

Harvester Seasons - korjuukelpoisuuspalvelun kehityspolku

Metsätehon tulokalvosarja 4/2025

Heikki Ovaskainen¹, Asko Poikela¹, Kirsi Rieki¹, Jukka Malinen¹, Miriam Kosmale², Mikko Moisander² ja Mikko Strahlendorff²

Metsäteho Oy¹

Ilmatieteen laitos²

ISSN 1796-2390



Funded by
the European Union



Metsäteho



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Sisältö

- Tiivistelmä
- Taustaa
- Tavoitteet
- Harvester Seasons -palvelun toimintaperiaate nykyisin
- Clim4Energy C3S-hanke
- Harvester Seasons C3S-hanke
- E-shape H2020-hanke
- Harvester DestineE DE-hanke
- Jatkokehitystarpeet ja CryoSCOPE HE-hanke



Tiivistelmä

- Harvester Seasons on Ilmatieteen laitoksen kehittämä palvelu tarjoamaan korjuukelpoisuusennusteita puunkorjuun suunnittelun tueksi. Palvelu auttaa ajoittamaan puunkorjuun oikein ja välttämään maaperävaurioita.
- Harvester Seasons käyttää pohjana Metsäkeskuksen korjuukelpoisuuskarttoja, jotka yhdistetään sää- ja ilmastoennusteisiin. Palvelu antaa kuuden kuukauden ennusteen hyvistä, epävarmoista ja huonoista korjuuolosuhteista.
- Clim4Energy-hanke toimi Harvester Seasons -palvelun lähtöhankkeena vuosina 2015-2018. Hankkeessa kehitettiin indikaattori, joka arvioi talvisia korjuuolosuhteita metsässä.
- Euroopan keskipitkien sääennusteiden keskuksen Copernicus-ohjelman C3S Forestry Use Case Harvester Seasons -ilmastopalvelun kehityshankkeessa saatiin palvelun ensiversio käyttöön. Metsäteho järjesti webinaareja ja keräsi käyttäjäkokemuksia palvelun toimivuuden arvioimiseksi.
- Harvester DestinE -kehityshanke: EU:n digikaksonen hankkeen Destination Earth Forestry Use Case -hankkeessa parannettiin palvelun ennusteita ja laajennettiin sen kattavuutta Euroopan tasolle.
- Kaikkiaan käyttäjät kokivat Harvester Seasons -palvelun hyödylliseksi ja toivoivat uusia ominaisuuksia, kuten metsäpalo- ja tuulenpuuskainformaatiota. Palvelun saatavuus ja käyttövarmuus paranivat kaikkien hankkeiden aikana.



Urapainumia tulee välttää

- Nykyaikaiset metsäkoneet vaativat tarkkaa maaperän kantokyvyn huomioimista vaihtelevassa ilmastossa.
- Urapainumien tekemistä tulee välttää, valtioneuvoston asetus (1308/2013)
 - *Kasvatushakkuissa ja erityiskohteissa puunkorjuun aiheuttamien urapainaumien keskimääräinen osuus **ei saa ylittää** kangasmaalla 20 prosenttia ja turvemaalla 25 prosenttia käsittelyalueen ajourien kokonaispituudesta.*
 - *Urapainaumaksi katsotaan kangasmaalla yli metrin pituinen ja kenttäkerroksen alareunasta laskettava yli 10 senttimetriä syvä painauma.*
 - *Turvemaalla urapainaumaksi katsotaan yli metrin pituinen turpeeseen leikkautunut yli 20 senttimetrin syvyinen painauma.*



Sään vaikutuksia metsäkoneiden liikkumiseen

- **Routa parantaa** maaperän kantavuutta jäädyttämällä sen pintakerroksen, mikä vähentää ja myös korjaa metsäkoneiden painon aiheuttamaa maaperän tiivistymistä ja painumien muodostumista.
- **Lumi** suojaa maaperää koneen teloilta ja kasvattaa yleensä maaperän kantavuutta. Tämä on erityisen hyödyllistä pehmeillä ja kosteilla alueilla, joissa maaperän kantavuus voi muutenkin olla heikko. Lumen rakenteella on merkitystä kantavuuteen ja lumikerroksen rakenne muuttuu talven myötä. Nykyisten talvien vaihtelevuus lisää rakennevaihtelua.
- **Sateet ja kosteus heikentävät** maaperän kantavuutta, mikä voi vaikeuttaa koneiden liikkumista ja lisätä riskiä maaperän vaurioitumiselle. Veden 40 % tilavuussuhde hienojakoisessa maaperässä on eräänlainen kantavuuden raja-arvo.
- **Lämpimät ja kuivat olosuhteet** lisäävät haihdutusta ja kuivuus kovettaa maaperää, mikä lisää kantavuutta ja parantaa koneiden liikkumismahdollisuuksia.
- **Sulamiskauden** aikana maaperä on erityisen herkkä vaurioitumiselle, sillä lumen ja roudan sulaessa maaperän kosteus lisääntyy ja kantavuus heikkenee nopeasti.

Milloin kantavuus sitten on hyvä tai huono?



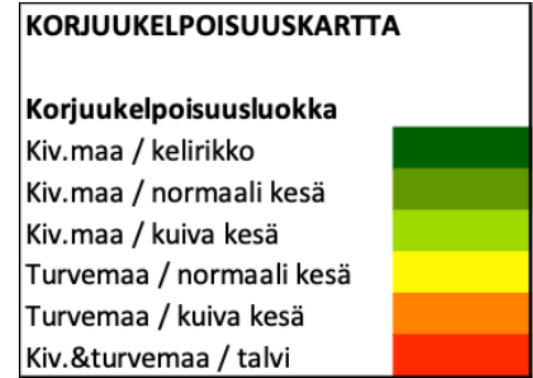
Harvester Seasons -palvelu

- Harvester Seasons on Ilmatieteen laitoksen kehittämä puunkorjuuta tukeva palvelu, joka tarjoaa korjuukelpoisuusennusteita puunkorjuun suunnittelun tueksi.
 - harvesterseasons.com
- Palvelu tarjoaa tietoa maaperän tulevasta kantokyvystä auttamaan puunkorjuun ajoituksen onnistumisessa ja siten maaperävaurioiden välttämässä.
- Korjuukelpoisuusennuste perustuu Metsäkeskuksen laatimaan maaperän korjuukelpoisuusluokitteluun sekä sää- ja vuodenaikaisennusteisiin, jotka ennakoivat maaperän kosteus-, lämpötila- ja lumitilanteita.
- Harvester Seasons -palvelua on kehitetty neljässä hankkeessa vuosien 2015-2024 aikana.
 - Clim4Energy -hankkeessa kehitettiin indikaattori arvioimaan talvisia korjuuolosuhteita.
 - Harvester Seasons C3S-hankkeessa palvelu lanseerattiin julkiseen käyttöön ja sen hyödyllisyyttä arvioitiin ja kehitettiin edelleen käyttäjäpalautteen avulla.
 - [E-shape](#)-hanke mahdollisti Harvester Seasons -palvelun laajentamisen ja hienosäätämisen vastaamaan metsätalouden toimijoiden operatiivisia tarpeita.
 - Harvester DestinE -hankkeessa palvelun osuvuutta parannettiin ja laajennettiin kattamaan Eurooppa korjuukelpoisuuskartalla. Käyttäjäpalautetta kerättiin punniten myös uusien ominaisuuksien hyödyllisyyttä.



