

14

Satelliittidatan hyödyntäminen kestävyyssinformaation arvioinnissa ja varmentamisessa

Marika Salo-Lahti & Mikko Ranta

Kestävyyden merkitys niin yhteiskunnassa kuin taloudessakin on kasvanut viime vuosina olennaisesti. Tähän liittyy myös runsas kestävyyssteemainen EU-sääntely. Sääntelyn avulla peräänkuulutetaan luotettavaa kestävyysinformaatiota, jonka turvin voidaan tehdä kestävämpiä päätöksiä. Vääriä kestävyysväittämiä pyritään kitkemään muun muassa sanktioimalla viherpesu. Väärän ja oikean kestävyysinformaation erottamiseksi tarvitaan objektiivista dataa. Kestävyys ei voi perustua ainoastaan subjektiivisiin arvioihin. Satelliittidatan tarkkuus ja sen myötä käyttömahdollisuudet ovat kasvaneet viime vuosina merkittävästi. Satelliittidatan hyödyntäminen mahdollistaa esimerkiksi päästöjen alueellisen ja ajallisen jakauman tarkastelun myös sellaisilla alueilla, joista on vaikea saada muuta dataa. Tässä artikkelissa tarkastellaan, miten satelliittidataa voitaisiin hyödyntää kestävyysinformaation arvioinnissa ja varmentamisessa.

Avainsanat: *kestävyyssääntely, satelliittidata, kestävyysraportointi, viherpesu*

Johdanto

Kestävyystavoitteet vaikuttavat merkittävästi niin ympäröivään yhteiskuntaan kuin yritysten jokapäiväiseen toimintaan. Kestävä kehitys on perinteisesti määritelty kehitykseksi, joka ”vastaa nykypäivän tarpeisiin vaarantamatta tulevien sukupolvien mahdollisuutta vastata omiin tarpeisiinsa”. EU on sitoutunut noudattamaan YK:n toimintaohjelman, Agenda 2030:n, 17 kestävä kehityksen tavoitetta. (Euroopan unioni n.d.) Tavoitteet liittyvät muun muassa köyhyyden ja nälän poistamiseen, puhtaaseen veteen ja ilmastotekoihin. (United Nations n.d.)

YK:n puoliväliraportin mukaan edistyminen tavoitteiden saavuttamisessa on ollut heikkoa yli 50 prosentissa tavoitteista ja 30 prosentissa tavoitteista edistyminen on pysähtynyt tai kääntynyt jopa päinvastaiseksi. Näihin tavoitteisiin lukeutuvat köyhyyttä, nälkää ja ilmastoa koskevat tavoitteet. Osaltaan heikon kehityksen taustalla ovat viimeaikaiset suuret kriisit, kuten Ukrainan sota ja koronapandemia. Myös ilmastokriisi on syventynyt, kun kasvihuonekaasupäästöt ovat edelleen kasvaneet. Ankarat helleaallot, kuivuus, tulvat ja maastopalot ovat yleistyneet. Merenpintojen nousu uhkaa rannikoilla asuvia. Lisäksi lajeja kuolee sukupuuttoon enemmän kuin koskaan sitten dinosaurusten aikakauden. (United Nations 2023, 2–3.)

Euroopan vihreän kehityksen ohjelma (*Green Deal*) panee täytäntöön Agenda 2030 -tavoitteita. Näillä kahdella tavoitekokonaisuudella on kuitenkin hieman omat painopistealueensa. Euroopan vihreän kehityksen ohjelmassa painotetaan voimakkaasti ympäristö- ja erityisesti ilmastotavoitteita. Päättävänä on, että Euroopasta tulisi maailman ensimmäinen ilmastoneutraali maanosa vuoteen 2050 mennessä. Tätä tavoitetta tuetaan lukuisilla alatavoitteilla. (Euroopan komissio 2019, 3.)

Ilmastoneutraaliuden tavoitteesta on eurooppalaisen ilmastolain (EU) 2021/1119 kautta tehty EU-valtioita sitova. Suomen ilmastolaissa 423/2022 on asetettu tätäkin tiukempi tavoite: hiilineutraalisuutta tulee lain 2 §:n mukaan tavoitella saavutettavaksi jo vuoteen 2035 mennessä. Ilmaston kannalta keskeinen on myös Pariisin ilmastositamus (76/2016), johon liittyneet maat, Suomi mukaan lukien, sitoutuvat pitämään maapallon keskilämpötilan nousun selvästi alle 2 °C:ssa esiteolliseen aikaan verrattuna ja jatkamaan pyrkimyksiä lämpötilan nousun rajoittamiseksi 1,5 °C:een (Pariisin ilmastositamus, artikla 2).

