

Kokeilut metsätiedon käytön tehostamiseksi -hanke

Metsätiedon käyttöä ja soveltamiskohteita

Yhteenveto

Lähitulevaisuudessa voidaan yhdistämällä tekoälyn avulla metsien laserkeilauksen (joka tehty dronella, lentokoneella) satelliittikuva-aineiston ja hakkuukoneiden tuottaman tietomäärän, pystytään kullakin metsikkökuviolla kasvavan puuston ominaisuuksia määrittämään entistä tarkemmin ilman, että niitä tarvitsee mitata maastossa. Näin saadaan tarkemmat tiedot oikea-aikaisiin hakkuu- ja hoitotöihin ja toimenpide-ehdotuksiin. Samalla saadaan myös tarkempaa tietoa monimuotoisuudesta, luonnonhoidon ja hiilensidonnan mahdollisuuksista.

Metsäkoneisiin, lennokkeihin ja älykännyköihin voidaan asentaa hyperspektrikamerat (laajempi värijakauma kuin ihmissilmä) havainnoimaan muutoksia metsien terveydentilassa (esim. neulasten väri). Kaukokartoituksella saadaan latvusrakenne, rungon tilavuus ja pituus.

Tulevaisuudessa ennen perinteiset metsäasiantuntijan tekemät perinteiset metsän ja puuston mittaus- ja arviointityöt siirtyvät tekoälyn tekemiksi. Tekoälylle vaikeat kohteet, joita ovat taimikot ja nuoret metsät, ovat edelleen ammattilaisen hoidettava. Metsäasiantuntijan tulevia töitä on enemmän valvonnan ja laatuseurannan puolella sekä monimuotoisuus ja luontotiedon puolella.

Eri tason aineistoja

Massadataa saadaan nykyisin valtavasti, koska moni ihmisen valitsema sovellus kerää aineistoa ja usein paikkaan sidottuna, ollaan sitten kaupassa tai metsässä. Mutta kerätyn ”big datan” hyödyntäminen on vielä vaiheessa. Arvio on, että 80 % datasta jää tällä hetkellä käyttämättä.

Yhdistämällä tietoa ja lisäämällä koneoppimista tekoäly havainnoi valtavasta kuvamäärästä mallin ja opetetun aineiston perusteella poikkeavat kohdat ja antaa niille paikkatiedon. Tätä hyödynnetään tulevaisuudessa entistä enemmän, kun tekoäly saadaan valjastettua ja kehitettyä toimivaksi. Tällä hetkellä tekoäly on jo monella alalla ”avustavassa” toiminnassa, esimerkiksi EU:n maaseudun viljelijöiden CAP-tukien vaatima peltojen monitorointi tehdään satelliittiaineistoista tekoälyn avulla.

Metsiä on mitattu, tutkittu ja kartoitettu valtakunnallisesti Suomessa jo yli sata vuotta. Paikkaan sidottua tietoa saadaan metsistä monella eri tasolla: satelliitit, kaukokartoitus laserkeilaten lentokoneesta tai helikopterista, dronesta paikallisesti, älykännykällä pistemäisesti. Jokaisella tasolla on paikkansa ja käyttönsä, kun tarkoituksena on entistä tarkemman tiedon keruu kustannustehokkaammin.

Eri metsäiset tarpeet vaativat erilaista tarkkuutta mittauksilta: aluepohjainen tulkinta ja valtakunnan metsien inventointi keskittyvät tarkkaan puustotunnusten tuottamiseen laajemmilla alueilla. Yksinpuntulkinta metsikkötasolla kertoo, missä yksittäiset suuremmat puut ovat (pientä taimikkoa ei voida mitata vielä yksinpuin) ja kuvaa paremmin erityisesti tukkipuiden arvoa.