Harvester Seasons -palvelun toimintaperiaate

- Palvelun perustana käytetään Metsäkeskuksen tarjoamia korjuukelpoisuuskarttoja, jotka kuvaavat metsämaan yleisiä kantavuusolosuhteita staattisten olosuhdetietojen pohjalta kuuteen luokkaan luokiteltuna.
- Korjuukelpoisuusluokituksessa hyödynnetään
 - Maalajitietoa (turvemaa/kivennäismaa)
 - Topografinen kosteusindeksi
 - Puuston määrää (m³/ha)
 - Ojien kuntoa (“kuivavara”)



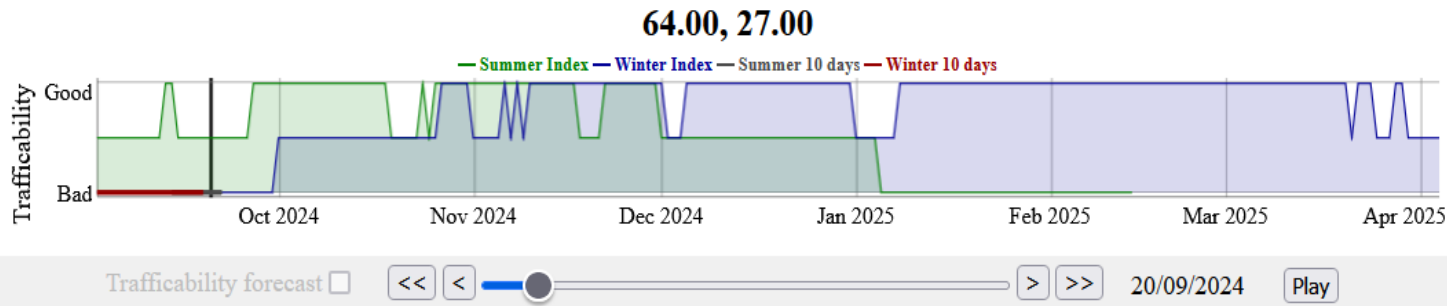
Kosteusindeksi

- Harvester Seasons -palvelussa maaperän kantavuutta mallinnetaan kosteusindeksin avulla.
- Maaperän kosteusindeksi (Soil Water Index, SWI) kuvaa **maaperän kosteuden tilaa** eli maaperän vesivarastoa tietyllä ajanjaksolla. Indeksien arvo perustuu tavallisesti satelliittien tai maanpinnan kosteusantureiden keräämiin tietoihin.
(<https://land.copernicus.eu/en/products/soil-moisture>)
- Kosteusindeksi ilmaisee, kuinka paljon vettä maaperässä on suhteessa sen maksimikapasiteettiin.
 - Indeksien arvo vaihtelee välillä 0–1 tai prosentteina 0–100%, missä:
 - 0 = täysin kuiva maa.
 - 1 (tai 100%) = täysin kyllästynyt maa (maaperä ei pysty pidättämään enempää vettä)
- Kosteusindeksi lasketaan yleensä käyttämällä ajallisesti keskiarvoistettuja tietoja maaperän kosteudesta, esimerkiksi satelliittien mikroaaltomittauksista.
- Aiheesta on lisätietoja liitteessä 1.



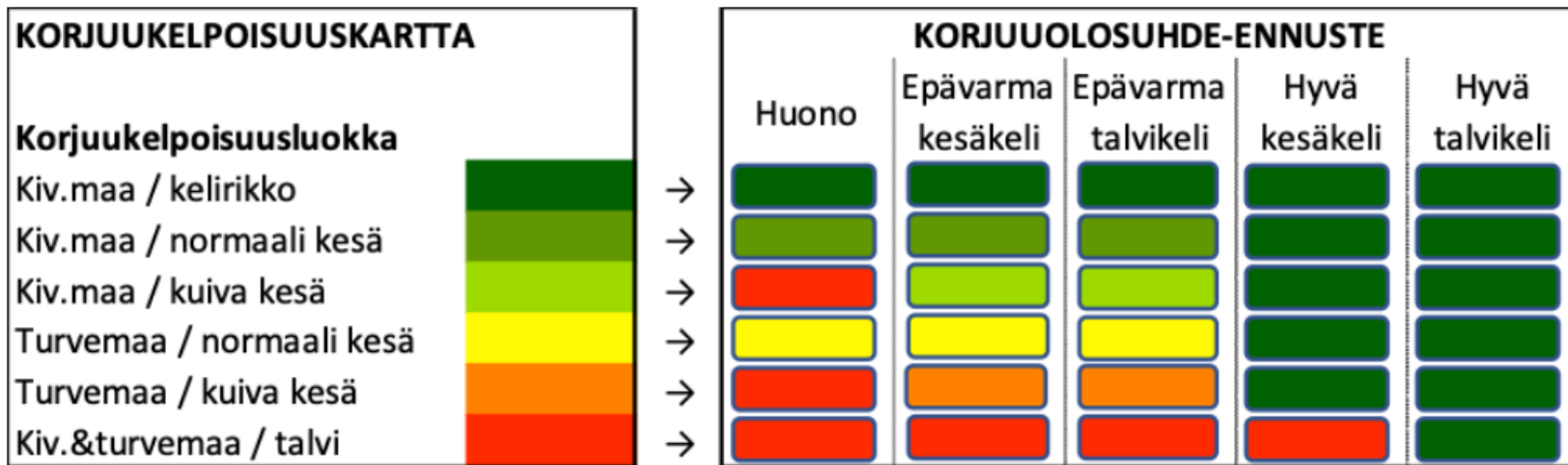
Harvester Seasons -palvelun toimintaperiaate

- Palvelu antaa kuuden kuukauden ennusteen **hyvistä, epävarmoista ja huonoista** korjuuolosuhteista.
- Korjuukelpoisuuskarttojen luokkia täydennetään sää- ja ilmastoennusteilla, jolloin korjuukelpoisuuskarttojen esittämästä korjuukelpoisuudesta saadaan ajankohtaan tarkennettu luokka.
- Palvelu esittää kesä ja talvi indeksejä, jotka kuvaavat kohteen korjuukelpoisuutta kesä- ja talvitilanteiden kannalta asteikolla Hyvä, Epävarma (keskellä kuvaajaa) ja Huono.
- **Summer Indexin** arvo muodostetaan maan pintakerroksen (0 – 28 cm) kosteuden perusteella. Arvo on Hyvä, jos maaperän veden tilavuusprosentti on pienempi kuin 40 % tai SWI on alle 55 %. Menneet päivät perustuvat satelliittihavaintoihin sekä ensimmäiset 15 tulevaa päivää perustuvat sääennusteeseen, sitä seuraavat noin 200 päivää vuodenaikaisennusteeseen.
- **Winter Index** muodostetaan vastaavista aineistoista lumikerroksen paksuuden ja maaperän lämpötilan perusteella. Arvo on Hyvä, jos lunta on yli 40 cm tai routaa 20 cm.



Harvester Seasons -palvelun toimintaperiaate

- Ennusteissa 90 % ilmastomalleista on oltava yhtä mieltä siitä, että kynnyсарvo ylitetään suuntaan taikka toiseen, jolloin korjuukelpoisuusluokkaa muutetaan **Hyväksi** tai **Huonoksi**.
- Jos ennusteparvi on tasaisemmin kynnyksen eri puolin ennuste on **Epävarma**, tällöin korjuukelpoisuusluokka säilyy ennallaan.