Vihreän kehityksen ohjelmassa todetaan luotettavalla, vertailukelpoisella ja todennettavissa olevalla tiedolla olevan keskeinen rooli kestävämpien päätösten tekemisessä. Se on olennaista myös viherpesun riskin vähentämisessä. (Euroopan komissio 2019, 8.) Kestävyystavoitteiden saavuttamiseen kytkeytyykin monin tavoin informaation luotettavuus. Viherpesu – harhaanjohtavien ympäristöväättämien esittäminen¹ – on tutkimusten mukaan yleistä. Suomen Ympäristökeskus (SYKE) kävi Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisemassa tutkimuksessa läpi tuhansia suomalaisia verkkomainoksia ja ympäristöväättämistä epäasiallisiksi arvioitiin 56 pro-

¹ Viherpesun määritelmästä, ks. esim. vihreän siirtymän kuluttajansuojadirektiivin (EU) 2024/825 johdantolause (1).

senttia. Arveluttavia ympäristöväittämiä sisältävissä mainoksissa toistuivat usein termit 'ekologinen' ja 'vastuullinen'. (Heinonen & Nissinen 2022, 4.)

Euroopan komission arvio viherpesun yleisyydestä on hyvin samansuuntainen. Sen mukaan 53 prosenttia vihreistä väittämistä antaa epämääräistä, harhaanjohtavaa tai perusteetonta tietoa. (Euroopan komissio 2020, 12.) Viherpesu johtaa kauemmas kestävyystavoitteiden saavuttamisesta. Sen sijaan sitä hyödyntävät tahot voivat saada epäoikeutettuja voittoja. Olennaista onkin pohtia, millaisin keinoin kestävyysinformaatiota voidaan luotettavasti arvioida ja varmentaa.

Vaikka kestävyysinformaation manipulointi on edellä mainittujen tutkimusten perusteella ollut yleistä, luotettavan kestävyysinformaation antaminen tarjoaa myös raportoivalle yritykselle keskeisiä etuja. Se mahdollistaa informaatioasymmetrioiden vähentämisen yrityksen ja sijoittajien välillä, millä on merkitystä arvioitaessa yritykseen liittyvää riskiä. Sillä puolestaan on vaikutuksensa yrityksen pääoman hintaan. (Richardson & Welker 2001, 599–600, 613–614.)

Tässä artikkelissa pohdimme, miten satelliittidataa voisi hyödyntää kestävyysinformaation arvioinnissa. Tarkastelemme asiaa erityisesti raportoivan yrityksen näkökulmasta: kestävyiden osoittaminen luotettavan datan avulla on yrityksen kannalta olennaista. Toisaalta luotettavalla kestävyysdatalla ja sen varmentamisella on keskeinen merkitys myös yrityksen sidosryhmien näkökulmasta. Asemoimme ensin informaation arvioimisen roolia tarkastellen sitä EU:n uutta kestävyysääntelyä vasten. Sen jälkeen syvennymme satelliittidatan mahdollisuuksiin pohtien myös sen hyödyntämiseen liittyviä haasteita.

Kestävyysääntelyn tulva ja tarve objektiiviselle datalle

Kestävyysääntelyn kehityskulkuja

Vihreän kehityksen ohjelmaa voidaan pitää keskeisimpänä kestävyysmurrosta edistävänä poliittisena ohjelmalla. Kestävyysmurroksen² toteutuminen edellyttää kuitenkin myös oikeudellisen sääntelyn muuttumista. Tälle murrokselle keskeisten muutostarpeiden sisällyttäminen oikeusjärjestyksen rakenteisiin ei välttämättä ole helppoa. (Similä 2021, 6–9.) Osaltaan sitä on haastanut myös kestävyiden tietynlainen dynaamisuus – kestävyyskäsite ja -tavoitteet elävät yhteiskunnallisen kehityksen mukana. Lisäksi siihen liittyvät ekologisen kestävyiden, sosiaalisen kestävyiden ja taloudellisen kestävyiden ulottuvuudet. (Hollo 2022, 3–4.) Valtioneuvoston kestävyystiekartan seurantaraportissa todetaan Suomessa tavoiteltavan sitä, että nämä kolme kestävyiden ulottuvuutta tukevat toisiaan (Valtioneuvosto 2022, 8). Suomen tavoitteena on olla maailman kärkimaita kiertotaloudessa, ilmasto- ja ym-

² Similä toteaa kestävyysmurroksen ja kestävyys siirtymän käsitteiden olevan 'sukua' kestävä kehityksen käsitteen kanssa. Ks. Similä 2021, 8.

päristöratkaisuihin, vähäpäästöisissä energiajärjestelmissä ja korkean jalostusarvon biotuotteissa (Valtioneuvosto 2022, 20).

Vaikka kestävyyttä edistävissä ratkaisuihin ja kunnianhimoissa niihin liittyen on kansallisia eroja, kestävyteen liittyvä oikeudellinen sääntely annetaan pääosin EU-tasolta. EU:ssa on pyritty vastaamaan kestävyyskäsitteen dynaamisuuteen ja monimuotoisuuteen muodostamalla objektiivisia kriteerejä kestävyydelle. Olen- naista on myös edellyttää yrityksiltä läpinäkyvyyttä kestävyysasioissa. Muussa ta- pauksessa kestävyysraportointi olisi tehotonta ja sijoittajat, rahoittajat ja kuluttajat eivät voisi ottaa huomioon siihen liittyviä riskejä. Läpinäkyvyyden edellytys ohjaa samalla yrityksiä kestävämpään toimintaan. (Euroopan komissio 2018, 3–4.)