Dronen yleisiä käyttökohteita

Drone, kuvauslennokki on ollut jo pidempään käytössä yksinkertaisemmissa kartoituksissa, mutta sen käyttöä kehitetään edelleen vaativampiin tehtäviin ja pois pelkästään kuvauksesta. Nykyään työtehtäviä, joihin ennen tarvittiin helikoptereita tai lentokoneita, voidaan hoitaa paljon halvemmalla kuvauslennokin

avulla. Valmistuskustannusten ja hintojen lasku sekä teknologian yleistymisen ovat monipuolistaneet kuvauslennokkien käyttöä.

Lennokkien hyöty varsinkin maataloudessa ja rakennusalalla on huomattu, samoin kuljetuksessa ja varastohallinnassa. Lennokkeja voidaan käyttää esimerkiksi peltojen kunnon ja tuottavuuden arviointiin tai tunnistamaan vieraslajeja satokasvien joukosta. Droneja käytetään rakennusten ulkopuoliseen kuntotarkastukseen tai siltojen ja korkeiden tietoliikennemastojen tarkastukseen. Myös suuret varastot ovat ottaneet lennokit käyttöön inventaariossa automatisoimalla ne lentämään ja tarkistamaan hyllyjen sisältöä. Suurten rakennusten kokoa voidaan mallintaa tai erilaisten varastokasojen (esim. maamassat, jäteasemat, hakeaumet) tilavuutta voidaan mitata dronella kolmiolotteisten pistemallien avulla. Sotateollisuus käyttää lennokkeja hyvässä ja pahassa, myös sähkölinjojen kuntotarkastukset hoituvat.

Lennokkeja käytetään pelastustoimissa etsintä- ja pelastustöissä: lennokin kameraobjektiivin voi helposti vaihtaa infrapunalämpökameraan, jolloin kohteen löytäminen esimerkiksi metsästä helpottuu. Drone on ympäristöystävällisempi ja nopeampi metsäpalojen havainnoinnissa verrattuna lentokoneella tehtävään työhön. Metsäpalojen tähystyslentoja lentokoneilla tehdään valtakunnallisesti laajoilla alueilla kesäkaudella.

Kuljetukset droneilla on toiminta-alue, joka tulee yleistymään. Erilaisia lähetyksiä, kuten lääkkeitä, näyttöitä analysoitavaksi, varaosia ja ruokaostoksia voidaan kuljettaa lennokeilla esimerkiksi vaikeakulkuisissa tiettömissä olosuhteissa ja saaristossa. Tällä hetkellä lainsäädäntö ja ilmaliikenteen säätely estävät toiminnan (koska lennokkiin pitää olla näköyhteys).

Dronen metsäisiä käyttökohteita

Metsässä tehdään työn omavalvontaa (tekijä itse), PEFC-metsäsertifioinnin vaatimaa sisäistä laatuseurantaa ja metsälakien valvonnassa tarvitaan mm. erilaisia metsätalouden kannustetukien ja luontokohteiden kartoitusta. Osittain em. liittyen dronea käytetään mm. metsätuhojen laajuuden kartoituksessa (itse taudinaiheuttaja on edelleen tunnistettava maastossa), myrsky- ja lumituhojen seurauksena kaatuneiden puiden ja katkenneiden latvojen havainnoinnissa, metsäsuunnittelussa, taimien istutustiheyden ja taimikonhoidon toteutuksen valvonnassa.

Metsien terveyslannoituksia boorilannoitteella, jota tarvitaan määrällisesti vähän, voidaan tehdä lennokilla. Suomessa on muutama yritys, jotka tekevät boorilannoitusta dronella. Dronella booria levitetään 2-6 hehtaaria tunnissa riippuen lannoitteesta (neste/rae), kun ihmistyönä metsässä kävellen tunnissa tekee enintään puoli hehtaaria. Tehokkuus ja ajanmenekki on siten aivan eri luokkaa.

Dronea voidaan käyttää metsäpalojen ja palopesäkkeiden havainnoinnissa: kun tiedetään missä palo on, niin sen lähempi tarkastelu, tilannekuva, torjunnan tarve oikeissa paikoissa ja leviämisen rajaamisen havainnointi voidaan tehdä lennokilla. Tulevaisuudessa dronet pystyvät mittaamaan parvumuodostelmassa lämmönlähdettä infrapunalämpökameroidensa avulla. Vaihtamalla sijaintitietojaan keskenään tekoälyn avulla ne voivat muodostaa palon ympärille seurantavyöhykkeen, joka muuttaa muotoaan palon edetessä. Dronet toimisivat ilman ohjausta itsenäisenä toistensa kanssa kommunikoivana parvena.

