityskäsittelyt pienensivät neulasvaurioiden vakavuutta. Kasvualustataimien välisissä ilmastovasteissa oli vähäisiä eroja neulasten värin ja kunnan osalta. Merkittävin vaikutus oli +5 °C:n lämmityskäsittelyn sekä kastelun aiheuttama pituuskasvun ja tyviläpimitan aleneminen kasvualustassa, jossa oli sammal-puukuituseosta (SP +N). Kastelu ja lämpeneminen saattavat lisätä puukuidulle tyypillistä typen immobilisaatiota, jolloin typi ei ole taimen käytettävissä. Ilmiöitä tulee tutkia tarkemmin samalla, kun kehitetään ratkaisuja typen immobilisaation estämiseksi.

5. Kehittää uutta hyperspektrikuvausmenetelmää taimien kokeman ilmastostressin tunnistamiseen ja siten taimen ilmastomuutokseen sopeutumisen selvittämisen työkaluksi. Tavoite toteutui. Hyperspektrikuvaus osoittautui kenttäoloissa hitaaksi menetelmäksi, joka vaati tuulettomia, sateettomia ja tasaisia valo-olosuhteita sekä rikkaruohojen poistoa kuvausalueilta. Kuvaukset kohdennettiin kasvualustataimien tutkimiseen: ensin taimikenoissa kasvatusvaiheen lopussa ja myöhemmin stressitestikentällä ilmastomuutostutkimusten jälkeen. Stressivasteiden tunnistamisessa käyttökelpoisimmiksi spektrialueiksi osoittautuivat näkyvä valo (400–700 nm), punainen reuna (680–750 nm) ja vihreän valon huippu (n. 550 nm), joissa reflektanssi kasvoi stressin myötä. Muutokset liittyivät neulasten pigmenttipitoisuuksiin ja fotosynteesin toimintaan, mitä tukivat fysiologiset mittaukset ja visuaaliset havainnot. Myös lähipuna-alue (750–1000 nm) reagoi stressiin reflektanssin nousulla, mutta syiden selvittäminen edellyttäisi neulasten rakenteellisia analyysejä. Hyperspektrikuvausta ei kannata hyödyntää ilmastomuutostutkimuksessa, jos tieto saadaan helpommin ja edullisemmin muilla menetelmillä. Menetelmä on arvokkain silloin, kun näkyviä muutoksia ei vielä havaita, tarvitaan suurten taimimäärien analysointia kerralla tai voidaan korvata työläästä ja kalliista kemiallisesta tai anatomisesta tutkimuksesta.

6. Hankkeen testausten ja mittausten perusteella tiedottaa, neuvoa ja antaa sidosryhmille ehdotuksia toimenpiteistä, jotka edesauttavat ilmastokestävyyden vahvistamista ja hiilineutraalitavoitteiden saavuttamista taimituotannossa ja metsänuudistamisessa. Tavoite on toteutunut tähän mennessä osittain. Hankkeen tuloksia ja niiden merkitystä on esitelty sidosryhmille useissa tilaisuuksissa, kuten Metsätaitarhapäivillä. Turvetta korvaavien kasvualustojen käyttö tukee taimituotannon ja metsänuudistamisen hiilineutraalustavoitteita ja ilmastokestävyyttä, sillä viiden testatun kasvualustan taimisaanto, biomassan kertyminen istutusvuonna ja ilmastokestävyys olivat turpeeseen verrattavia. Vaikka kasvualustojen ilmastovaikutusten ja ympäristöjalanjäljen laskentaa ei ole tehty, tulokset rohkaisevat korvaamaan turvetta vaihtoehtoisilla materiaaleilla. Näistä turpeen, puukuidun ja sammalen seokset ovat kasvualustamateriaalien saatavuus huomioiden parhaat vaihtoehdot, mutta kasvualustakomponenttien riittävän hienojakoisuuden varmistaminen sekä lannoituksen ja muiden kasvatuskäytäntöjen optimointi on tärkeää huomioida. Ennusteet varttuneiden kuusikoiden ilmastoherkyydestä ovat vähentäneet kuusentaimien kysyntää, mutta hankkeen havainnot osoittavat, ettei Pohjois-Savossa kuusentaimien ilmastokestävyydestä ainakaan lämpenemisen osalta tarvitse olla huolissaan – metsänviljelyyn käytettävän taimiaineksen kasvu jopa paranee lämpenevässä ilmastossa. Tutkimuksemme mukaan ilmaston lämpeneminen ei näytä lisäävän riskiä taimien varhaiselle vakiintumiselle uudistusaloilla, vaan taimet saattavat jopa hyötyä viiden asteen lämpenemisestä, mikäli veden saanti on riittävä, mutta vettä ei ole liikaa. Kuusen taimet istutetaan tyypillisesti myöhään keväällä tai alkukesällä, jolloin sademäärien ennustetaan Suomessa hieman kasvavan. Toisaalta lämpötilan nousun aiheuttama haihdunnan lisääntyminen voi osittain kumota

ennustetun sateisuuden kasvun ja siten lisätä kuivuuden riskiä. Tulokset korostavat myös maanalaisen biologisen vuorovaikutuksen merkitystä ekosysteemien vasteissa ilmaston lämpenemiseen.

Viestintä täydentyy raportin ”Ilmastokestävät ja hiiltä sitovat taimet. Hankkeen loppuraportti.” julkaisuhetkellä Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus -sarjassa.

Valitse hankkeen laadullisten tavoitteiden toteutumista kuvaava vaihtoehto

Tavoitteet saavutettiin

Minkä muutoksen hanke on tuonut hankesuunnitelmassa kuvattuun lähtötilaan?

Hanke on vastannut julkiseen paineeseen tutkia kasvuturpeen käytön vähentämisen mahdollisuutta metsätaimituotannossa testaamalla vaihtoehtoisia kasvualustoja. Samalla se on edistänyt hiilineutraaliustavoitteita turpeen käyttöä vähentävillä ja kiertotalouden materiaaleja hyödyntävillä ratkaisulla. Hankkeen tulokset osoittavat, että kiertotalouden materiaalien hyödyntäminen kasvualustatuotannossa on teknisesti mahdollista.