Pääoman ohjautuminen kestävämpään taloudelliseen toimintaan edellyttää joka tapauksessa sitä, että on olemassa jonkinlainen yhteisymmärrys siitä, mitä kes- tävyys tarkoittaa. Tähän pyritään EU:n yhtenäisellä luokitusjärjestelmällä eli tak- sonomialla. Taksonomia rakennetaan vaiheittain. Ensimmäisenä taksonomia-ase- tuksessa (EU) 2020/852 on muodostettu kriteerejä ympäristön kannalta kestävään toimintaan. Mikäli meillä ei olisi yhteistä, EU-tasoista ymmärrystä siitä, mikä on ympäristön kannalta kestävä, sijoittajien olisi suhteettoman raskasta verrata ja arvioida rahoitustuotteita keskenään. Ongelmana on ollut myös luotettavan infor- maation ja sen myötä luottamuksen puute. (Taksonomia-asetus, johdantolause (13).) Taksonomiaa on hyödynnetty muun muassa muodostettaessa EU:n standardeja ja merkintöjä kestäville rahoitustuotteille, kuten vihreille joukkovelkakirjalainoille. Haasteena on vielä luotettavien ja läpinäkyvien mittareiden luominen kestävyysta- voitteiden seurantaan. (Euroopan komissio 2018, 4–7.)

Tulevan viherpesudirektiivin (*Green Claims Directive*) voidaan ajatella toimivan eräänlaisena perälautana informaation luotettavuuden osalta – valheellisten ympä- ristöväittämien esittäminen voi johtaa jopa sanktioihin, jotka ovat direktiiviehdo- tuksen artiklan 17 mukaisesti tehokkaita, oikeasuhteisia ja varoittavia. Direktiivin sääntelyä sovellettaisiin nimenomaisiin ympäristöä koskeviin väitteisiin, joita elin- keinonharjoittajat esittävät vapaaehtoisesti kuluttajakaupassa. Sääntelyä tullaan soveltamaan myös ympäristömerkkijärjestelmiin. Ympäristöväittämät ja ympäris- tömerkit tulee kommunikoida kuluttajille selkeästi ja ymmärrettävästi (artikla 5). Direktiiviehdotuksessa on kiinnitetty erityistä huomiota myös informaation toden- tamiseen. Jäsenvaltioiden tulee ottaa käyttöön menettelyt ympäristöväitteiden ja ympäristömerkkien varmentamiseksi (artikla 10). (Council of the European Union 2024.)

Ympäristöväittämiä säännellään myös vihreän siirtymän kuluttajansuojadi- rektiivissä (EU) 2024/825. Direktiivissä on kielletty liian yleisluontoisten ja samalla vaikeasti todennettavien ympäristöväittämien esittäminen. Tällaisia väittämiä ovat direktiivin perustelujen mukaan muun muassa ilmaukset 'ympäristöystävällinen', 'vihreä', 'luontoystävällinen', 'ekologinen' ja 'biohajoava'. (Direktiivi (EU) 2024/825, johdantolause 9.)

Todennettavissa olevan kestävyystiedon merkityksestä huolimatta kestävyysin- formaation arviointi ja varmentaminen ei ole ongelmatonta. Kestävyysraportointi-

direktiivin (CSRD) perusteluissa todetaan varmentamisen osalta tyypillisesti erotettavan toisistaan kohtuullinen varmuus ja rajoitettu varmuus. Näistä jälkimmäinen esitetään usein kielteisen ilmaisun kautta, jonka mukaan tilintarkastaja ei ole havainnut mitään seikkaa, jonka pohjalta voisi päätellä esitetyn informaation olevan oleellisesti väärin. Kyse on löyhemmästä varmuudesta kuin kohtuullisen varmuuden osalta. (CSRD, johdantolause 6o.)

Kohtuullisen varmuuden edellyttäminen yhdenmukaistaisi vaatimuksia kestävyysraportoinnin ja lakisääteisen tilintarkastuksen edellytysten välillä. Direktiivin perusteluissa kuitenkin todetaan, että kestävyystiedon varmentamista koskevan yhteisesti sovitun standardin puuttuminen voi johtaa erilaisiin käsityksiin kohtuullisen varmuuden tuottavasta kestävyystiedosta. Kestävyystiedolta edellytettävän varmuustason asteittainen parantaminen olisikin direktiivin perusteluiden mukaan paras ratkaisu. (CSRD, johdantolause 6o.)

Kaisanlahti (2023) huomauttaa, että yhtenäisten varmennusmenettelyjen puuttuminen ja kansallisten käytänteiden hyödyntäminen niiden sijaan sisältää ilmeisen riskin käytäntöjen eriytymisestä. Asiaan vaikuttaa niin ikään se, että varmennukselta edellytetään ainakin alkuun vain 'riittävyyttä' kohtuullisen varmuuden sijaan. Tämä voi johtaa tapauskohtaisen harkinnan korostumiseen. Mikäli kestävyysinformaation luotettavuus jouduttaisiin kyseenalaistamaan, sillä olisi monenlaisia kerrannaisvaikutuksia talouteen. Sijoittajat vaatisivat korkeampaa riskilisää sijoituksilleen, mikäli he eivät olisi tarpeeksi vakuuttuneita kestävyystietojen luotettavuudesta. Tämä taas voisi johtaa siihen, ettei pääoma kohdentuisi kestäviin kohteisiin toivotulla tavalla. (Kaisanlahti 2023, 56–57.)