Clim4Energy - Harvester Seasons -palvelun kehittämisen aloitushanke vuosina 2015-2018

- Harvester Seasons -palvelun lähtöhankkeena toimi [Clim4Energy](#)-hanke.
- Metsäteho Oy osallistui Clim4Energy-hankkeeseen Ilmatieteen laitoksen kanssa vuosina 2015-2018 kehittämällä indikaattorin, joka arvioi talvisia korjuuolosuhteita metsätaloudessa.
- Tämä indikaattori auttoi suunnittelemaan puunkorjuuta erityisesti turvemailla, missä kantavuus on kriittinen tekijä.
- [Indikaattori](#) perustuu maaperän jäätyminen ja lumensyvyuden arviointiin, jotka vaikuttavat metsäkoneiden toimintaan talviolosuhteissa.
- Metsätehon roolina oli kerätä käyttäjätarpeita ja ohjata indikaattorin kehitystä tarpeita vastaavaksi.
- Ilmatieteen laitos laski indikaattoria ilmastoennusteista ja selvitti miten korjuuolosuhteet ilmaston muuttuessa kehittyvät.



Harvester Seasons - kehityshanke 2019-2020

C3S Forestry Use Case Harvester Seasons

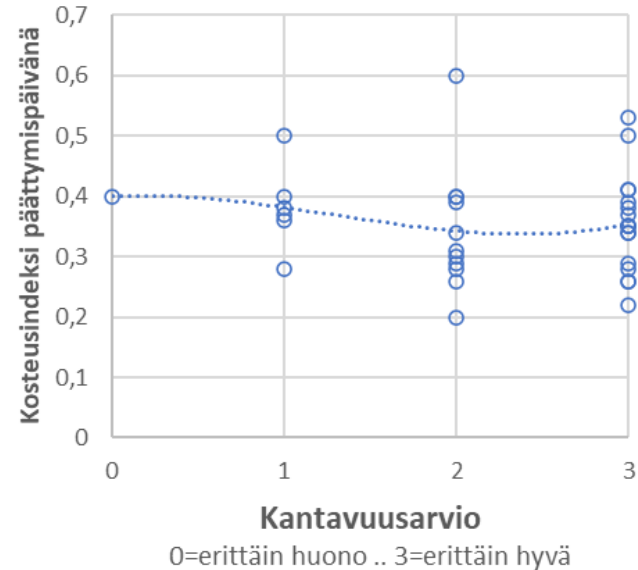
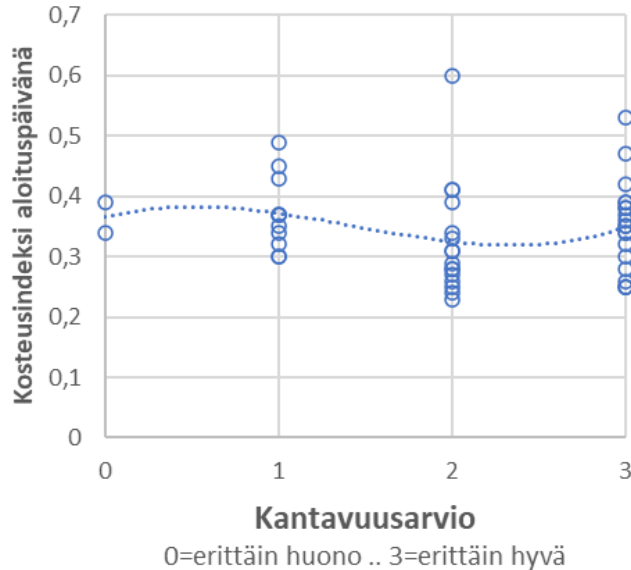


C3S Forestry Use Case Harvester Seasons

- Euroopan keskipitkien sääennusteiden keskuksen (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, [ECMWF](#)) [Copernicus-ohjelman ilmastopalvelun](#) kehityshankkeessa [C3S Forestry Use Case Harvester Seasons](#) palvelun ensiversio kehitettiin ja otettiin käyttöön.
 - Hankkeen rinnalla kulki lisäksi [E-Shape](#)-hanke 2019-2024, jossa erityisesti palvelun tuotantojärjestelmää ja erilaisia malleja tietojen tuottamiseen selvitettiin ja verrattiin. Metsäteho ei ollut mukana tässä hankkeessa.
- Metsätehon tehtävänä oli järjestää kaksi Harvester Seasons -palvelua esittelevää webinaaria, kerätä ja raportoida palvelusta käyttäjäkokemuksia käyttäjäkyselyjen pohjalta sekä validoida palvelun toimivuutta todellisen leimikkoaineiston avulla.
- Metsäteho järjesti kaksi verkkopohjaista kyselyä, joissa kerättiin käyttäjien kokemuksia palvelun käytöstä.
- Metsätehon osakkailta kerättiin leimikkoaineisto, johon oli merkitty kunkin leimikon osalta korjuun onnistuminen maaperän kantavuuden näkökulmasta.



Kantavuusarviot suhteessa palvelun tuottamaan kosteusindeksiin (veden tilavuusosuus maaperässä)



Leimikon korjuun aikana arvioidun kantavuusolosuhteen vertailu aloitus- ja lopetuspäivän kosteusindekseihin. Indeksi ei korreloi kuin vähän kantavuusarvioiden kanssa.