Hankkeessa toteutettiin ensimmäiset tuotantomittakaavan kasvatuskokeet kuusen taimilla turvetta korvaavissa kasvualustoissa ja ensimmäiset kasvualustataimien maastomenestyksen ja ilmastokestävyys testaukset. Viidessä seitsemästä vaihtoehdosta pystyttiin tuottamaan turvekasvualustaan vertailukelpoisia määriä myyntikelpoisia taimia, joilla oli myös hyvä ilmastokestävyys. Puukuitu osoittautui teknisesti toimivaksi materiaaliksi sammalen ja turpeen seassa, mutta se heikensi hieman taimien pituus- ja paksuuskasvua, mikä voimistui olosuhteissa, joissa simuloitiin ilmaston lämpenemistä ja sadannan lisääntymistä. Ratkaisuja tähän haasteeseen kehitetään jo kasvualustatuotannossa. Määdätejäännöstä ei ole saatavilla kaupalliseen tuotantoon. Tulokset kannustavat kasvualustatuottajia jatkamaan turpeettomien tai vähäturpeisten kasvualustojen kehittämistä ja taimituottajia ottamaan niitä käyttöön.

Hankkeen kontrolloidut kenttäkokeet ovat tuottaneet uutta tietoa kuusen taimien ilmastokestävydestä ja hiilitaseeseen vaikuttavista tekijöistä. Verrattuna aiempiin tutkimuksiin, joissa on käytetty vain yhtä taimierää yhdeltä taimitarhalla, hankkeessa tehdyt kokeet 11 taimierällä neljältä eri kaupalliselta taimitarhalla antavat luotettavamman kuvan Pohjois-Savossa käytettävien kuusen metsänviljelytaimien ilmastokestävydestä. Metsänviljelymateriaalin ilmastovasteet olivat hyvin yhdenmukaisia, taimituhot vähäisiä ja +5 °C lämpötilakohotus lisäsi biomassan kertymistä.

Hanke tuotti myös uutta tietoa kuusen taimien jalostusasteen vaikutuksista versojen ja juurten kasvuun, fysiologiaan ja ilmastokestävyteen, mikä tukee metsänjalostuksen kehittämistä muuttuvassa ilmastossa. Lisäksi saatiin uutta tietoa juuriston ja mykorritsojen merkityksestä taimien hiilen varastoinnissa: sieniosakkaan määrästä kertova ergosterolin määrä aleni, mutta juuriston ilmakehään päästämä hiilidioksidi lisääntyi lämpenemisen myötä ja ylitti juurten sitoman hiilen määrän, mikä heikensi taimien hiilitasetta.

Stressitestikenttä, joka toimii ilmastonmuutoksen sopeutumisen testiympäristönä ja jossa voidaan lämmittää sekä maaperää ja juuria että taimien maanpäällisiä osia sekä säätää maaperän kosteutta, otettiin käyttöön ensimmäistä kertaa tässä hankkeessa. Hyperspektrikuvausta hyödynnettiin ensimmäistä kertaa kasvualustamateriaalien sekä ilmaston lämpenemisen ja sadannan muutosten vaikutusten tutkimiseen. Hankkeen tulokset ja ohjeistukset mahdollistavat sen, että taimituottajat ja kasvualustojen valmistajat voivat tehdä tutkittuun tietoon perustuvia päätöksiä hiilineutraaliuden edistämiseksi.

Metsätaimituotanto pystyy nyt valmistautumaan ilmastonmuutokseen tuottamalla laadukasta ja ilmastokestävää taimiainesta, mikä turvaa metsänviljelytuloksen ja metsien kasvun pitkällä aikavälillä. Stressitestikentän tulokset ja käyttökokemukset sekä hyperspektrikuvausmenetelmän kehittäminen tarjoavat arvokasta tietoa ja menetelmiä, jotka tukevat tulevia hankkeita kasvien ilmastokestävyys tutkimuksessa.

Päästiinkö toteutuksessa suunnitelmassa esitettyihin määrällisiin tavoitteisiin (indikaattorilukemat)? Mistä mahdolliset erot johtuvat?

Hankkeella oli kaksi määrällistä tavoitetekokonaisuutta tulosten ja niistä annettavien toimenpidesuosituksen osalta (NR01).

1) Turvetta korvaavat kasvualustaseokset, joilla saadaan paras kuusen taimisaanto ja istutuksenjälkeinen maastomenestys ja alkukehityksen hiilensidonta. 2) Kuusen taimien ilmastomuutokseen sopeutuminen sekä jalostushyödyn ja kasvualustan merkitys hiilensidonnalle ja ilmastokestävyydelle.

Indikaattorit oli alun perin määritelty niin, että ne kattoivat sisällöllisesti laajat kokonaisuudet. Indikaattorien määrittelyyn tuli rahoittavalta taholta lisäohjeita hankkeen jo alettua. Näiden ja hankkeen aikana kehitettyjen menetelmien vuoksi NR01-indikaattorien määrä nostettiin seitsemään hankehenkilöiden ehdotuksesta.

Uudet NR01-indikaattorit olivat:

1. Metsänviljelytaimien ilmastokestävyys
2. Metsänviljelytaimien biomassan ja hiilivarastojen kertyminen muuttuvassa ilmastossa
3. Turvetta (osittain) korvaavissa kasvualustoissa kasvaneiden taimien laatu ja saanto.
4. Turvetta korvaavissa kasvualustoissa kasvaneiden taimien istutusmenestys ja kasvu muuttuvassa ilmastossa
5. Taimien jalostushyödyn vaikutus ilmastokestävyteen ja kasvuun
6. Hyperspektrikuvausten testaus taimien kunnon ja ilmastokestävyden tutkimusmenetelmäksi
7. Lämpökamerakuvaus kosteilta ja kuivilta suodatinpapereilta neulasten lämpötilojen arvioimiseksi kokeellisessa lämpenemistutkimuksessa

Alkuperäiset ja myöhemmät täsmennetyt indikaattorit saavutettiin.

Valitse hankkeen määrällisten tavoitteiden (indikaattorilukemat) toteutumista kuvaava vaihtoehto

Tavoitteet ylitettiin

Arvioi, miten asetetut määrälliset tavoitteet palvelivat hankkeen toteutusta

Hyvin

Perustele, miksi asetetut määrälliset tavoitteet palvelivat hankkeen toteutusta arvioimallasi tavalla

Tavoitteet olivat selkeät ja kattavat.