Kestävyysinformaation arvioinnin ja varmentamisen osalta olennaista on se, että informaatio on todennettavissa. Yhtä tiettyä toimivimmaksi todettua mittaristoa kestävyys todentamiseen ei kuitenkaan ole (Valtioneuvosto 2022, 100). Mittaaminen on ylipäättään mahdollista vain tietyntyyppisen kestävyysinformaation osalta. Mitattavissa olevia ovat erityisesti ilmastoon liittyvät tavoitteet, kuten hiilineutraalisuus. Sen sijaan esimerkiksi luonnon monimuotoisuuden mittaaminen objektiivisella tavalla on huomattavasti haastavampaa. (Similä 2021, 12.) Tosin jäljempänä tässä artikkelissa tuodaan esiin satelliittidatan mahdollisuuksia myös luonnon monimuotoisuuden arvioinnissa.

Taksonomia-asetuksella pyritään muodostamaan tieteeeseen pohjautuvia kriteerejä sille, millainen taloudellinen toiminta on ympäristön kannalta kestävä. Taksonomia-asetuksen ja kestävyysraportointivelvoitteiden myötä verifioitu ympäristötieto on tulevaisuudessa edellytyksenä tilinpäätöksen ja muun raportoinnin lisäksi vihreää rahoitusta haettaessa. Tämä puolestaan edellyttää ympäristötutkimuksen ja tiedon hyödyntämisen kehittämistä. (Valtioneuvosto 2022, 37–38.)

ESRS-standardit (ESRS), jotka on annettu komission delegoituna asetuksena (EU) 2023/2772, täsmentävät kestävyysraportointidirektiivin edellytyksiä. Niissä todetaan muun muassa, että yrityksen on kerrottava, mitä mittareita se käyttää seurataksaan kestävyysasioiden hallinnan vaikutuksia. Tämä sisältää kaikki mittarit, joilla arvioidaan yrityksen toiminnan tuloksia ja vaikutuksia olennaisiin kestävyyshaas-

teisiin, riskeihin tai mahdollisuuksiin. Yrityksen on myös selitettävä, miten mittarit on määritelty ja millä menetelmillä ne on luotu, sekä ilmoitettava, onko mittarit validoinut jokin ulkopuolinen taho.

Standardien mukaan yrityksen on myös esitettävä kasvihuonekaasujen kokonaispäästönsä eriteltynä *scope 1*- ja *scope 2* -päästöihin sekä merkittäviin *scope 3* -päästöihin. (AR 48) Luokittelu viittaa kansainvälisesti keskeisen GHG-protokollan (*Greenhouse Gas Protocol*) mukaiseen päästöjen jaotteluun. GHG on maailman laajimmin käytetty kasvihuonekaasujen laskentastandardi ja ohjeistus. Päästöt voidaan sen avulla jakaa omasta toiminnasta syntyviin päästöihin ja arvoketjussa syntyviin päästöihin. (*Greenhouse Gas Protocol n.d.*)

Kestävän rahoituksen tiedonantoasetuksessa (EU) 2019/2088 (SFDR) puolestaan edellytetään, että mikäli rahoitustuotteella ilmoitetaan olevan myönteinen vaikutus ympäristöön, finanssimarkkinatoimijoiden tulee ilmoittaa myös siitä, mitä kestävyysvertailuarvoa on käytetty kestävä tuoton mittaamiseen. Mikäli mitään vertailuarvoa ei ole käytetty, on selitettävä, miten kestävä tavoite saavutetaan.

SFDR-asetusta täydentää komission delegoitu asetus (EU) 2022/1288, jonka artiklan 15 mukaan finanssimarkkinatoimijoiden tulee antaa tietyistä rahoitustuotteista muun muassa kuvaus ympäristön kannalta kestävästä sijoituksista, mukaan lukien tieto siitä, ovatko kolmannet osapuolet tarkastaneet niiden vaatimustenmukaisuuden, ja tarvittaessa tarkastajien nimet. Lisäksi artiklan 36 mukaan finanssimarkkinatoimijoiden on verkkosivuillaan selitettävä, onko rahoitustuotteelle valittu vertailuindeksi ympäristö- tai yhteiskuntavastuullisten tavoitteiden edistämiseksi. Lisäksi niiden on kuvattava, miten tämä indeksi vastaa tuotteen tavoitteisiin, sekä selvitettävä, mitä tietoja indeksin laskennassa käytetään ja miten ne valitaan ja tasapainotetaan.

Runsaan kestävyys sääntelyn vastapainoksi EU:ssa on valmisteltu myös täysin toisen suuntaisia lainsäädäntöhankkeita. Alkuvuodesta 2025 julkaistun EU:n kilpailukykykompassin yhtenä keskeisenä tavoitteena on lainsäädännön yksinkertaistaminen ja yritysten hallinnollisen taakan vähentäminen. Tähän liittyen EU on antanut Omnibus-säädöspaketin, joka toteutuessaan yksinkertaistaisi kestävyysraportointia ja estäisi pieniä yrityksiä joutumasta ankarien kestävyysraportointivaatimusten kohteeksi. Kilpailukykykompassissa todetaan digitalisaation kulkevan käsi kädessä raportointivaatimusten yksinkertaistamisen kanssa. Samoin korostetaan standardoidun datan merkitystä. (European Commission 2025a, 16–18.)