Dronea kokeillaan apuna marjastuksessa: hankkeessa hyödynnetään autonomisia, erilaisilla sensoreilla varustettuja droneja datan keräämisessä ja laaditaan 3D-malleja metsistä, jotta voitaisiin arvioida tarkasti marjapaikat ja potentiaaliset sadot. Kerätyn datan avulla laaditaan tekoälymalleja, joilla autetaan poimijoita marjojen paikantamisessa ja poimintatyöhön liittyvien toimintojen optimoinnissa. Dronet voisivat kuljettaa täysiiä marjasankoja pois metsästä.

Tulevaisuudessa droneen asennetut multispektriset kameramenetelmät yhdistettynä tekoälyyn mahdollistavat edullisen puiden kunnon mittauksen, kuten kirjanpainajien aiheuttamien neulasten värähäiriöiden havaitsemisen tai ravinnepuutteet neulasten värierojen perusteella.

Seuraava edistysaskel vie metsätiedon keruun yksittäisten puiden ja oksan tarkkuuteen. Droneen asennettavat kamerat ja sensorit yhdistettynä tekoälyyn erottavat puulajin, puun terveyden, pituuden, runkokäyrän ja tilavuuden. Näitä tietoja voidaan hyödyntää esimerkiksi puukaupassa puuston määrän, eri puulajien ja puutavaralajien arvioinnissa.

Hakkuukoneet tiedon kerääjinä

Jo lähitulevaisuudessa metsäkoneet valjastetaan mittaamaan metsistä entistä enemmän paikkaan sidottua tietoa, koska metsäkoneissa on jo nyt hyvin tarkka paikannus navigointijärjestelmillä ja koneen sijainti näkyy digitaalisilta kartoilta. Tarkimmillaan paikannus olisi senttien tarkkuudella, jolloin näkee jopa kummalta puolelta puuhun on tehty kaatosahaus. Liikkuessaan työmaalla hakkuukoneet saisivat merkittyä karttoihin rajapyykit paikalleen ja rajalinjat näkyviin (koska Maanmittauslaitos on todennut, että vanhat kartat eivät ole rajojen osalta kohdillaan). Puustotietoja metsäkone saa jo nyt mitattua kaadettavista puista kaadon yhteydessä ja tulevaisuudessa ympäristöä kuvaavalla hyperspektrikameralla (laajempi värijakauma kuin ihmissilmä) havainnoimaan muutoksia metsien terveydentilassa (esim. neulasten väri).

Juurikäpä-sieni on suurimmat taloudelliset menetykset metsille aiheuttama sienitauti, joka lahoittaa puun rungot tyvestä alkaen. Tällöin puuraaka-aineen laatu alenee sahajen tukkipuusta paperi-sellu- ja energiateollisuuden kuitupuuksi. Juurikäävän aiheuttama taloudellinen tappio metsänomistajan metsätuloissa on arvioitu vuosittain olevan noin 50 miljoonaa euroa. Juurikäävän iskemät alueet voidaan havainnoida hakkuukoneista kuviotason paikkatiedon avulla, jolloin saadaan mm. tietoa, missä osissa metsikköä on ollut juurikäpää ja siten millä puulajilla alue kannattaa uudistaa (juurikäävän vaivaamille alueille koivua).

Juurikäävän torjunta on tulevaisuudessa entistä tärkeämpää, joten helppo, nopea ja tarkka paikkatiedon saanti siitä on tärkeää. Juurikäpä vähentää metsien kasvua ja kykyä sitoa hiilidioksidia. Juurikäpäiset metsät ovat myös alttiimpia seurannaistuhonille. Juurikäpä hyötyy ilmastomuutoksesta, sillä sekä lämpötilan nousu, kasvukauden piteneminen että talviaikaisten sateiden lisääntyminen edistävät sen leviämistä ja elinmahdollisuuksia.