Miten hankesuunnitelmassa esitetyt, yleisesti hyödynnettävät tulokset ja vaikutukset toteutuivat? Saavutettiinkö sellaisiakin tuloksia ja vaikutuksia, joita ei esitetty hankesuunnitelmassa?

Yleisesti hyödynnettävät, hankesuunnitelman mukaiset tulokset ja vaikutukset ovat seuraavat:

1. Tieto Pohjois-Savoon soveltuvan metsänviljelyaineen ilmastokestävydestä. Stressitestikentällä toteutetun kokeen tulokset taimien kasvusta, hiilensidonnasta ja sen mekanismeista, fysiologiasta, biomassan kertymisestä ja ilmastokestävydestä löytyvät hankkeen verkkosivuilta julkaistuista esityksistä. Tuloksista on kerrottu lisäksi useissa yleisötilaisuuksissa sekä hankesivujen blogissa. Tuloksista on lähetetty tieteellinen käsikirjoitus vertaisarviointiin.

2. Tulokset jalostushyödyn vaikutuksista kuusen taimien kasvuun, biomassan kertymiseen eri kasvinosiin, hiilensidontan mekanismeihin ja ilmastokestävyteen. Tuloksia on kerrottu ohjausryhmän lisäksi useissa yleisötilaisuuksissa ja esityksissä sekä hankesivujen blogissa.

3. Tieto testatuista kasvualustoista ja tulokset niiden kasvusta, laadusta ja taimisaannosta. Testaukset ovat vaikuttaneet muihin hankkeisiin, joissa kasvualustoja jatkokehitetään

yhteistyössä kasvualustavalmistajien, taimitarhojen ja Luonnonvarakeskuksen kanssa. Tulokset löytyvät hankkeen verkkosivuilta julkaistuista esityksistä. Tuloksia on kuvattu lisäksi Pohjois-Savon liiton verkkosivujen hankeartikkelissa. Kokeen materiaalia on myös hyödynnetty tieteellisessä jo julkaistussa käsikirjoituksessa.

4. Tulokset kasvualustataimien kasvusta, biomassan kertymisestä eri kasvinosiin ja ilmastokestävyyydestä ilmastonmuutosta simuloivissa olosuhteissa. Näiden testausten pohjalta uusien kasvualustojen maastomenestystä ja ilmastokestävyyttä tutkitaan myös uusissa hankkeissa. Tulokset löytyvät hankkeen verkkosivuilta julkaistuista esityksistä.

5. Tulokset hyperspektrikuvauksen soveltuvuudesta tunnistamaan eroja tai stressivaikutuksia eri kasvualustoissa kasvaneista kuusen taimista taimikasvatuksen lopussa ja ilmastonmuutosta simuloivissa olosuhteissa stressitestikentällä.

Lisäksi on saavutettu tuloksia ja vaikutuksia, joita ei alun perin esitetty hankesuunnitelmassa:

1. Tulokset sadannan lisääntymisen vaikutuksista kuusentaimien kasvuun ja kuntoon. Taimien heikentynyt kasvu ja kunto johtuivat todennäköisesti typen huuhtoutumisesta maaperästä. Tämä tieto on tarpeellista ja ajankohtaista, sillä ennusteet sadannan lisääntymisestä ilmastonmuutoksen myötä ovat tarkentuneet hankkeen aikana. Myös keskustelu metsien vesiensuojelusta ja siihen liittyvästä vesienhallinnasta on voimistunut hankkeen aikana. Tulokset liiallisen kosteuden haitallisista vaikutuksista taimien menestymiselle ovat tarpeellinen muistutus vesienhallinnan ja puuston kasvun välisestä riippuvuudesta. Tuloksilla voi olla vaikutusta metsänuudistamiskohteiden valintaan ja esim. kunnostusojitusten vaikutusten ymmärtämiseen ilmaston muuttuessa. Lisääntyneen sadannan pidempiaikaisista vaikutuksista taimikoiden hiilensidontaan tarvitaan kuitenkin lisää tutkimusta.

2. Tulokset ilmastonmuutoksen vaikutuksista taimien mykorritsasienten itiöemien biomassoihin. Runsasta itiöemien muodostumista stressitestikentällä ei osattu odottaa, eikä myöskään sitä, että +5 °C vähentäisi itiöemien määrää. Tämä havainto oli kiinnostava ja lisäosoitus maaperän ja juuriston prosessien herkkyydestä ilmastonmuutokselle.

3. Tulokset, jotka osoittivat korkeamman jalostusasteen taimilla esiintyvän ravinnepuutteelle tyypillisiä oireita. Tämän perusteella jalostuksen vaikutusta taimien ravinnedynamiikkaan on tarpeellista tutkia lisää.

4. Menetelmän kehittäminen neulasten pintalämpötilojen mittaamiseen. Infrapunalämmittimet eli IR-lämmittimet lämmittävät pääasiassa pintamateriaaleja ja ilmaa vain epäsuorasti, joten pelkkä ilman lämpötilan mittaaminen ei riitä lämmitysvaikutusten arviointiin. Pienten neulasten pintalämpötilojen mittaaminen lämpökameralla oli työlästä, eikä kaupallisia sensoreita ollut saatavilla, joten hankkeessa kehitettiin vaihtoehtoinen menetelmä. Koeruuuihin asetettiin märkiä ja kuivia suodatinpapereita, joiden lämpökamerakuvien analysointi oli helppoa. Neulasten pintalämpötilat sijoittuivat kuivan ja kostean paperin lämpötilojen väliin, joten suodatinpaperien keskiarvoa käytettiin neulasten lämpötilojen arvioinnissa.

Yksityiskohtaiset tulokset julkaistaan Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus -julkaisusarjassa ilmestyvässä raportissa "Ilmastokestävät ja hiiltä sitovat taimet. Hankkeen loppuraportti". Raportti on kaikkien avoimesti saatavilla.

Miten tuloksia ja kokemuksia hyödynnetään hankkeen päättymisen jälkeen? Valitse vaihtoehto toiminnan jatkumisesta hankkeen päättymisen jälkeen.

Toiminta tai kehitystyö jatkuu toisessa tuensaajan hankkeessa

Miten hanke näkyi julkisuudessa? Miten hankkeesta tiedotettiin?