Mikäli ehdotettu Omnibus-sääntely toteutuu, se merkitsisi muun muassa kestävyysraportointivelvoitteen kohdentamista vain suurimmille, yli 1000 työntekijän yrityksille. Samoin EU-taksonomian mukaiset raportointivelvoitteet kohdistuisivat jatkossa vain suurimpiin yrityksiin. Varmenemisen osalta merkittävää olisi myös se, että mahdollisuus siirtyä rajoitetun varmuuden vaatimuksesta kohtuullisen varmuuden vaatimukseen poistettaisiin. (European Commission 2025b, 4.)

Keskeinen osa Omnibus-säädöspakettia on myös soveltamisaikataulujen lykkäminen. Raportointivaatimuksen soveltamista tällä hetkellä kestävyysraportoinnin piiriin kuuluvien pienempien yritysten osalta lykättäisiin kahdella vuodella. Myös

yrittäjävastuudirektiivin (EU) 2024/1760 (CSDDD) soveltaminen siirtyisi vuodella eteenpäin. Komissio aikoo tarkistaa myös ESRS-standardeja. Niiden osalta tavoitteena on vähentää ESRS-datapisteiden määrää ja priorisoida kvantitatiivista dataa kuvailevan datan sijaan. (European Commission 2025c, 5.)

Kestävyysinformaation mittaamisen haasteet ja mahdollisuudet

Vaikka kestävyysraportoinnin kohde on osin vielä tarkentumassa, koskevat raportointivelvoitteet joka tapauksessa ainakin suurimpia yrityksiä. Käytännön haasteena kestävyysinformaation objektiivisen mittaamisen osalta on se, että siihen ei ole yhtä ainoaa ratkaisua. Tapauskohtainen harkinta korostuu, sillä pitkälti yrityksen toiminnan luonteesta ja laadusta riippuu, mitkä kestävyystiedot ovat olennaisia ja miten niitä voidaan mitata ja raportoida. Sekä kvalitatiivisella että kvantitatiivisella informaatiolla on joka tapauksessa roolinsa kestävyysraportoinnissa (Michelon 2021, 6).

On huomioitava, että kestävyysinformaation määrällinen mitattavuus ei ole joka tilanteessa itseisarvo – joidenkin kestävyysjärjestelmien osalta kuvaileva, kvalitatiivinen tieto voi olla keskeisemmässä asemassa kuin mitattavissa oleva tieto. Ennen nykyisen kaltaista kestävyysraportointisääntelyä, kvantitatiivisen datan on hieman yllättäen voitu toisinaan katsoa jopa *lisäävän* koettua yritykseen liittyvää riskiä (Rikhardsson & Holm 2008, 395). Syynä tähän on voinut olla se, että kvantitatiivinen data voi olla keskivertosijoittajan näkökulmasta vaikeammin tulkittavissa kuin kvalitatiivinen data. Mittausdata vaatiiikin tyypillisesti tulkintaa, jotta kestävyysvaikutuksista saadaan luotettava kokonaiskuva.

Aiemmissa tutkimuksissa on pyritty mittaamaan kestävyysinformaation laatua ja tarkasteltu muun muassa 'pehmeän', kvalitatiivisen tiedon ja 'kovan', kvantitatiivisen tiedon eroja, viestinnällisiä sävyjä ja informaation ymmärrettävyyttä. Kestävyysinformaation antamisen taustalla olevat tavoitteet ovat niin ikään vaihdelleet. Tavoitteena ei aina edes ole ollut antaa mahdollisimman luotettavaa informaatiota, vaan kestävyysinformaation avulla on voitu esimerkiksi pyrkiä antamaan yrityksen toimista todellisuutta positiivisempi kuva tai sillä on voitu pyrkiä peittämään jotakin negatiivista seikkaa. Viimeksi mainittu on voitu toteuttaa esimerkiksi käyttämällä tarkoituksellisen monimutkaista terminologiaa. (Michelon 2021, 6–7.)

Teknologinen kehitys on nyttemmin mahdollistanut uusien, aiempaa luotettavampien mittareiden kehittämisen. Yksi keskeinen mahdollisuus on satelliittidatan hyödyntäminen. Seuraavaksi pohdimme satelliittidatan potentiaalia kestävyysinformaation arvioimisessa ja varmentamisessa.

Satelliittidata ja kestävyysinformaatio

Satelliittidatan hyödyntäminen kestävyysinformaation arvioinnissa tarjoaa monia konkreettisia mahdollisuuksia. Erilaiset teknologiset ratkaisut havaintolaitteissa mahdollistavat hyvin monipuolisen informaation keräämisen Maan eri kohteista, tarjoten edellytykset monien kestävyysindikaattorien seurantaan. (Zhao ym. 2023) Kuvassa 1 on esitetty kahden hyvin erilaisen ilmaisinteknologian käyttö satelliiteissa: Euroopan avaruusjärjestön Sentinel 1 -satelliitin ottama tutkakuva (oikealla) ja saman järjestön Sentinel 2 -satelliitin ottama optinen kuva. Kuvaparilla pyrimme havainnollistamaan, miten erityyppistä informaatiota satelliittidata voi tarjota teknologiasta riippuen. Molemmat satelliitit soveltuvat erilaisten kestävyystavoitteiden seurantaan. Optisia satelliitteja voidaan käyttää esimerkiksi vesistöjen laadun tarkkailuun, ja vastaavasti tutkasatelliitteja voidaan hyödyntää raaka-ainevarantojen seurannassa.