Talousmetsien hakkuissa puunkorjuun laadun raportointi luonnonhoidon osalta on mahdollista hakkuukonetietoon perustuvalla luontokohteiden säilymisen todentamis- ja tunnistamismenetelmällä. Menetelmä perustuu hakkuukoneen sijaintitiedosta tuotettuihin hakkuukuvioiden rajauksiin ja niiden käsittelemättömiin alueisiin sekä avoimiin metsä-, luonto- ja maastotietoaineistoihin, joita verrataan keskenään.

Esimerkkejä tekoälyn käytöstä metsissä

Suomen metsäkeskus yhdessä Metsähallitus Metsätalous Oy:n ja Maanmittauslaitoksen kanssa selvittävät metsävaratiedon uusien menetelmien ja yksinpuintulkinnan käyttöönottoa. Käytännössä yhdistetään varttuneempiin metsiin soveltuva yksinpuintulkinta sekä nykyinen aluepohjainen menetelmä, jota tarvitaan edelleen taimikoiden ja nuorten metsien inventoinnissa. Metsäkeskus on ottanut käyttöön puukarttakoealat, joissa mitataan ja paikannetaan maastossa tarkasti kaikki puut. Jos esimerkiksi tällä hetkellä sadan puun mittaaminen vie kahdelta henkilöltä päivän, sama voidaan tehdä minuuteissa liikkuvalla laserkeilauksella tai dronella.

Metsähallituksen testailuissa tekoäly ennustaa puutavaralajit joko tarkemmin tai yhtä tarkasti kuin mihin suunnittelijat pystyvät laseraineiston (kaukokartoituksen digitaalisen kartta-aineiston) pohjalta. Harvennushakkuilla tekoälyn ennusteet ovat ihmisen tekemiä parempia. Näin ihminen voi keskittyä muihin

toimiin metsien käytön suunnittelussa. Samalla metsien monimuotoisuutta ja hiilensidontaa pystytään tukemaan paremmin.

Maanmittauslaitoksen Paikkatietokeskus on kehittänyt tekoälymenetelmän, joka etsii dronekuvilta yksittäiset kuusipuut, ja luokittelee ne terveisiin, heikentyneisiin ja kuolleisiin. Dronekuvien yhdistäminen tekoälyyn mahdollistaa laajoillekin alueille skaalautuvan dronepohjaisen metsän terveyden seurannan. Sentinel-2 satelliittikuvat soveltuvat hyvin tuhojen tunnistukseen silloin, kun tuhoja on metsässä jo runsaasti. Niiltä ei pystytä tunnistamaan kirjanpainajatuhon alkuvaihetta, jossa kuolleet ja sairaat puut esiintyvät hajallaan yksittäisinä puina metsän alueella. Sekä satelliitti- että dronekuvauksella on siis omat tehtävänsä kirjanpainajatuhojen seurannassa.

Metsätien dynaamiset kulkukelpoisuusmallit kantavuudesta puunkuljetusten ja tiehuollon kannalta ovat olennainen tieto lämpenevässä ilmastossa, jotta metsäteollisuus saa raaka-ainetta ympärivuotisesti. Metsätien digitaalinen kaksonen sisältää tiedot mm. säätilasta, tiehen kohdistuvasta kuormituksesta, tien kantavuudesta, lämpötilasta, kosteudesta ja profiilista.

Laajempi ilmastomuutoksen vaikutustulkinta, Helsingin yliopisto ja useat muut tahot: miten ympäristötekijät kuten kuivuus ja kuumuus vaikuttavat puiden kuolleisuuteen eri puulajeilla ja metsäbiomeissa. Tutkimuksessa käytetään viimeisimpiä satelliittikaukokartoitustekniikoita, ilmakuvia ja syväoppimismenetelmiä. Uraauurtavia menetelmiä käyttävä tutkimus tuo yhteen ekofysiologian, kaukokartoituksen, metsäekologian ja entomologian asiantuntijat.