Hankkeesta tiedotettiin ja viestittiin hankkeen nettisivujen kautta ja useissa sidosryhmätapaamisissa, seminaareissa, vierailuilla, haastatteluissa ja ohjausryhmän kontaktien kautta.

Hankesuunnitelman mukainen ja rahoittajan pyytämä viestintä:

- Kuusi ja ilmastonmuutoksen haasteet: ensimmäisiä tuloksia stressitestikentältä. Esitys Metsätaimitarhapäivillä 17.1.2024, Rauhalahi, Kuopio. (Kivimäenpää, Himanen)
- Ilmastotaimet-hankkeen Avoimet ovet -päivä Suonenjoella 11.6.2024. Hankkeen ja sen toteutuksen ja tulosten esittelyä (Kivimäenpää, Riikonen, Himanen)
- Kuusen taimien kasvu ja menestyminen muuttuvassa ilmastossa. Metsätaimitarhapäivät. 21.1.2025. Rauhalahi, Kuopio (Riikonen)
- Turvetta korvaavissa kasvualustoissa kasvaneiden taimien maastomenestys. Metsätaimitarhapäivät. 21.1.2025. Rauhalahi, Kuopio (Kivimäenpää)
- Kuusen taimet kestävät kohoavia lämpötiloja ennakoitua paremmin. Blogiteksti hankkeen nettisivuilla 4.12.2025 (Himanen)
- Kuusen taimet stressitestissä Ilmastokestävät ja hiiltä sitovat taimet -hankkeessa. Tulosviestintäartikkeli, joka julkaistu rahoittajan sivuilla 23.12.2025 <https://www.pohjois-savo.fi/viestinta/uutiset/2025/12/kuusen-taimet-stressitestissa-ilmastokeskavat-ja-hiilta-sitovat-taimet-hankkeessa> (Himanen)

Hanketta esiteltiin myös seuraavissa tilaisuuksissa ja vierailuilla:

- Metsänhoitoklubin seminaari, Luke Suonenjoki 8.2.2023(Kivimäenpää)
- Maaseutuammattiin ry järjestämä vierailu opettajille Luke, Suonenjoki 13.4.2023 (Kivimäenpää)
- Luken metsänhoidon ryhmän vierailu, Luke Suonenjoki 16.5.2023 (Kivimäenpää)
- Suomen Metsäkeskuksen kumppanuustapaaminen 13.6.2023 (Himanen)
- Maa- ja metsätalousministeri Sari Essayahin ja Luken pääjohtaja Johanna Buchertin ja hallintojohtaja Ilkka P. Laurilan vierailu, Luonnonvarakeskus, Suonenjoki. 18.8.2023 (Kivimäenpää)
- SNS meeting "Joining Nordic Forces For More Birch, pohjoismainen ja balttilainen tutkijaryhmävierailu Suonenjoella 23.8.2023 (Himanen)
- Puulajivalinta muuttuvassa ilmastossa. Kestäviä ratkaisuja metsästä ja luonnosta. Hiilineutraali Pohjois-Savo; metsäpäivä. 24.8.2023 (Himanen)
- Luken metsänjalostusryhmän vierailu 13.9.2023 (Himanen)
- Luken puutarhateknologian ryhmän vierailu 12.10.2023 (Riikonen, Kivimäenpää)
- Kuusi ja ilmastonmuutoksen haasteet: ensimmäisiä tuloksia stressitestikentältä. Esitys Luken metsänhoitoryhmälle 24.1.2024 (Kivimäenpää)
- Mistä taimien perimä tulee? Metsänjalostus ja metsänuudistaminen. Metsäkeskuksen Metsänjalostus ja taimien kasvatus -webinaari. 31.01.2024 (Himanen)
- Luken Suonenjoen tutkijaseminaari 5.2.2024. Kuusentaimien kasvatus turvetta korvaavissa kasvualustoissa Ilmastotaimet-hankkeessa (Kivimäenpää)
- Eräitä näkökulmia metsänhoitoon ja metsäntutkimukseen Pohjois-Savossa. Jäsenpuheenvuoro. Pohjois-Savon metsäneuvostonkokous 22.2.2024. (Himanen)
- Puulajivalinta muuttuvassa ilmastossa. Tulevaisuuden metsä -ilta naismetsänomistajille. Metsäkeskus. Kuopio 12.03.2024 (Himanen)
- Update on the Finnish seed and nursery sector. Spring Ahead! National Tree Seed Centre and Tree Nursery Technical Update. Kanada, webinaari. 21.3.2024 (Himanen)
- Ilmasto muuttuu, kuinka valita sopivat taimet? Teollisuuden metsänhoitajien retkeily, Joroinen 22.8.2024 (Himanen)
- Ilmasto muuttuu, kuinka valita sopivat taimet? Webinaari UPM Metsälle. 24.9.2024 (Himanen)
- Tarton yliopiston tutkijavierailu 8.11.2024 (Kivimäenpää)
- Norway spruce seedlings grown in peat substitutes – field success under climate change conditions. Nordgenin pohjoismainen metsäkokous. Rovaniemi, 18.-19.11.2024. (Kivimäenpää)
- Interactive effects of warming and increased precipitation on the physiology, growth, visual condition and soil respiration of Norway spruce seedlings. AnaEE Science Conference, Pariisi 8.-10.10.2024 (Kivimäenpää)
- Näkökohtia metsänuudistamiseen tuhon jälkeen. Metsätuhoihin valmistautuminen Suomessa -webinaari, 27.01.2025. (Himanen)
- Recent research in Suonenjoki. Luken metsänhoitoryhmän palaveri 19.2.2025. (Kivimäenpää)
- Hyperspectral imaging in tree seedling studies. Centre of Estonian Rural Research and Knowledge (METK) ja Luken kuvantamistutkijoiden seminaari. Jokioinen 9.9.2025 (Kivimäenpää)
- Ilmastonmuutokseen varautuminen metsänviljelyaineiston valinnassa. Metsänomistajan päivä. Kuusankoski 8.11.2025. (Himanen)

- Forest research in Luke. Ystävyyskaupunkien vierailu. Maaninka 14.11.2025 (Riikonen)

Hankehenkilöiltä pyydettiin ammatti- ja asiakaslehtiin seuraavat kirjoitukset:

- Himanen K, Kivimäenpää M, Luoranen J, Riikonen J, Ruhanen H. 2023 Kuinka käy taimien? Kasvinsuojelulehti 56 4: 5-7.
- Himanen K, Kivimäenpää M, Luoranen J, Riikonen J, Ruhanen H. 2024. Kokeilla selvyyttä kuusen taimien menestymiseen muuttuvassa ilmastossa. Metsänomistajat 3/2024. Metsänhoitoyhdistys Etelä-Savon jäsenlehti.
- Himanen K. Ruotsin taimituotanto matkalla turpeettomuuteen. (Yläkertakirjoitus) Metsälehti 24.10.2025

Hankehenkilöiltä haastateltiin hankkeesta ja sen teemoista seuraavasti.