Satelliittidata mahdollistaa globaalien ilmiöiden seurannan yhtenäisellä tavalla, mikä tuo arvokasta vertailukelpoisuutta ja läpinäkyvyyttä. Tämä on erityisen tärkeää nykypäivän globaalissa markkinaympäristössä. Data on puolueetonta eikä perustu yritysten omaan raportointiin, mikä lisää luotettavuutta ja uskottavuutta. Jatkuva datan keruu mahdollistaa trendien ja muutosten nopean havaitsemisen, mikä on tärkeää päätöksenteossa ja reagoinnissa.



Kuva 1. Optinen kuva ja SAR-kuva Vaasasta. Vasemmanpuoleinen ruutu Sentinel 2 -satelliitista, oikeanpuoleinen Sentinel 1 -satelliitista. Sisältää muokattua Copernicus Sentinel -dataa [2023]. (Contains modified Copernicus Sentinel data [2023].)

ESRS E1 -standardi velvoittaa yrityksiä raporttoimaan ilmastomuutoksiin vaikuttavista toimistaan, kuten ilmakehään kulkeutuvista päästöistään. Satelliitit, kuten Euroopan avaruusjärjestön Sentinel-5P (Euroopan Space Agency n.d.), mahdollistavat ilmakehän päästöjen seurannan maailmanlaajuisesti. Ilmatieteen laitos on kartoittanut satelliittidatan hyödyntämismahdollisuuksia ilmanlaadun seurannassa. Ilmatieteen laitos arvioi satelliittidatan hyödyntämisen lisääntyvän ilman-

laadun seurannassa EU:n tasolla. Uudesta asiasta ei kuitenkaan ole kyse – satelliitit ovat tarjonneet tietoa ilmakehän koostumuksesta jo vuosikymmenien ajan ja niitä on hyödynnetty monessa sovelluskohteessa, kuten tulivuorenpurkausten ja metsäpalojen seuraamisessa. (Sundström ym. 2020, 2–4, 7) Nopea kehitys luo kuitenkin edellytykset satelliittidatan hyödyntämiseen myös kestävyysinformaation arvioinnissa.

Nykyaikaiset satelliitit auttavat tunnistamaan päästölähteitä sekä arvioimaan päästöjen ajallisia ja alueellisia muutoksia tarkkuudella, joka mahdollistaa myös pistelähteiden ja siten yritysten objektiivisen seurannan niiden raportoidessa omia päästöjään ja pyrkien vähentämään ilmastovaikutuksiaan (Beirle ym. 2021). Satelliittidatan avulla voidaan myös arvioida ilmansaasteiden leviämistä ja kerätä havaintoja sellaisiltakin alueilta, joilta ei ole saatavissa muuta dataa. Lisäksi ilmastomuutokseen vaikuttavia kasvihuonekaasuja pystytään mittaamaan jo hyvin kattavasti, sisältäen hiilidioksidin lisäksi typen ja rikin oksidit ja metaanin. (Varon ym. 2020; Wang ym. 2021.)

Satelliittidatan hyödyntäminen ei kuitenkaan rajoitu ilmakehän päästöihin. ESRS E2 -standardi sisältää indikaattorit luontoon kertyvien myrkkujen ja päästöjen seurannalle ja ESRS E3 -standardi keskittyy erityisesti vesistöjen hyvinvointiin. Satelliitteja voidaan hyödyntää vesistöihin kertyvien päästöjen ja laajemmin vesistöjen tilassa tapahtuvien muutoksien seurantaan, mikä tukee vastuullista veden käyttöä ja auttaa ehkäisemään ympäristövahinkoja. (Adjovu ym. 2023) Tämä on erityisen tärkeää yrityksille, joiden toiminta vaikuttaa vesistöihin tai jotka ovat riippuvaisia vesivaroista, kuten kaivosteollisuudessa tai elintarviketeollisuudessa. Satelliittidatalla on mahdollista seurata pistelähteistä vesistöihin kertyviä kemiallisia päästöjä, kuten fosfaatteja, nitraatteja, ja raskasmetalleja. (Adjovu ym. 2023) Tyypillisiä näiden päästöjen lähteitä ovat maatalous, kaupunkien jätevedet, sekä teollisuuden ja kaupunkien jätteet.

Satelliitit, kuten Euroopan avaruusjärjestön Sentinel-2 (European Space Agency n.d.), voivat kerätä havaintoja leväkukinnoista ja vesistöjen rehevöitymisestä, joka usein yhdistetään niiden saastumiseen. (Gernez ym. 2023; Viso-Vázquez ym. 2021) Öljypäästöt muodostavat oman, merkittävän uhan vesistöille ja ympäristölle laajemmin. Siten niiden seuranta on keskeinen osa kestävyysmonitoroinnissa. Optisten satelliittien ohella SAR-tutkasatelliitteja on mahdollista käyttää öljypäästöjen monitorointiin hyvin suurella tarkkuudella. (Al-Ruzouq ym. 2020.)