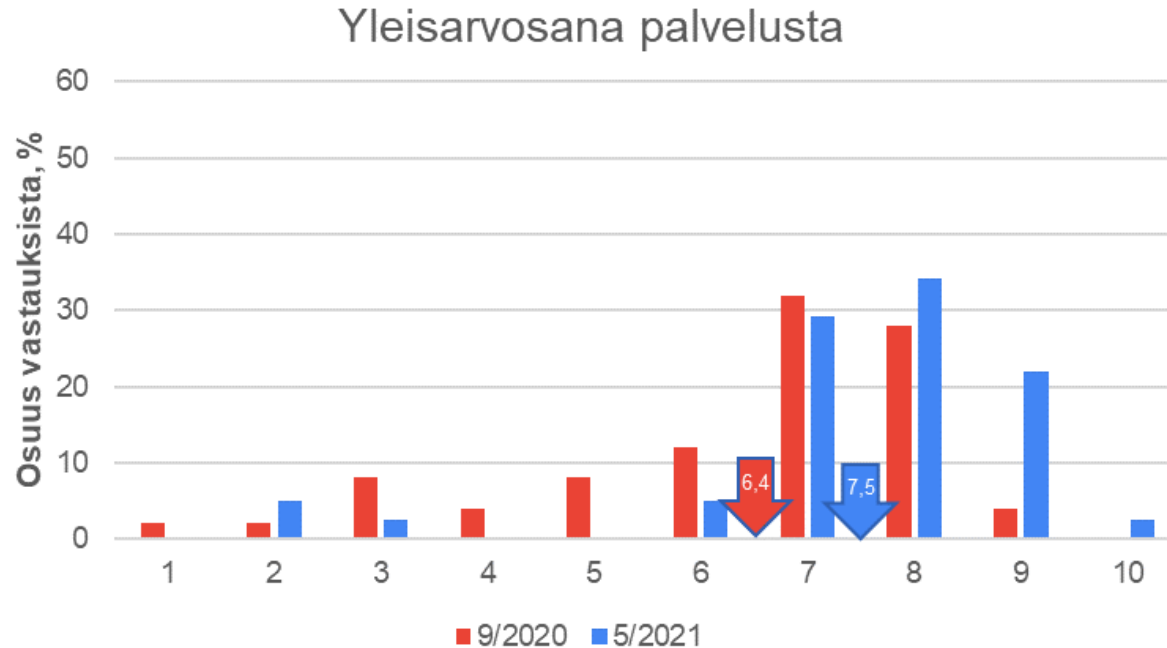


Kokemukset ensimmäiseltä kokeilujaksolta

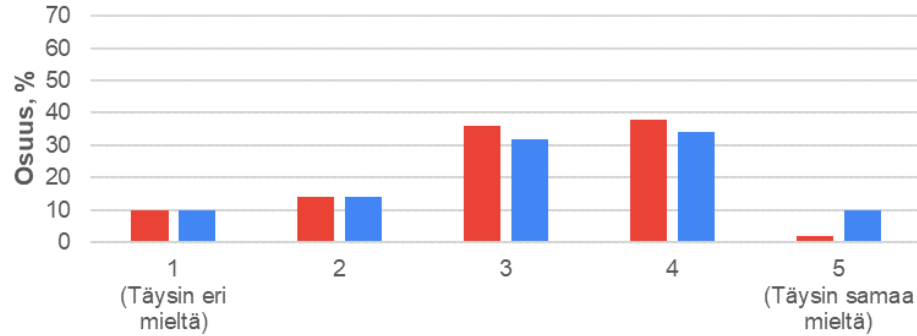
- Testauksen kohteena oli lyhimmän aikavälin maaperän kosteusennuste eli kyselyhetken tilanne.
- Palvelun tuottaman maaperän kosteusindeksin ja korjuun aikana todetun kantavuusolosuhteen välisessä riippuvuudessa oli parantamisen varaa.
 - Indeksi perustui puhtaasti mallinnukseen ja mallin erottelukyky 9 x 9 km oli karkea.
 - Kantavuudeltaan parhaiksi arvioiduilla kohteilla kosteustaso oli lähes sama tai jopa korkeampi kuin heikommin kantaneilla, vaikka tarkastelusta rajattiin pois kelirikkokohteet (= ympäri vuoden korjattavissa olevat leimikot).
- Tarkempi kosteus- ja maalajitieto (hieno/karkea) yhdessä voisi parantaa ennusteen osuvuutta, mutta sitä ei ole kattavasti saatavilla.
- Kosteustiedon havaintoja kaivataan ennusteiden validointiin, eikä niitä ole saatavissa kuin satelliiteista koko maan kattavasti.



Kyselytutkimukset 09/2020 ja 5/2021

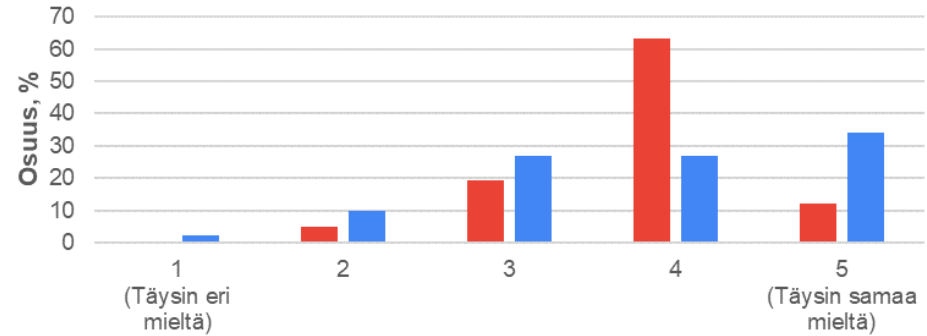


Kyselytutkimukset 09/2020 ja 05/2021



■ Koin saavani palvelusta hyödyllistä tietoa työni kannalta

■ Aion käyttää HasverterSeasons-palvelua jatkossa



■ Koin saavani palvelusta hyödyllistä tietoa työni kannalta

■ Aion käyttää HasverterSeasons-palvelua jatkossa

Käyttäjäkokemukset ja kehitystoiveet

- Palvelun saatavuus ja käyttövarmuus paranivat hankkeen aikana.
- Palvelu tulisi kytkeä tavalla tai toisella puunhankinnan suunnittelujärjestelmiin esimerkiksi WoodForceen, jolloin kantavuustieto olisi saatavilla samasta paikasta kuin muukin korjuuseen liittyvä tieto.
- Ennuste olisi hyvä saada datana rajapintapalvelusta.
 - Jakaumana tai yleistettynä korjuulohkolle/-kuviolle.
- Routa-asemien mittaushavainnot olisivat tärkeä lisä palvelussa.
 - <https://www.vesi.fi/karttapalvelu/?theme=finnrouy&teema=routatilanne>
- Palaute kentältä oli pääasiassa positiivista ja tämän tyyppiselle palvelulle koettiin olevan tarvetta.



Harvester DestinE -kehityshanke 2022-2024



Hankkeen taustaa ja tavoitteet

- Hanke oli EU:n digikaksosen -hankkeen Destination Earth Forestry Use Case -hanke, jossa havaintotietoja selvittämällä ja aineistojen koneoppimisella mallien ennusteita parannettiin.
- Tavoitteena oli Harvester Seasons -palvelun tarkkuuden parantaminen yhdeksästä kilometristä yhden kilometrin tasolle satelliittihavaintojen tuomisella järjestelmään maaperän kosteuden osalta. Ennusteissa DestinE-digikaksosen ennusteita tehtiin neljän kilometrin tarkkuudella.
- Lisäksi tavoitteena oli koneoppimisen hyödyntäminen ennusteiden laadinnassa niin maaperän kosteuden, lämpötilan ja lumen syvyyden osalta sekä palvelun laajentaminen Euroopan tasolle korjuukelpoisuuskartan osalta.
- Hankkeessa arvioitiin uusien tuotteiden tarpeellisuutta palvelussa esimerkiksi tuulenpuuskainformaatio ja metsäpälöriski, sekä kuinka digikaksosia voidaan hyödyntää palvelussa.



Funded by
the European Union

Destination Earth implemented by



Metsätehon tehtävät hankkeessa

- Harvester DestinE -kehityshankkeessa Metsätehon tehtävänä oli järjestää palvelua esittelevä webinaari kansainväliselle yleisölle, kerätä ja raportoida palvelusta käyttäjäkokemuksia käyttäjäkyselyjen avulla sekä validoida palvelun toimivuutta todellisen leimikkoaineiston avulla.
- Metsätehon osakkailta kerättiin leimikkoaineisto, johon oli merkitty kunkin leimikon osalta korjuun onnistuminen maaperän kantavuuden näkökulmasta.
- Metsäteho järjesti kaksi verkkopohjaista kyselyä, joissa kerättiin käyttäjien kokemuksia palvelun käytöstä.



Palvelun osuvuuden tarkentaminen

- Maaperän kosteuden osuvuutta eri maalajeille ja maaston hienorakenteelle haluttiin kasvattaa.
 - Parannusta tuotiin palveluun korvaamalla mallin maaperän veden tilavuusprosentti Soil Water Index SWI -muuttujalla, josta saadaan päivittäin 1 x 1 km pikseleleissä havaintoja Euroopasta. Palvelussa on arvoja toissapäivästä lähtien menneille arvoille.
 - SWI:lla vuosilta 2015-23 opetettiin tekoälymalli, jolla samaa muuttujaa voidaan laskea 1, 4 tai 9 km mallitiedoilla, sekä sää- että vuodenaikaisennusteita.
 - ML-SWI on aikaisempaa ennustemallin maaperän veden tilavuusosuutta merkittävästi parempi kosteustieto, mutta se vaatii myös 40 % kynnyksen sovittamista uudelleen, koska tilavuusosuuden vaihteluväli on ~5 - 70 %, kun SWI vaihtelee 0 - 100 %.
- Maaperän lämpötilaa ja lumen paksuutta koneopetettiin havaintoasema-aineistoilla.
 - Tulokset lupaavat parempaa alueellista erotuskykyä, mutta validointi ei osoittanut tarpeeksi suurta edistystä pelkkiin mallitietoihin.
 - Satelliittihavaintoja kaivataan edelleen tännekin, mutta ne ovat vielä karkeita erotuskyvyltään.