Out of box, varsinainen älysuoritus!: koiran tunnistavat puiden sienitauteja (juurikäpää ja tervasroso), kokeiluja tehty myös kirjanpainaja-kuoriaisen tunnistamiseen, onnistuu (vrt. koronakoirat)

Sentinel-satelliittiaineistot

Maa- ja metsätaloudessa hyödynnettävät satelliittikuva-aineistot ovat EU:n avaruusohjelman satelliittien Sentinel-1- ja Sentinel-2 tuottamia. Sentinel-satelliittien kuvamateriaali on melko karkeaa. Parhaimmillaan kuvat ovat 10x10 metrin pikseleitä, joten mitään kovin yksityiskohtaista tietoa kuvista ei voida nähdä.

Sentinel-satelliitit kuitenkin kiertävät maapalloa tiuhaan, joten erilaiset muutokset maanpinnalla on mahdollista nähdä kuvista. Tällä tavalla toimintaa pelloilla ja metsissä voidaan arvioida ilman maastokäyntejä.

Satelliittien tuottama aineisto on kaikille avointa ja ilmaista. Sentinel-1 tuottaa tutkakuvaa, jota saadaan Suomen alueelta 1–3 päivän välein. Pilvisuus ei vaikuta tutkakuvalla saatavan datan laatuun, sillä tutkasignaali kulkee pilvien läpi. Kasvuston kuivuus tai märkyys sen sijaan vaikuttaa signaalin laatuun. Sentinel-2 tuottaa optisella instrumentilla kuvia, joita saadaan Suomen alueelta 2–4 päivän välein. Optisella instrumentilla otettujen kuvien haasteena on pilvisuus. Pilvisellä säällä otetun kuvan tulkitseminen voi olla mahdotonta. Satelliittikuva-aineistoista seurataan esimerkiksi kasvillisuusindeksin (NDVI) vaihtelua kasvukauden aikana. Indeksillä kertoo lehtivihreän kehittymisestä, joten sen avulla voidaan seurata kasvuston kehittymistä pellolla tai lehtipuuston osuutta metsissä. Yksittäiset havupuiden kuolemiset eivät näy kuvissa pikseleiden karkeuden takia (10x10 m), joten kuolleita puita pitää olla ryhmissä.

Satelliittikuvat analysoidaan automaattisesti algoritmin avulla: tietokoneohjelmalle syötetään eri ajankohtien satelliittikuvat, joiden välisiä muutoksia ohjelma arvioi. Analyysin tuloksena saadaan esimerkiksi lista kasvulohkoista, joilla on havaittu maataloustoimintaa, kuten maan muokkausta, niittoa, laidunnusta tai sadonkorjuuta. Tai metsästä riskikartta metsätuhojen leviämisestä (ks. kuva alta).



28.8.2019



20.8.2020



3.7.2021



28.6.2022



7.8.2023

Vuosittaiset kuvat samalta alueelta kesiltä 2019-2023.

Punainen väri kuvaa kuivuneita puita: ne voivat olla hakkuuaukon oksa- ja latvusmassaa, tienvarren energiapuukasoja tai oikeasti metsässä olevia kuivuneita runkoja (kirjanpainajan tai muut syyn kuivattamia).

Keltainen on peltoa, yläreunan vihertävä viivoitus kuvaa taimikkoa, jossa saattaisi olla hoidon tarve.

Tekoöly maataloudessa - miten olisi metsässä?

Maataloutta on kehitetty älyllä hyvin voimakkaasti viime vuosina niin koneissa, viljelytekniikassa kuin tietoteknisinä sovelluksina. Metsätalous ei ole kehittynyt samaan tahtiin, mutta olisiko mahdollista ottaa

mallia? Seuraavassa esimerkkejä maataloudesta ja soveltamismahdollisuuksia metsässä. Älymaatalous-idea on jo olemassa ja käytössä, miksei voisi olla älymetsätalous?