Vastaavanlaista teknologiaa on lisäksi mahdollista käyttää ihmisen toiminnasta aiheutuvien sedimenttien liikkeisiin, joka on usein myös uhka vesistöjen saastumiselle. (Hauer ym. 2018) SAR-teknologiaa voidaan hyödyntää sedimenttien liikkeiden mallintamisessa ja siten päästöjen ennustamisessa. (Duan ym. 2024) Lisäksi satelliittidataa voidaan käyttää vesistöjen lämpötilan seurantaan, mikä on tärkeää energiateollisuudessa (Nie ym. 2021), sekä erilaisten hiiliyhdistepäästöjen seurantaan (Fichot ym. 2023).

Vesistöjen tapaan satelliittidata tarjoaa mahdollisuuksia myös maaperän saastumisen seurantaan. Maaperän saastuminen on haasteena erityisesti kaivos- ja kemi-

anteollisuuden yrityksissä. Lupaavana teknologiana pidetään hyperspektroskopiaa, joka mahdollistaa maaperään kertyvien haitallisten kemikaalien monitoroinnin (Hussain ym. 2023) ja kattavamman maaperän kuormittumisen seurannan (Diaz-Gonzalez ym. 2022; Gholizadeh & Kopačková 2019). Optisia sensoreita on lisäksi käytetty menestyksekkäästi öljy- ja kaasuteollisuuden päästöjen seurantaan (Lassalle ym. 2020) ja SAR-teknologiaa on myös mahdollista hyödyntää maaperän öljypäästöjen seurannassa (Al-Ruzouq ym. 2020). Aikaisempi tutkimus on osoittanut, että seuranta voidaan tehdä hyvin paikallisesti hyödyntämällä kehittyneitä koneoppimisteknologioita (Zeraatpisheh ym. 2019).

Kestävyyden monitoroinnissa biodiversiteetti ja luontokato ovat keskeisessä roolissa ja ESRS E4 -standardi keskittyykin määrittelemään indikaattorit biodiversiteetin seurannalle. Satelliittidata tarjoaa monipuoliset mahdollisuudet luonnon monimuotoisuuden seurantaan. Tämän luonnonsuojelullisen näkökulman lisäksi satelliittidata mahdollistaa maatalousmaiden käytön tehokkaan seurannan ja siten se on keskeinen teknologia myös teho-/tarkkuusmaataloudessa. Satelliittidata mahdollistaa maaperän köyhtymisen seurannan. (Akinyemi ym. 2021.) Sen avulla voidaan optimoida viljelykäytäntöjä, vähentää ympäristövaikutuksia ja parantaa sadon tuottavuutta. Tämä tukee kestäväen maatalouden periaatteita ja auttaa yrityksiä vastaamaan kasvavaan ruokatarpeeseen. Lisäksi satelliittikuvantamisen kautta voidaan seurata metsien häviämistä ja arvioida metsitystoimien tehokkuutta. (Ahrends ym. 2021.) Esimerkiksi *Global Forest Watch* -alusta hyödyntää satelliittidataa metsien muutosten reaaliaikaisessa seurannassa, mikä auttaa yrityksiä ja hallituksia tekemään informoituja päätöksiä metsien suojelussa.

Kasvillisuuden monimuotoisuutta mitataan usein niin sanotulla NDV-indeksillä (*Normalized Difference Vegetation Index*). Indeksia ja satelliittidataa on hyödynnetty muun muassa luontokadon seuraamiseen kaivosteollisuudessa. (Ali ym. 2022) Lisäksi satelliittidataa on tehokkaasti hyödynnetty puuston monimuotoisuuden estimointiin metsissä. (Astola ym. 2019) Tutkimukset myös osoittavat eläimistön monimuotoisuuden olevan suorassa yhteydessä kasvillisuuden monimuotoisuuden kanssa, jolloin vastaavanlaisia ratkaisuja voidaan hyödyntää eläinkunnan monimuotoisuuden seurantaan. (Theron ym. 2022; Farwell ym. 2021)

Luonnonvarojen säästäminen ja kiertotalouden vahvistaminen on tärkeä osa vihreää siirtymää ja ESRS E5 -standardi määrittelee indikaattorit tämän monitorointiin. Satelliittidataa ja koneoppimista on hyödynnetty laittomien kaatopaikkojen (Devesa & Brust 2021) ja hiekanottopaikkojen (Diaconu ym. 2023) kartoittamiseen, mikä kasvattaa kiertoon päätyvien raaka-aineiden määrää. Lisäksi kaivosten (Rudke ym. 2020) ja maatalouden (Sishodia ym. 2020; Karmakar ym. 2023) tehostamiseen on kehitetty ratkaisuja, jotka pyrkivät optimoimaan hyödynnettävän raaka-aineen määrää.