- Kallista haihattelua vai tulevaisuuden turvaa? Tutkijat suosittelivat tammen, tervalepän, lehtikuusen ja neljän muun puulajin lisäämistä. Maaseudun Tulevaisuus 2.7.2023 (Himanen)
- Ilmastonmuutos edistää ja haastaa suomalaisten puiden kasvua. Maaseudun tulevaisuus 4.11.2024 (Riikonen)
- From seedling to forest: BoFoReg's multiscale approach to understanding climate impacts on boreal regeneration. AnaEE Eric Newsletter Spring 2025. (Kivimäenpää)
- Puuntaimien kasvualustaksi etsitään uusia vaihtoehtoja. Metsään-lehti 26.8.2025 (Kivimäenpää)

Hankkeen kasvualustakokeen tuloksia sisältyi tieteelliseen tutkimusartikkeliin:

- Heiskanen J, Ruhanen H, Himanen K, Kivimäenpää M, Silvan N. 2024. Growth of Nordic container forest tree seedlings in some peatlessand peat-reduced growing media. New Forests 55: 1499-1517 <https://doi.org/10.1007/s11056-024-10048-8>

Muu medianäkyvyys:

- Hankkeen ilmastonmuutos- ja kasvualustatutkimusta esiteltiin 18.8.2023 maa- ja metsätalousministerille ja Luonnonvarakeskuksen johtajille ja vierailusta uutisoitiin Luken nettisivuilla.
- Hankkeen tuloksia turvetta korvaavissa kasvualustoissa käsittelevä tieteellinen artikkeli "Heiskanen ym. 2024. Growth of Nordic container forest tree seedlings in some peatlessand peat-reduced growing media" on 19.12.2025 mennessä luettu 2015 kertaa kustantajan sivuilla, siihen on viitattu muissa tieteellisissä julkaisuissa 2 kertaa ja siitä kerrottiin 22.5.2025 virolaisella uutissivustolla <https://novaator.err.ee/1609701651/metsataimekasvatuses-voib-turbale-leidudamitmeid-asendajaid>
- Avoimet ovet tapahtumaa mainostettiin laajasti sidosryhmille ja Luken nettisivujen kautta ja tilaisuuteen kutsuttiin median edustajia. Paikallislehti Sisä-Savo kirjoitti 13.6.2024 Avoimien ovien päivästä lehtiartikkelin "Uusia tuloksia Suonenjoen stressikentältä". Tapahtuman pohjalta pyydettiin lehtikirjoitus Metsänhoitoyhdistys Etelä-Savon jäsenlehteen.
- Hankkeesta 4.12.2025 kirjoitetusta blogista "Kuusen taimet kestävät kohoavia lämpötiloja ennakoitua paremmin" tehtiin uutinen Maaseudun Tulevaisuuden nettisivuille, joissa se oli luetuimpien artikkelien joukossa julkaisun jälkeen.
- Hankkeen toiminta esiintyi myös viestinnästä vastanneen hankehenkilön sosiaalisen median kanavilla (aluksi Twitter/X, myöhemmin LinkedIn)

Toteutuiko hankkeen aikana ennakoituja tai muita riskejä ja miten niihin reagoitiin?

Hankkeessa käytetty stressitestikenttä oli uusi koeympäristö, ja tekniikkaa sovellettiin ensimmäistä kertaa, joten toimintaan liittyvät riskit olivat odotettavia. Uudet altistusjärjestelmät – maaperän lisälämmitys kaapeleilla ja ohjelmoitava pintamaan kastelu tihkukastelulla – toimivat hyvin.

Infrapunalämmittimet (IR-lämmittimet) lämmittävät pääasiassa pintamateriaaleja ja ilmaa vain epäsuorasti, joten pelkkä ilman lämpötilan mittaaminen ei riittänyt arvioimaan taimien maanpäällisten osien lämmitysvaikutusta. Pienten neulasten pintalämpötilojen mittaaminen lämpökameralla oli työlästä, eikä kaupallisia sensoreita ollut saatavilla, joten hankkeessa kehitettiin vaihtoehtoinen menetelmä: koeruutuihin asetettiin märkiä ja kuivia suodatinpapereita, joiden lämpökamerakuvien analysointi oli helppoa. Neulasten pintalämpötilat sijoittuivat kuivan

ja kostean paperin lämpötilojen väliin, joten niiden keskiarvoa käytettiin arvioinnissa. Kenttä oli tuulisempi kuin aiemmissa IR-lämmityskokeissa, mikä vähensi lämmittimien kokonaisvaikutusta ja johti siihen, että neulasten lämpötilan nousu jäi maaperän kohotusta pienemmäksi.

Kuivuuden tutkiminen ei onnistunut, koska kasvukausi 2023 oli keskimääräistä sateisempi ja kasvukausi 2024 sadannaltaan tavanomainen. Koeasetelmaa muokattiin tarkastelemaan kastelukäsittelyn ja lisääntyneen sadannan vaikutuksia taimien ilmastokestävytyteen. Hankkeen aikana ilmastomuutoksen vaikutuksia koskevat ennusteet tarkentuivat, ja lisääntynyt sadanta vahvistui aiempaa todennäköisemmäksi skenaarioksi Suomessa. Kasvukaudella 2023 maaperän vesipitoisuuksissa ei havaittu eroja kastelukäsittelyjen välillä, joten tarkastelu kohdistui lämpenemisen vaikutuksiin tilanteessa, jossa veden saanti oli riittävä. Kasvukaudella 2024 salamanisku rikkoi maaperän kosteusensorit, mikä esti kosteuden seurannan loppukauden ajan. Sadannan vaikutukset taimiin olivat kuitenkin niin selviä, että ne raportoitiin.