- Tukien monitorointi

EU:n maatalouden ohjelmakausi vaihtui, ja viljelijöiden tukien kohteet, menetelmät ja toteutustavat muuttuivat jälleen kerran. Uusi CAP27 tuo pelloille älysovellukset, kun esimerkiksi peltolohkojen toimenpiteet todennetaan valokuvin. Satelliitit kuvaavat peltolohkot, tekoäly tulkitsee ja yhdistää viljelijän ilmoittamat tiedot satelliittikuviin. Epäselvissä tapauksissa valvonta lähettää viljelijälle pyynnön toimittaa valokuvia lohkoista. Ne tulkitaan konenäöllä. Dataa kertyy satojatuhansia valokuvia ja tekoäly tarkentuu. Jatkossa tarvitaan entistä vähemmän ihmisten lähettämiä tietoja tai maastotarkastuksia.

Maataloustoiminnan satelliittiseurannassa tekoäly vertaa lohkolta otettua kuvasarjaa tukihakemuksella ilmoitettuihin tietoihin. Satelliittikuvissa eri ajankohtina tapahtuvia muutoksia analysoidaan automaattisesti algoritmin avulla. Analyysin tuloksena saadaan tietoa kasvulohkojen maataloustoiminnasta, kuten maan muokkauksesta, niitosta, laidunnuksesta ja sadonkorjuusta. Maatalousmaan satelliittianalyysi luokittelee peruslohkon rajojen sisällä olevia pikseleitä optisten Sentinel2-kuvien avulla. Luokittelu kertoo, kuinka todennäköisesti mikäkin pikseli on maatalousmaata. Yhden pikselin koko S2-kuvilla on 10x10m.

Vastaavaa satelliittipohjaista tulkintaa (samoilla kasvillisuutta kuvaavilla Sentinel-satelliiteilla) voitaisiin kehittää ja käyttää metsälain ja metsäisten tukien valvonnassa (Metka -metsätalouden kannustinjärjestelmä tulee voimaan 1.1.2024) todentamaan, että tukea haetuille kohteille (esim. taimikonhoito) työt on tehty ja tuki voidaan maksaa. Todennäköisesti tukia valvova Metsäkeskus on kehittämässä tämänsuuntaista ratkaisua.

- Metsätalouden tukiehto (vrt. esitetyt veroilmoitus): tekoälytiedon avulla metsätilalle ehdotus, mitä Metka-tukia voisi saada millekin kuviolle -> kiinnostus metsien hoitoon lisääntyisi?
- Taimikonhoidossa poistettavan puuston määrä värianalyysillä multispektrikameroiden kuvista tekoälyn avulla, kertoo hoidon tarpeesta ja toisaalta työn hinnoittelun peruste (biomassan määrä: maatalous vilja vs. rikkaruoho, havu- ja lehtipuiden väriero)
- Täsmälannoitus metsissä ravinnepuutteiden tunnistamisen perusteella (boori, turvemalla tuhkalannoitus), jos ei haluta koko aluetta lannoittaa (heterogeenisuus, viljavuusero). Dronen multispektrikameran kuvista tai satelliittikuvista luodaan kasvillisuusindeksikartta, jonka perusteella levityskartta luodaan. Vastaavaa kasvillisuusindeksikarttaa ei voida tehdä tavallisella digikameralla eli RGB-kameralla otetuista kuvista, sillä multispektrikamera kuvaa myös lähi-infrapuna-aallonpituuden heijastuksen, joka kuvastaa hyvin kasvillisuuden tilaa. Levitys- tai lannoituskartat erittelevät lannoituskoneelle, paljonko lannoitetta levitetään eri osiin peltoa / metsää. Pelloilla käytössä.
- Toimenpiteiden oikea-aikaisuus tuo taloudellisuutta metsien käsittelyyn em. kohteilla: boorinpuute, terveyslannoitus, taimikonhoito
- Tilusjärjestelyt: satelliiteilla yleiskuva, droneilla yksityiskohtaisempaa tietoa. Tarkoista droneilmakuvista saadaan tietoa peltolohkon sisäisestä tuotantokyvyn vaihtelusta, ojitustilanteesta, kuivatusolosuhteista, rikkakasvien levinneisyydestä ja muista ongelmakohdista. [Sentinel-satelliittiseurannan työkalu EODIE](#) laskee automaattisesti peltolohkokohtaiset aikasarjat kasvillisuusindeksien kehittymisestä kasvukauden aikana. Kasvillisuusindeksin avulla arvioidaan vihreän kasvillisuuden määrää kohdealueella. Vertaamalla saman alueen saman viljelykasvin lohkojen kasvillisuusindeksejä keskenään useiden vuosien ajalta saadaan tietoa lohkojen tuotantokykyjen eroista.