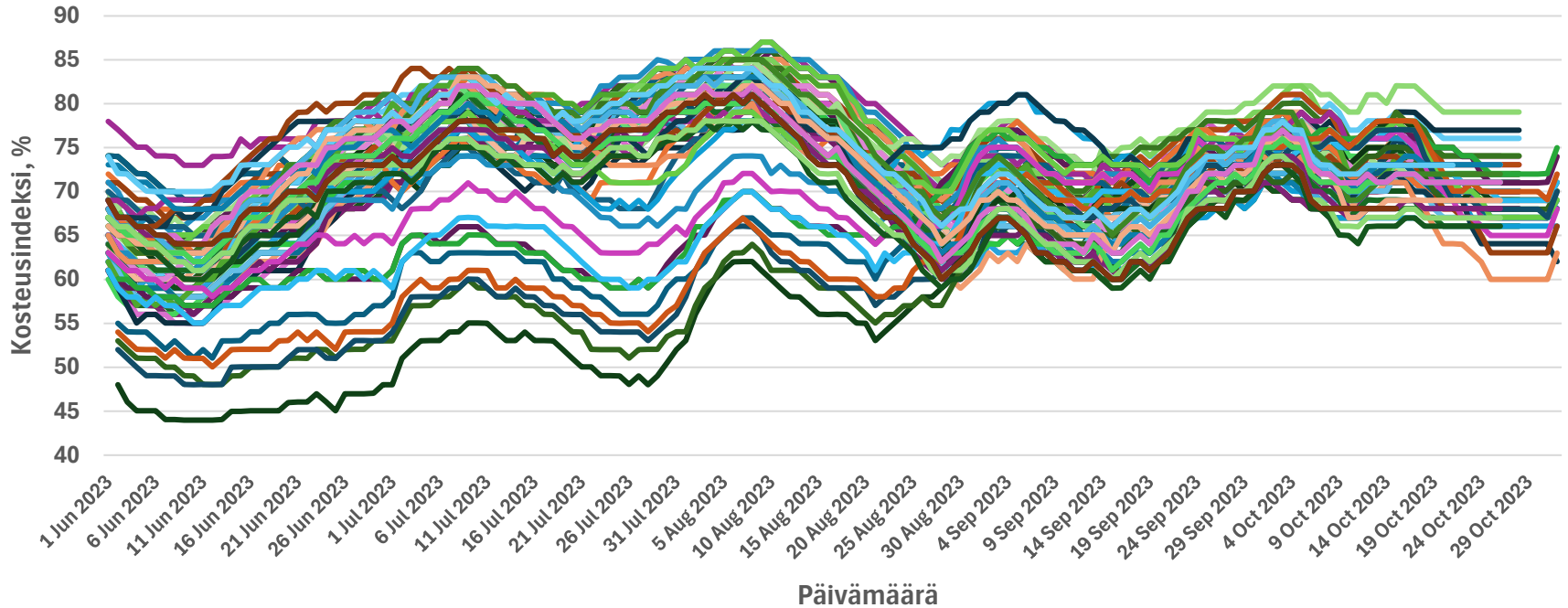


Leimikkoaineisto

- Metsäteho keräsi osakkailtaan hanketta varten 86 leimikkoa käsittäneen kesäleimikkoaineiston, jossa leimikoiden korjuuajankohdat sijoituivat aikavälille 1.6.2024 – 1.11.2024.
- Leimikoista taltioitiin niiden korjuuajankohta, hakkuutapa, maaperän tyyppi, sijainti ja korjuun onnistuminen (onnistui tai jäi kesken).
- Leimikoiden sijainti vaihteli ympäri Suomea samoin kuin leimikoiden korjuuajankohta aikavälillä.
- Näiden tietojen perusteella laskettiin maaperän kosteusindeksi SWI2 (Soil Water Index (Strahlendorff ym. 2024) kuvaamaan maaperän kosteutta syvyydellä 7-28 cm, joka on koneellisessa puunkorjuussa maaperän kantavuuden kannalta keskeinen syvyys.



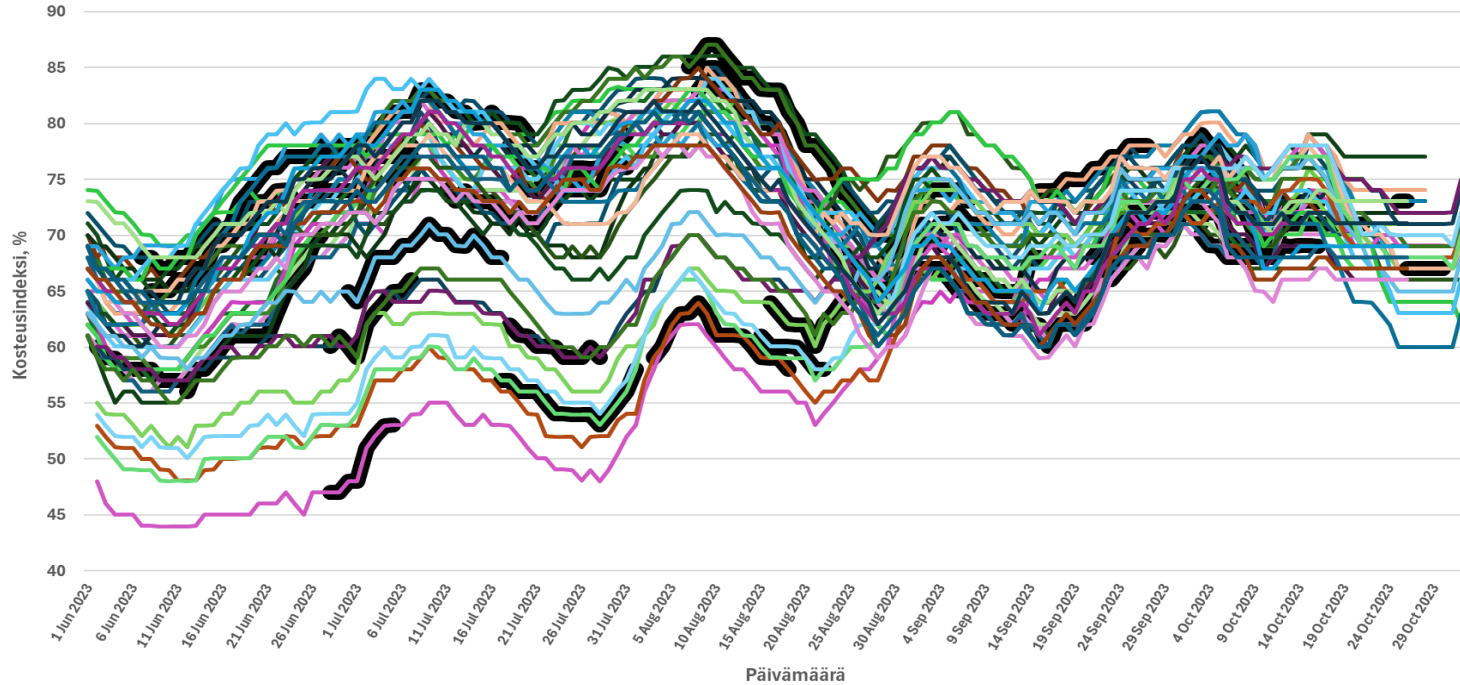
Kosteusindeksien vaihtelua leimikkoaineistossa



- Leimikoiden kosteusindeksien vaihtelu ajan suhteen kesäleimikkokohteilla.