Hankkeen kokemusten perusteella kenttää on parannettu hankkimalla ukkoselle vähemmän herkkiä langattomia olosuhdeantureita sekä sadekatoksia, joiden avulla voidaan toteuttaa kuivuuskokeita jatkossa.

Ennakoitu riski oli Luken Jokioisten laboratorion pitkät jonot ravinneanalyysissä. Suunnitellut analyysit kasvinosien kokonaishiilen ja -tyypen määristä tehtiin vain ensimmäisestä kokeesta, jossa metsänviljelytaimia testattiin stressitestikentällä. Niistä luovuttiin seuraavissa kokeissa, koska analyysijä ei olisi saatu valmiiksi hankkeen aikana. Tulosten puute ei ole merkittävä, sillä neulasten ja rangan biomassan perusteella voidaan riittävän tarkasti arvioida hiilen sitoutumista.

Missä hankkeen aineisto säilytetään tai arkistoidaan? Ilmoita myös yhteystiedot.

Hankkeen tulosaineisto on pääasiassa digitaalisessa muodossa olevia valokuvia ja Excel-muodossa olevaa dataa. Se säilytetään Luonnonvarakeskuksen One Drive – tallennustilassa. Printatut datankeräysdokumentit säilytetään kansiossa, jossa lukee hankkeen nimi. Samassa kansiossa ovat nimitiedot eri tehtävänkuvia hoitaneista hankehenkilöistä. Yhteyshenkilön yhteystiedot tutkimusdatan osalta: Luonnonvarakeskus, Suonenjoki. Juntintie 154, 77600 Suonenjoki. minna.kivimaenpaa@luke.fi. Yhteyshenkilön yhteystiedot taloushallinnon dokumenttien osalta: kirsi.peuhkurinen@luke.fi

Mihin hankkeisiin tai hankekokonaisuuksiin hanke toiminnallisesti tai muuten liittyi ja miten?

Kasvualustojen ja niistä tehtyjen seosten soveltuvuuden ja lannoitustarpeen ennakkotestaus puuntaimien kasvatukseen tehtiin yhteistyössä hankkeiden Kasvuturpeelle kavereita (KaTuKa, 2022–2023, Luonnonvarakeskuksen diaarinumero: 843/12 01 01 01/2022) ja Puulajivalikoiman monipuolistaminen metsänhoidossa ilmastokestävytyden lisäämiseksi (PUUVA, 2022–2024, Luonnonvarakeskuksen diaarinumero: 231/12 01 01 01/2022) kanssa. KaTuKa-hankkeessa tutkittiin männynntaimia, PUUVA-hankkeessa vähemmän käytettyjä puulajeja ja Ilmastotaimet -hankkeessa kuusta. Kasvualustat olivat pääosin samat. KaTuKa-hankkeen analyysit kasvualustojen fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista olivat pohja kasvualustavalintoihin näissä kolmessa hankkeessa ja myöhemmissä kasvualustahankkeissa. Katuka- ja Ilmastotaimet-hankkeissa selvitettiin rinnakkain kasvualustan vaikutusta havupuiden taimisaantoon muovikasvihuoneella.

Hanke Uudet kasvualustat (UDKAT, 2023–2026, Dnro: EURA 2021/900845/09 02 01 01/2023/PSL) hyödynsi Ilmastotaimet-hankkeessa saatuja kokemuksia ja tuloksia kuusen kasvatuksesta turvetta korvaavissa kasvualustoissa ja vaikutti UDKAT-hankkeen kasvualustavalintoihin ja kasvatuskäytäntöihin. Ilmastotaimet-hankkeessa tuotettuja kuusen taimia käytettiin UDKAT-hankkeen testauksissa, joissa selvitettiin kasvualustan vaikutusta kuusen taimien kuivumisherkkyyteen, ja siten kastelutarpeeseen, taimien välivarastoinnissa. Ilmastotaimet-hankkeen taimia myös istutettiin UDKAT-hankkeessa uudistamisaloille selvittäessä kasvualustan vaikutusta kuusen maastomenestykseen.

Hankkeessa saadut kokemukset turvetta korvaavista kasvualustoista ja taimien stressitestauksista kentällä ovat olleet pohjana hankkeessa Rauduskoivun kestävä kasvatus Suomessa (KOIVU, 2024–2026, Luonnonvarakeskuksen diaarinumero 3526/12 01 01 01/2023).

Stressikentälle kasvaneiden mykoritsasienten itiöemien biomassat määritettiin yhteistyössä hankkeen ”Harnessing forest genetic resources for option diversification in the face of environmental and societal changes (OptFORESTS, 2022–2027, Luonnonvarakeskuksen diaarinumero 453/12 01 01 01/2022) kanssa.

Hyperspektrikuvausmenetelmää puuntaimien kokeman stressin tunnistamiseen kehitettiin yhdessä hankkeen New methods for studying stress resistance of tree seedlings (Stress Tools, 2022–2023, Luonnonvarakeskuksen diaarinumero */12 01 01 02/2022) kanssa.

Hankkeen kokemukset kasvualustojen sopivuudesta kuusen paakkutaimituotantoon ovat vaikuttaneet hankkeen ”Kotimaisen kuivike- ja kasvualustatuotannon turvaamiseksi laadittava strateginen tiekartta” (Luonnonvarakeskuksen diaarinumero 1493/12 01 01 00 01/2025) toteutukseen.

Hankkeen aikana tehty stressitestikentän tekniikan kehittäminen ja käsittelyjen luotettavuuden verifiointi edesauttoi Luken Suomenjoen toimipaikan hyväksymistä osaksi Suomen Akatemian huipputyöryhmää (Centre of excellence in Anthropogenic Chemical Ecology of Forests, päätöspäivämäärä 16.12.2025, Luonnonvarakeskuksen diaarinumero 3434/12 01 01 01/2024).

6. Horisontaaliset periaatteet

EU:n perusoikeusasiakirja, YK:n vammaisyleissopimus ja sukupuolten tasa-arvo

Miten sukupuolten tasa-arvo toteutui hankkeessa?