Myös metsissä on tarvetta tilusjärjestelyissä pitkissä kapeissa kaistaleissa eri puolilla Suomea. Tilan leveys voi olla vain 25-50 metriä, mutta se on useita kilometrejä pitkä. Metsän kannattava hoito tällaisella tilalla on mahdotonta. Jotta metsien tilusjärjestelyissä saataisiin samanarvoisia kokonaisuuksia, niiden arvottamisessa voitaisiin käyttää apuna em. peltojen arvotusmenetelmiä metsään soveltaen.

- Metsämaahan sitoutuneen hiilen määrän mittausta: Hiilensidonnasta kannalta metsät ovat olennaisessa roolissa. Kun metsässä on enemmän biomassaa, se sitoo enemmän hiiltä ja toimii hiilivarastona. Metsä kuitenkin vaatii toimenpiteitä, jotta hiilinielu säilyy ja jatkuu. Biomassaan sitoutuneen hiilen määrän avulla voidaan miettiä metsänkäsittelyn menetelmiä. Maataloudessa tätä mitataan ja kehitetään, miten metsissä (maanpäällisen biomassan hiili ja maaperän hiili eri kehitysvaiheissa, optisen laserit, anturit, dronella spektrikuvaus yhdistetty tekoälyn.
- Nuorten motivoituminen työpaikoista tekoälyn ja muun tekniikan avulla (esim. maa- ja metsätalous). Kummallakin alalla on haastetta löytää osaavia työntekijöitä.

Lähteitä

Tulevaisuutta: Dronet kuljetuskäytössä kaupungeissa

<https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/droonit-ilmaan-ihmisten-avuksi-suomi-nayttaa-suuntaa-euroopan-kaupunki>

Drooniparvi ja tekoälyn hyödyntäminen paremman tilannekuvan luomisessa esim. paloissa.

<https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/droonit-ja-tekoaly-avuksi-metsapalojen-valvontaan-ja-torjuntaan>

Fotogrammetria: valokuvilla mittaaminen suurella määrällä kuvia saadaan alueen ominaisuudet ja

maastonmuoto näkyviin ilmakuviin <https://tietoa.fi/palvelut/luotettavat-lahtotiedot/fotogrammetria/>

Traficom dronetietosivusto <https://droneinfo.fi/fi/droneinfo-etusivu>

Käyttökohteita kosteusindeksikarttoihin (DWT, depth-to-water): https://www.metsa.fi/wp-content/uploads/2020/09/22092020_2-Aura-Salmivaara.pdf

Satelliittikaukokartoitus. <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematieto/satelliittikaukokartoitus>

Koirat tunnistavat metsätuhoja: https://www.luke.fi/fi/uutiset/koirat-auttavat-ennaltaehkaisemaan-metsatuhoja?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=mets%C3%A4_42023#msdyntrid=mKZOxdx7OFHoJpXf_IYfNyXAD7DDCK7BfpkY4xGyB8

Dronet apuna marjastuksessa <https://ferox.fbk.eu/>, <https://www.aitoluonto.fi/ajankohtaista/ferox-hanke-edistaa-luonnonmarjojen-talteenottoa-kehittyneiden-teknologioiden-avulla-1132.html>