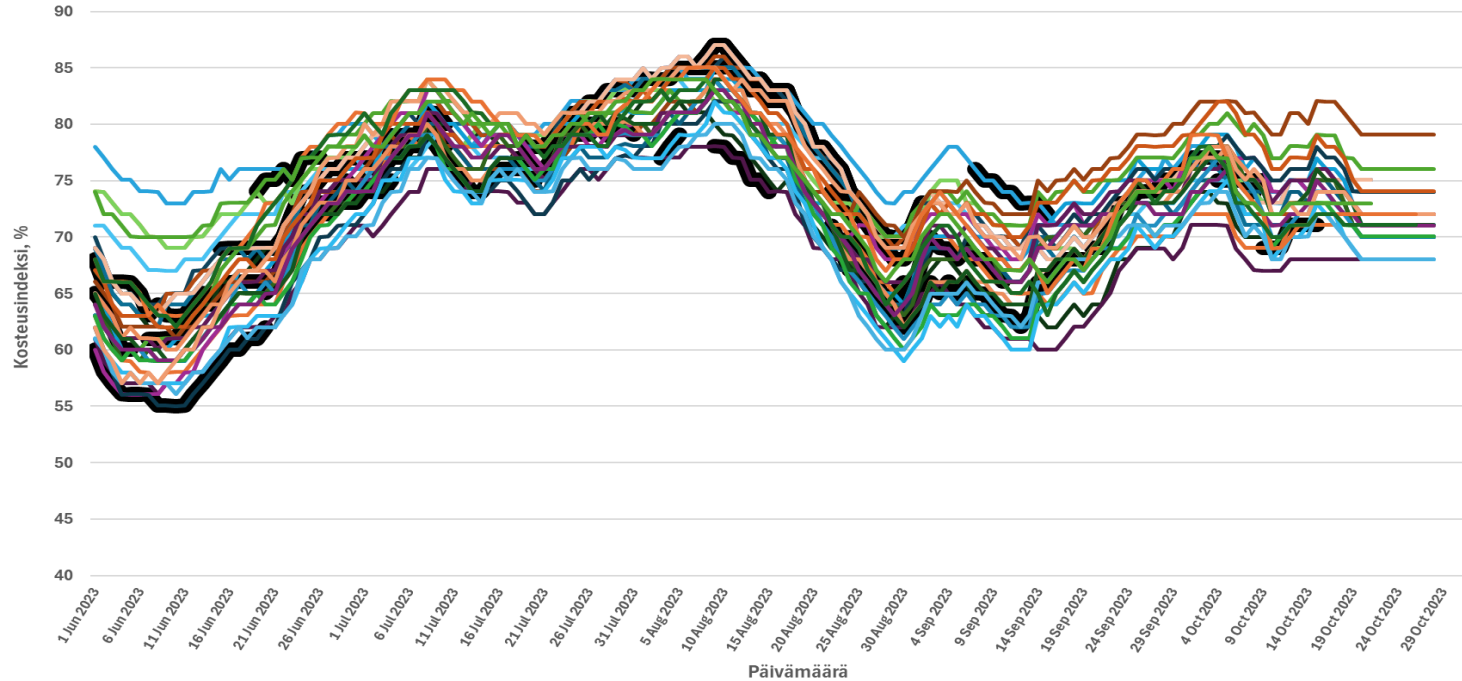


Kosteusindeksien vaihtelu kivennäismaaleimikoilla



- Kivennäismaaleimikoilla kosteuden vaihtelu oli suurta ajallisesti saman, mutta maantieteellisesti eri kohteiden välillä. Paksu musta viiva kuvaa korjuun ajankohtaa.

Kosteusindeksien vaihtelu turvemaaleimikoilla



- Turvemaaleimikoilla kosteuden vaihtelu oli pienempää verrattuna kivennäismaakohteisiin.
- Kosteustasot olivat keskimäärin korkeammat kuin kivennäismaalla.

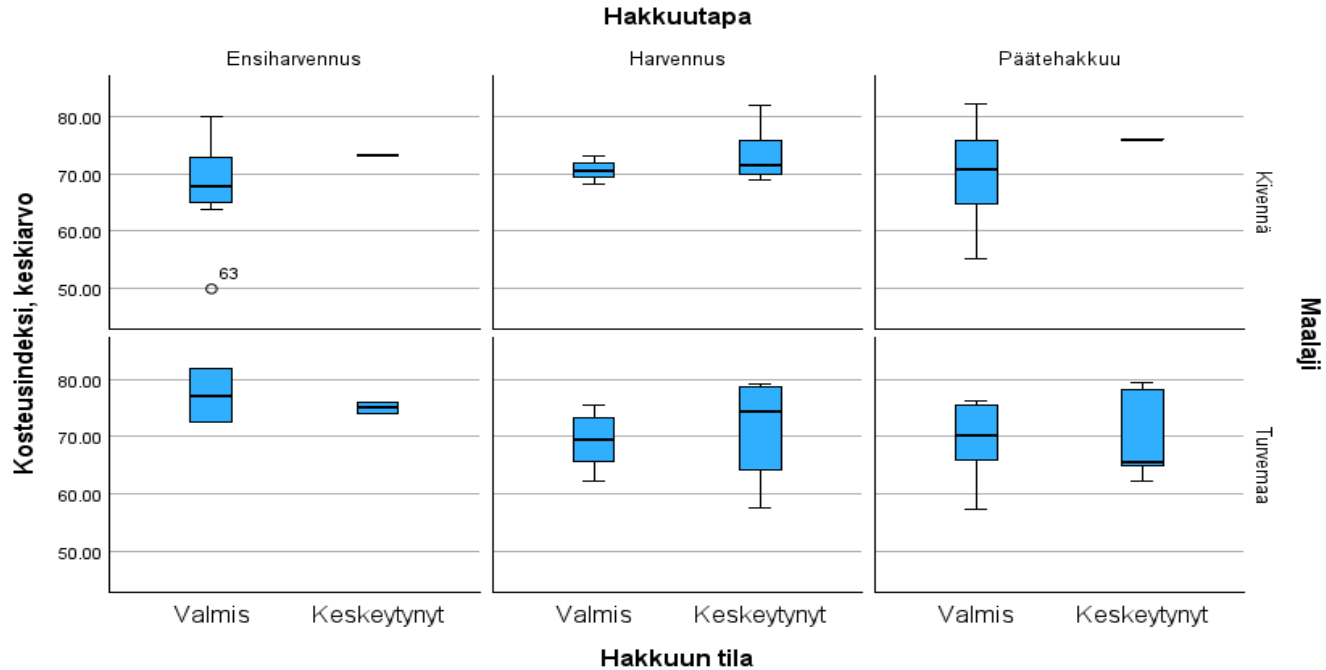


Leimikkoaineisto

- Leimikoiden kosteusindeksien keskiarvot jaoteltuna hakkuutapojen, maaperäluokkien ja hakkuun onnistumisen (korjattu/jäi kesken) mukaan.
- Onnistuneilla leimikoilla kosteusindeksi oli keskimäärin hieman alle 70 %, kun sen sijaan kesken jääneillä leimikoilla kosteusindeksi oli yli 70 %.

	Kosteusindeksi-%, korjatut	Kosteusindeksi-%, kesken jääneet
Ensiharvennus	69,2	74,7
Muu harvennus	69,7	72,5
Päätehakkuu	69,6	71,0
Kivennäismaa	69,2	73,4
Turvemaa	70,4	72,0
Kaikki	69,5	72,6

Leimikkoaineisto



- Kosteusindeksien box plot -kuvaajat maalajiin, hakkuutavan ja hakkuun onnistumisen suhteen.



Tulosten tarkastelua

- Tulosten perusteella kosteusindeksin vaihtelu on suurempaa kivennäis- kuin turvemailla.
- Kosteusindeksin arvot ovat keskimäärin hieman korkeammat kivennäismailla kuin turvemailla.
- Tulokset antavat viitteen siitä, että SWI2-kosteusindeksin arvoa 70 % voidaan pitää eräänlaisena raja-arvona korjuun onnistumisen kannalta.
- Koska yleisesti korjuukesä 2024 oli kosteaa aineiston osalta, kuivempia tilanteita ei ollut mukana edustavasti.
- Aikaisempien vuosien hakkuita tulisi lisätä aineistoon tarkemman kosteusindeksin raja-arvon määrittämiseksi.