Jonkin verran myönteistä vaikutusta

Hankkeen toteutuksessa sukupuolella ei ollut merkitystä vaan henkilön osaamisella. Varsinaisten hankehenkilöiden ja flat rate -osuudella työskentelevien henkilöissä oli etunimien perusteella sekä miehiä että naisia. Hankkeen tuloksista hyötyvät mm. taimitarhatuottajat ja kasvualustojen valmistajat, joiden yrityksissä työntekijöiden sukupuoli ei ole oleellinen työn tekemiselle. Tuloksia voivat hyödyntää myös ympäristö- ja metsäalan oppilaitokset, joissa niin ikään sukupuoli ei ole rajaava tekijä.

Luonnonvarakeskuksen kaikessa toiminnassa noudatetaan Luonnonvarakeskuksen Hyvän toimintatavan periaatteita koskien mm. henkilöstön tasavertaista kohtelua.

Vammaisten henkilöiden sopeutuminen yhteiskuntaan, erityisesti saavutettavuus työvälineiden käytössä ja esteettömyys työtiloissa

Jonkin verran myönteistä vaikutusta

Hankkeen avoimien ovien tapahtuma oli järjestetty niin, liikuntaesteiset pystyivät tarvittaessa osallistumaan tilaisuuteen. Hankkeen Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus -julkaisusarjassa julkaistavassa raportissa ”Ilmastokestävät ja hiiltä sitovat taimet. Hankkeen loppuraportti.” noudatetaan EU:n saavutettavuusdirektiiviä ja kansallista digipalvelulakia, jotta raportti on saavutettava näkövammaisille.

Turvalliset työolot

Selvästi myönteistä vaikutusta

Hankkeessa käytettävä stressitestikenttä on uusi infrastuktuuri, jonka työturvallisuuteen on erityisesti kiinnitetty huomiota keskustellen käyttäjien kanssa ja tehden parannuksia infrastruktuuriin. Henkilöstölle on ohjeet työturvallisuudesta tutkimusinfrastruktuureissa, joita hankkeessa noudatetaan. Jokaisella työntekijällä oli oikeus terveellisiin, turvallisiin ja ihmisarvoisiin työoloihin ja työehtoihin. Jokaisella työntekijällä oli oikeus enimmäistyöajan rajoitukseen sekä päivittäisiin ja viikoittaisiin lepoaikoihin ja palkalliseen vuosilomaan.

Syrjintäkielto kaikelle syrjinnälle

Jonkin verran myönteistä vaikutusta

Hankkeessa ei syrjitty ketään sukupuolen, rodun, ihonvärin, etnisen tai yhteiskunnallisen alkuperän, geneettisten ominaisuuksien, kielen, uskonnon tai vakaumuksen, poliittisten tai muiden mielipiteiden, kansalliseen vähemmistöön kuulumisen, varallisuuden, syntyperän, vammaisuuden, iän, sukupuolisen suuntautumisen tai minkään muun vastaavan seikan perusteella.

Henkilötietojen suoja

Selvästi myönteistä vaikutusta

Henkilötietojen suoja on osa Luonnonvarakeskuksen Hyvän toimintatavan periaatteita, johon jokainen työntekijä ja Luonnonvarakeskuksen hanke sitoutuu. Luonnonvarakeskuksen henkilöstö on käynyt Tietosuojan ABC-koulutuksen.

Ympäristönsuojelu

Jonkin verran myönteistä vaikutusta

Luonnonvarakeskus on sitoutunut kaikessa hanketoiminnassa ylläpitämään ympäristönsuojelun korkeaa tasoa ja parantamaan ympäristön laatua. Hankkeessa se on näkynyt mm. vastuullisena kasvijätteen ja materiaali-jätteen käsittelynä ja kierrätyksenä. Hankkeen yhtenä keskeisenä tavoitteena on vähentää mm. vesistönpäästöjä aiheuttavaa kasvuturpeen nostoa ja korvata kasvuturpe ympäristöystävällisemmällä vaihtoehdoilla.

Kestävä kehitys: Ekologinen kestävyys

Luonnonvarojen käytön kestävyys

Selvästi myönteistä vaikutusta

Kasvuturpeen osittainenkin korvaaminen kasvualustoissa muilla materiaaleilla parantaa luonnonvarojen käytön kestävyttä. Paine turpeen nostoon vähenee, jolloin suot säilyvät luonnontilaisina ja niiden monimuotoisuus turvataan.

Hanke osoitti, että maatalouden sivuvirtoja (tässä karjan lannan mädätejäännös) ja puuntuotannon sivuvirtoja (tässä puukuitu) voidaan hyödyntää osana kasvualustoja.

Ilmastonmuutoksen aiheuttamien riskien vähentäminen

Selvästi myönteistä vaikutusta

Hanke osoitti, että kuuset kestävät hyvin muuttuvia ilmasto-olosuhteita ja erityisesti metsänviljelytaimien kasvu ja kunto jopa hyötyvät ilmaston lämpenemisestä, kun veden saanti oli riittävä. Voimakas sadannan lisääntyminen heikensi taimien kasvuja ja elinvoimaisuutta, mutta ei aiheuttanut merkittäviä tuhoja. Abioottiset ja bioottiset vauriot olivat lieviä, ja taimikuolleisuus erittäin vähäistä. Lämpenemisen tuomat hyödyt ja vähäiset tuhot edistävät taimikoiden muodostumista hiilinieluksi ja parantavat metsätalouden kannattavuutta. Lisäksi tieto ilmastonmuutosta hyvin kestävästä taimiaineksesta vähentää ilmastonmuutokseen liittyviä riskejä.

Kasvillisuus, eliöt ja luonnon monimuotoisuus

Selvästi myönteistä vaikutusta

Hanke osoitti, että Pohjois-Savoon soveltuvat metsänviljelytaimet kasvoivat hyvin ilmaston lämpenemistä simuloivissa olosuhteissa, ja sekä kasvukauden aikaiset että talven jälkeiset vauriot sekä taimikuolleisuus olivat vähäisiä. Nopeakasvuinen ja ilmastonmuutosta hyvin kestävä taimikko muuttuu nopeammin metsäksi, mikä luo elinympäristöjä myös muille eliölajeille ja lisää luonnon monimuotoisuutta. Turpeen noston vähentäminen auttaa säilyttämään suoluontoa luonnontilaisena, millä on positiivisia monimuotoisuusvaikutuksia.