Dronekuvaus metsänhoidon laadunseurannassa

<https://www.slideshare.net/Metsakeskus/dronekuvauksen-vaatimukset-metsanhoitotiden-laadunseurannassa>

Tekoäly tekee puutavaralajiennusteet tarkemmin kuin ihminen

<https://www.metsa.fi/tiedotteet/metsahallitus-hyodyntaa-tekoalya-monikayttometsien-toimenpidesuunnittelussa/>, <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/metsa/f4d0d200-ac19-5efc-aaca-26fac37ccffc>

Metsistä tietoa yksittäisen puun tarkkuudella <https://www.maanmittauslaitos.fi/ajankohtaista/kymmenien-miljoonien-saastot-uusien-metsätiedon-keruumenetelmien-avulla>

Viljelijöiden CAP-tukien satelliittiiseuranta

https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tuet/maatalous/satelliittiseurannan_tulokset_kesa_2023_fi.pdf

Sentinel-satelliittiaineistot

<https://www.ruokavirasto.fi/tuet/maatalous/valvonta/satelliittiseuranta/sentinel-satelliitit-tuottavat-kuvia/>

Lahotiedon hyödyntäminen metsänuudistamisessa

<https://www.youtube.com/watch?v=bvMYUL5uFm8&t=7s>, juurikäävän iskemät alueet hakkuukoneista kuviotason paikkatiedon avulla <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/metsa/1d29b901-2ca6-4c6d-82c0-1c3d7e796fee> TyviTuho-hanke 2021-24, MK, Luke, Metsäteho

Kaukokartoitusmenetelmät kirjanpainajatuhojen seurannassa <https://tapio.fi/projektit/sprucerisk/>

Kehitetään tehokkaita kaukokartoitusmenetelmiä (dronet, ESan Sentinel-2 satelliittikuva-aineistot, maastolaserkeilaus) yksittäisten puiden ja metsän terveyden mittaamiseksi ja seuraamiseksi. SpruceRisk-hanke 2021-23, Tapio, MK, Maanmittauslaitos, Luke

Puuhuolto siirtyy digiaikaan <https://www.metsagroup.com/fi/uutiset-ja-julkaisut/muut/kampanjat/alykas-metsa/puuhuolto-siirtyy-digiaikaan/>

Moderni data säästää luontoa <https://www.metsagroup.com/fi/uutiset-ja-julkaisut/muut/kampanjat/alykas-metsa/moderni-data-saastaa-luontoa/>

Tiheäpulsiset laseraineistot, pilotteja: hyödynnetään ja tutkitaan metsien rakenteen ja muiden monimuotoisuustunnusten arviointia, metsäteiden kuntokartoituksia, arkeologisten kohteiden automaattista tunnistamista sekä vesienhallintaa ja maanpinnan ominaisuuksien tunnistamista laserkeilausdatasta <https://mmm.fi/tutkimus-ja-kehittaminen/mmm-rahoittama-tutkimus-ja-kehittaminen/laserkeilausdatan-hyodyntamispilotit>

Metsätien dynaamiset kulkukelpoisuusmallit: https://www.luke.fi/fi/uutiset/metsäteiden-kantavuutta-mallinetaan-kuljetusten-ja-tiehuollon-tueksi#msdyntrid=fvq22ckXLTiWeQBsa_zDkSv37B5nYyQvBv5jYvp5SA

Tilusjärjestelyt: Satelliiteilla yleiskuva, droneilla yksityiskohtaisempaa tietoa

<https://www.maanmittauslaitos.fi/ajankohtaista/dronet-ja-satelliitit-tehostamaan-tilusjarjestelyja>

Ikivihreä vallankumous maanpeitekasvein: hiilensidontaan parhailla viljelykäytännöillä

<https://www.maanmittauslaitos.fi/ajankohtaista/ensituloksia-kaukokartoitusaineistojen-hyodyista-maanpeitekasvien-hiilensidontan>

Ilmastonmuutoksen vaikutustulkinta https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/metsa/01cf646a-e2e7-4f11-8982-17cd63b3c527?utm_source=mt-newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=mt-yleinen-utiskirje