Käyttäjiltä saatu palaute Harvester Seasons-palvelusta DestinE-hankkeen aikana

- Yli 70 % vastaajista koki palvelun hyödylliseksi toiminnansuunnittelussa.
- Uudet palveluominaisuudet, kuten metsäpalo ja tuulenpuuskainformaatio, koettiin hyödyllisiksi.
- Metsäasiantuntijat korostivat maaperän kosteustietojen merkitystä maaston korjuukelpoisuuden arvioimisessa kesäolosuhteissa.
- Vaikka metsäyhtiöissä tätä ei juurikaan hyödynnetä, pitkän aikavälin ilmastotietoja pidettiin arvokkaina tulevaisuuden investointien ja kestäväen toiminnansuunnittelun kannalta.
- Käyttäjillä oli selkeä tarve verkkokarttatasoille, aikasarjakaavioille ja suorille API-yhteyksille päätöksenteon automatisointia varten.

Kokonaisuutena palaute osoitti, että palvelun parannukset ja uudet ominaisuudet otettiin hyvin vastaan ja niitä pidettiin hyödyllisinä.



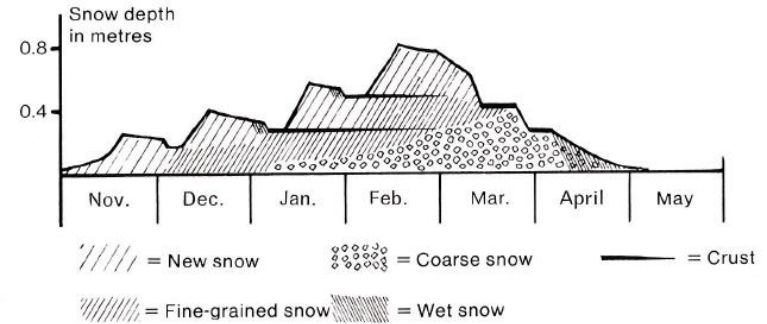
Kehitystarpeita

- Korjuukausien, talvi ja kesä, kestojen arviointi tarkemmin palveluun.
- Lyhyet ja pitkät ennusteet synkroniin (lumipeite toimii jo kohtalaisesti).
- Palvelun saaminen rajapinnan kautta helposti.



Kehitystarpeita

- Lumikerroksen koostumuksen hallinta talven aikana.
 - Lumikerros muuttuu talven aikana sään vaikutuksesta.
 - Lumen koostumuksella on vaikutus metsäkoneiden liikkumiseen.
 - Esimerkiksi paksu pulverimainen lumi vaikeuttaa koneiden etenemistä huomattavasti, lumi ei tiivisty.
 - Sen sijaan kovaksi pakkautunut lumi voi muodostaa hyvän tasaisen kulkualustan metsäkoneille.
- Alkava CryoSCOPE-hanke yrittää kehittää ennustemallien kykyä tunnistaa *crust snow* -jääkerrokset sekä parantaa lumen vesi-arvoennusteita.



New snow – newly fallen, fluffy, light snow.

Fine-grained snow – appears when new snow has sunk together and become more compact "flour consistency" and heavy.

Coarse-grained snow, "running snow" – is gradually developed by a continuous conversion of the snow flakes. It starts in the lower section of the snow – a "running", non-moulding snow of average weight.

Drift snow – very fine grained snow, dense, rather heavy, created by the impact of wind – snowdrifts.

Wet snow – created in temperatures above 0°C. New snow and "flour"-type snow can then easily stick to machine parts.

Crust snow – created by re-freezing wet snow in more or less thick and hard layers. The crust snow is normally gradually dissolved by the ongoing conversion of the snow.

The different kinds of snow are layered. Through changing temperatures and additional precipitation, the snow cover will gradually contain a number of layers with different snow types.

Lähde: The off-road vehicle, 1989

Kiitokset

Harvester Seasons is implemented and using computing resources from EuroHPC at the LUMI supercomputer.

This service is funded by

- ECMWF as a use case on forestry within [Destination Earth \(DestinE\)](#)
- ECMWF as a use case by the [Copernicus Programme's Climate Change Service \(C3S\)](#)
- [E-Shape EuroGEO Showcases project](#)



Funded by
the European Union

Destination Earth

implemented by



This service is funded as a use case by the Destination Earth (DestinE) initiative of the European Commission under framework agreement ECMWF/DESTINE/2022/DE_370d_FMI.

This service was funded as a use case by the Copernicus Programme's Climate Change Service (C3S) contract under framework agreement ECMWF/COPERNICUS/2019/C3S_428g_FMI.

The E-Shape project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement 820852.



Kirjallisuutta

- Bauer-Marschallinger B, Paulik C, Hochstöger S, Mistelbauer T, Modanesi S, Ciabatta L, Massari C, Brocca L, Wagner W (2018) Soil moisture from fusion of scatterometer and SAR: Closing the scale gap with temporal filtering. *Remote Sensing* 10(7), 1030. <https://doi.org/10.3390/rs10071030>. Saatavilla: <https://www.mdpi.com/2072-4292/10/7/1030>
- Eeronheimo O (1991) Suometsien puunkorjuu. *Folia Forestalia* 779, 29 s. Saatavilla: <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/522362>
- Gregow H, Ruosteenoja K, Juga I, Näsman S, Mäkelä M, Laapas M, Jylhä K (2011) Lumettoman maan routaolojen mallintaminen ja ennustettavuus muuttuvassa ilmastossa. *Ilmatieteen laitos, Raportteja* 2011:5. ISBN 978-951-697-749-5. Saatavilla: <https://helda.helsinki.fi/items/9f093c2d-8901-4e95-832f-5a180c8b92fc>
- Kellomäki S, Maajärvi M, Strandman H, Kilpeläinen A, Peltola H (2010) Model computations on the climate change effects on snow cover, soil moisture and soil frost in the boreal conditions over Finland. *Silva Fennica* 44(2). Saatavilla: <https://www.silvafennica.fi/article/455>
- Kosmale M, Ikonen J, Moisander M, Smolander T, Ovaskainen H, Poikela A, Strahlendorff M (2022) Harvester seasons – a forestry service supporting climate smart operations. *FMI's Climate Bulletin: Research Letters* 4(1), 14–16. Saatavilla: <https://doi.org/10.35614/ISSN-2341-6408-IK-2022-05-RL>.
- Malmberg C-E (1989) *The Off-Road Vehicle*. Translation of *Terrängmaskinen*, vol. 3. Montreal: Joint Textbook Committee of the Paper Industry.
- Poikela A, Peuhkurinen J, Kilpiäinen S, Hämäläinen J, Riekkö K, Räsänen T (2019) Korjuukelpoisuuskartat suunnittelun tukena. *Metsätehon tulosalvosarja* 15/2019. Saatavilla: https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tulosalvosarja_2019_15_Korjuukelpoisuuskartat_suunnittelun_tukena.pdf
- Sirén M (2000) Turvemaiden puunkorjuun kehittäminen. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2000. Saatavilla: <https://metsatieteenaikakauskirja.fi/pdf/6017>
- Strahlendorff M, Kröger A, Prakasam G, Kosmale M, Moisander M, Ovaskainen H, Poikela A (2024) Forestry climate adaptation with Harvester Seasons service – A gradient boosting model to forecast soil water index (SWI) from a comprehensive set of predictors in Destination Earth. *Frontiers in Remote Sensing* 5. <https://doi.org/10.3389/frsen.2024.1360572>. Saatavilla: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frsen.2024.1360572/full>
- Strahlendorff M, Pajuoja H, Gregow H (2019) Bioenergy production condition indicator for managing risks to forestry for Copernicus Climate Change Service. *FMI's Climate Bulletin: Research Letters* 1(1), 11. Saatavilla: <https://doi.org/10.35614/ISSN-2341-6408-IK-2019-09-RL>