Pinta- ja pohjavedet, maaperä sekä ilma (ja kasvihuonekaasujen väheneminen)

Selvästi myönteistä vaikutusta

Turpeennosto aiheuttaa merkittävää vesistökuormitusta ja lisää kasvihuonekaasupäästöjä. Tutkittu tieto turvetta korvaavien kasvualustojen soveltuvuudesta metsätaimituotantoon osoittaa, että turvetta voidaan ainakin osittain korvata muilla materiaaleilla. Tämä säästää nykyisiä kasvualustatuotantoon käytettäviä turpeennostoalueita ja vähentää painetta perustaa uusia. Hanke osoitti, että kuusen metsänviljelytaimien biomassan kertyminen lisääntyy ilmaston lämmetessä, mikä tarkoittaa, että hiilidioksidi sitoutuu enemmän hiileen taimiin. Samanaikaisesti kuitenkin juuristosta vapautuva hiilidioksidi ylitti juuriin sitoutuvan hiilen määrän, mikä heikensi taimien hiilitasetta ilmaston lämmetessä. Taimivalinnan merkitys kasvihuonekaasujen vähentämisessä näyttää vähäiseltä, kunhan versot ja juuret kasvavat hyvin, taimikuolleisuus pysyy alhaisena ja taimet kestävät muuttuvia ilmasto-olosuhteita. Kaikki hankkeen kuusimateriaalit täyttivät nämä ehdot juurten kasvun ja alhaisen taimikuolleisuuden osalta. Puiden geneettisellä alkuperällä ja kasvualustoilla voi kuitenkin olla vaikutusta verson kasvuun ilmaston muuttuessa. Lisäksi sadannan lisääntymisen pitkäaikaisista vaikutuksista tarvitaan lisää tutkimusta.

Natura 2000 -ohjelman kohteet

Ei myönteistä vaikutusta

Hanke ei kohdistunut Natura 2000 -ohjelman kohteille.

Kestävä kehitys: Taloudellinen kestävyys

Materiaalit ja jätteet

Selvästi myönteistä vaikutusta

Karjanlannan mädätejäännöstä ja puukuitua käytettiin kasvualustaseoksissa, joiden soveltuvuutta puuntaimien kasvualustaksi testattiin aiempaa laajemmassa mittakaavassa taimitarhalla. Ensimmäistä kertaa arvioitiin myös vaikutuksia taimien alkuvaiheen maastomenestykseen, hiilensidontaan ja ilmastokestävyteen.

Hankkeen tulokset osoittivat, että uusilla kasvualustoilla voitiin tuottaa turpeeseen vertailukelpoisia määriä laadukkaita taimia, jotka menestyivät istutuksen jälkeen maastossa, eivät merkittävästi heikentäneet biomassan kertymistä eli hiilen sidontaa ja kestivät muuttuvia ilmasto-olosuhteita.

Tulokset antavat vahvan taloudellisen signaalin selvittää puuntuotannon ja maatalouden sivuvirtojen kannattavuutta kasvualustojen valmistuksessa sekä kehittää puukuitua ja karjanlannan mädätejäännöstä kasvualustakomponenteiksi.

Uusiutuvien energialähteiden käyttö

Ei myönteistä vaikutusta

Hanke ei liittynyt uusiutuvien energialähteiden käyttöön.

Paikallisen elinkeinorakenteen kestävä kehittäminen

Jonkin verran myönteistä vaikutusta

Metsätalouteen ja metsätaimituotantoon kohdistuu kansallisesti ja kansainvälisesti painetta muuttaa elinkeinoa ympäristöystävällisemmäksi. Turpeen energia- ja kasvualustakäyttöä on kyseenalaistettu ja mm. Pohjoismaiden suurin metsätaimituottaja Svenska Skogsplanter on ilmoittanut luopuvansa kasvuturpeen käytöstä. Kotimaisen ja alueellisen viljelymetsätalouden ja metsätaimituotannon jatkuvuuden ja taloudellisten toimintaedellytysten turvaamiseksi on tärkeää luoda edellytykset käyttää tarvittaessa turvetta korvaavia kasvualustoja paakkutaimituotannossa. Hankkeessa todennettiin, että turpeelle on olemassa teknisesti toimivia vaihtoehtoja kuusen taimituotannossa. Pohjois-Savossa ja Itä-Suomessa toimii kasvualustoja tai niiden raaka-aineita tuottavia yrityksiä, jolle turpeettomuus on haasteiden lisäksi myös liiketaloudellinen mahdollisuus.

Aineettomien tuotteiden ja palvelujen kehittäminen

Ei myönteistä vaikutusta

Hankkeessa ei kehitetty aineettomia tuotteita ja palveluja.

Liikkuminen ja logistiikka

Ei myönteistä vaikutusta

Hanke ei liity liikkumiseen ja logistiikkaan.

Kestävä kehitys: Sosiaalinen ja kulttuurinen kestävyys sekä yhdenvertaisuus

Kulttuuriympäristö

Jonkin verran myönteistä vaikutusta

Mahdollisuus korvata turvetta muilla kasvualustamateriaaleilla vähentää osaltaan tarvetta perustaa uusia turvetuotantoalueita. Tämä pienentää maisemallisia haittoja ja säilyttää soiden virkistysarvon.

Ympäristöosaaminen

Selvästi myönteistä vaikutusta

Hanke lisäsi kohderyhmien ympäristöosaamista ja vahvisti ympäristötietoisuutta.

Vaikutus saavutettiin aktiivisen viestinnän avulla, joka sisälsi 30 seminaaria, tapahtumaa tai vierailua sekä 10 haastattelua, lehtiartikkelia, blogikirjoitusta, viestintäartikkelia tai tieteellistä julkaisua.

Yliopisto- ja peruskouluopiskelijoiden konkreettinen osallistuminen hankkeeseen vahvisti heidän ympäristöosaamistaan ja -tietoisuuttaan. Lisäksi ohjausryhmätyöskentelyllä oli merkittävä rooli sekä osaamisen kehittämisessä että viestin välittämisessä omille sidosryhmilleen.

Lisätiedot

Vakuutukset

Tuen saaja vakuuttaa loppuraportin sisältämät tiedot oikeiksi.

Allekirjoitukset

20.2.2026 13:46

Ville Antti Kankaanhuhta
Ryhmäpäällikkö, erikoistutkija

Tämä asiakirja on allekirjoitettu sähköisesti vahvasti tunnistautuneena EURA 2021 -järjestelmässä (Suomi.fi-tunnistuspalvelu)

Liitteet

Ei tietoja