Käsitteistä, liite 1

- Maaperän kosteutta voidaan mitata ja useimmiten mallinnetaan veden tilavuussuhteena (Volumetric Water Content, VWC).
- VWC kuvaa maaperässä olevan veden määrää tilavuusyksikköä kohti, yleensä prosentteina (%).

$$VWC = \frac{\text{Veden tilavuus}}{\text{Maaperän kokonaisvolyymi}} \times 100$$

- SWI voidaan laskea VWC:n kautta.

$$SWI = \frac{VWC - VWC_{\min}}{VWC_{\max} - VWC_{\min}}$$

- VWC_min: Maaperän veden määrä, kun maaperä on täysin kuiva (lähellä 0 %, mutta ei täysin nolla, sillä maassa on usein jäljellä pieni määrä sitoutunutta vettä).
- VWC_max: Maaperän veden määrä, kun maaperä on täysin kylläinen vedestä (kenttäkapasiteetti tai jopa yli, jos kaikki huokokset ovat täynnä vettä). Tämä riippuu voimakkaasti maalajista.
- Erityisesti mallien VWC:n tulkintaan pitäisi aina huomioida myös vastaava mallin maalaji.

Käsitteistä, liite 1

- Maalaji määrittää **maaperän VWC_max-arvon**, joka on keskeinen tekijä SWI-arvon laskennassa ja tulkinnassa. Savisilla ja orgaanisilla mailla VWC_max on suuri, kun taas hiekkamailla se on pieni. Tämä vaikuttaa myös siihen, kuinka maaperän kosteustilaa suhteutetaan kapasiteettiin (SWI).
- **Maalajin tunteminen on tärkeää SWI:n oikean tulkinnan kannalta.** Kantavuuden kannalta SWI:tä voidaan käyttää maalajista riippumatta, kunhan sopiva kynnsarvo löydetään erikokoisille kulkijoille.
- Maalaji on luonnossa sekoitus.
 - Puhtaat VWC_max % eivät toteudu.
- [Soilgrids.org](https://soilgrids.org) palvelu.
 - Sekoitussuhteet selvitettävissä.
 - Hiekka, savi, siltti ja orgaaninen.
 - Kerrokset:
 - 0-5, 5-15, 15-30, 30-60, 60-100, 100-200 cm.

Maalaji	VWC_max (%)	Selitys
Hiekka	10–20 %	Hiekassa on suuria huokosia (makrohuokosia), joista vesi valuu nopeasti pois. Pieni vedenpidätyskyky.
Hiekkamoreeni	15–25 %	Sisältää hienompia osasia kuin puhdas hiekka, mutta vedenpidätyskyky on silti rajallinen.
Siltti	25–35 %	Pienemmät partikkelit ja suurempi pinta-ala mahdollistavat paremman vedenpidätyksen kuin hiekassa.
Savi	35–50 %	Savessa on erittäin pieniä huokosia (mikrohuokosia), jotka pitävät veden voimakkaasti sitoutuneena.
Orgaaninen maa	50–80 %	Runsaasti huokosia ja erittäin suuri vedenpidätyskyky; sisältää esimerkiksi turvetta tai multaa.

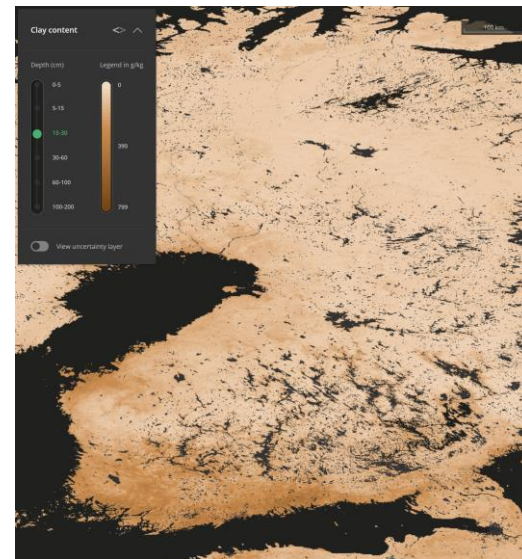
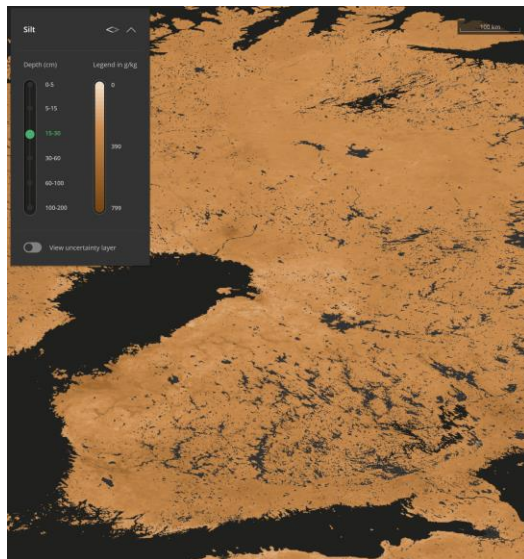
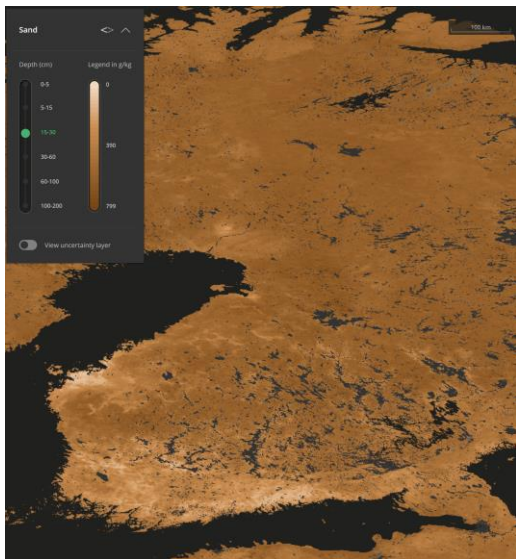


Käsitteistä, liite 1

- Maalajin vaikutus SWI-arvoon suhteessa VWC:hen.
 - VWC_max-arvot maalajikohtaisesti: hiekka: 20 %, hiekkamoreeni: 25 %, siltti: 35 %, savi: 50 %, orgaaninen maa: 80 %.
 - Kasvillisuus johtaa maalajien sekoitukseen.
 - Suomi on useimmiten hiekkaa tai osin silttiä.
 - Etelässä ja lounaassa
 - Hiekan sijaan usein savea,
 - Siltti yleensä osana.
 - 0-15 cm on paljon orgaanista ainetta.
 - Turvemailla orgaanista ainetta on syvällekin paljon.

VWC (cm ³ /cm ³)	SWI (Hiekka)	SWI (Hiekkamoreeni)	SWI (Siltti)	SWI (Savi)	SWI (Orgaaninen maa)
0.10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.15	0.5	0.333	0.2	0.125	0.071
0.20	1.0	0.667	0.4	0.25	0.143
0.25	-	1.0	0.6	0.375	0.214
0.30	-	-	0.8	0.5	0.286
0.35	-	-	1.0	0.625	0.357
0.40	-	-	-	0.75	0.429
0.50	-	-	-	1.0	0.571
0.60	-	-	-	-	0.714
0.70	-	-	-	-	0.857
0.80	-	-	-	-	1.0

Käsitteistä, liite 1



Suomen www.soilgrids.org hiekka-, siltti- ja savikartat.