Uusiutuvan energian optimointiin on kehitetty ratkaisuja, joissa satelliittidatan avulla pyritään identifioimaan parhaimmat paikat tuuli- ja aurinkoenergian talteenottoon (Karagali ym. 2021; Alhammad ym. 2022). Lisäksi on kehitetty ratkaisuja, joissa satelliittidataa hyödynnetään kierrätyskelpoisten materiaalien tunnistami-

seen, jolla voidaan optimoida esimerkiksi kierrätyskeskusten sijaintia (Rajaratnam ym. 2023). Siten satelliittidata tarjoaa aivan uusia mahdollisuuksia myös tämän kestävän kehityksen tavoitteen arvioinnissa ja varmentamisessa.

Monista mahdollisuuksista huolimatta satelliittidatan hyödyntämisessä kestävyysmonitoroinnissa on muutamia metodologisia haasteita. Suuren ja monimutkaisen datan analysointi edellyttää erityisosaamista ja kehittyneitä analyysityökaluja. Asiantuntemuksen puute satelliittidatekniikassa, käytetyissä estimointimenetelmissä, sekä yritysten kestävyystavoitteissa voi johtaa virheellisiin johtopäätöksiin. Tämän poikkitieteellisen luonteen takia ratkaisuja kehittävän ryhmän tulee koostua useiden eri alojen asiantuntijoista. Lisäksi suuret datamäärät vaativat tehokkaita laskentajärjestelmiä ja erikoisohjelmistoja. Datan hallinta ja analysointi voivat olla haastavia ilman asianmukaista infrastruktuuria.

Lisäksi tietyt tekniset rajoitteet asettavat haasteita. Sääolosuhteet, kuten pilvisyys ja aerosolipitoisuudet, voivat vaikuttaa datan laatuun. Joissain tapauksissa satelliittien tarjoama spatiaalinen tai spektrinen resoluutio ei ole riittävä yksityiskohtaiseen analyysiin. Rajoituksia laajamittaiseen käyttöön asettavat myös kustannukset. Korkearesoluutioinen data voi olla kallista tai rajoitetusti saatavilla, mikä voi estää yksityiskohtaisten analyysien tekemisen. Kattava kestävyystavoitteiden seuranta vaatii useiden erilaisten sensorien hyödyntämistä, mikä omalta osaltaan nostaa kustannuksia.

Suomessa satelliittidatan hyödyntämistä on tutkittu erityisesti Vaasan yliopistossa ja sen alaisuudessa toimivassa *Kvarken Space Center* -yksikössä (Kvarken Space Center n.d.; Punnala & Ratilainen 2024, 121–134). Sen tavoitteena on edistää satelliittiteknologioita, dataa ja sovelluksia monipuolisesti korostaen niiden keskeistä roolia nykypäivän digitaalisessa yhteiskunnassa. Keskus toimii sillanrakentajana Suomen ja Pohjoismaiden välisessä avaruusyhteistyössä, hyödyntäen maantieteellistä sijaintiaan yhteistyön kehittämisessä. Keskus keskittyy erityisesti tutkimukseen, joka avaa uusia mahdollisuuksia satelliittidatan hyödyntämiseen kestävyysmonitoroinnissa. Tämä tutkimus kattaa esimerkiksi ympäristön seurannan, ilmasaasteiden mittaamisen, vesivarojen hallinnan sekä maankäytön ja biodiversiteetin monitoroinnin satelliittidatan avulla. Keskuksen tutkijat kehittävät innovatiivisia tapoja käyttää satelliittidataa tukemaan kestävän kehityksen tavoitteita. Heidän työnsä auttaa yrityksiä ja yhteisöjä hyödyntämään satelliittidataa tehokkaammin, mikä parantaa kestävyysseurantaa ja raportointia, erityisesti Euroopan kestävän kehityksen raportointistandardien vaatimusten mukaisesti.

Johtopäätökset

Kestävyyismurroksen toteutuminen edellyttää, että kestävyystavoitteiden toteutumista voidaan mitata ja arvioida. Toistaiseksi vain osa kestävyystavoitteista on objektiivisesti mitattavissa. Yhtä ja ainoaa toimivaa mittaria olisi mahdollonta löytää, mutta satelliittidataa voidaan hyödyntää hyvin kattavasti erilaisten kestävyystavoitteiden arvioinnissa ja varmentamisessa, etenkin osana muuta kestävyysinformaatiota. Yrityksen sisäisen raportoinnin lisäksi sitä voitaisiin hyödyntää myös organisaatioiden ulkopuolisen laskennan, kuten 'varjolaskennan' näkökulmasta. Varjolaskentaa voivat hyödyntää erilaiset yhteiskunnalliset toimijat, kuten kansalaisjärjestöt, perustellakseen omia näkökantojaan ja tuodakseen esiin yritysten roolin, vaikutukset ja mahdolliset puutteet esimerkiksi ympäristövastuullisuudessa. (Tregigda 2017, 510.)

Avaruustalouden, johon satelliittikartoituskin lukeutuu, arvioidaan kasvavan 1,8 biljoonaan dollariin vuoteen 2035 mennessä. Sen odotetaan luovan arvoa eri toimialoilla ja ratkaisevan suuria maailmanlaajuisia haasteita. (World Economic Forum and McKinsey & Company 2024.) Oma haasteensa – ja artikkelin aiheensa – on satelliittidatan sääntely ja sen pirstaleisuus. Huolimatta satelliittitietojen kasvavasta merkityksestä eri aloilla, satelliittidataa koskeva lainsäädäntökehys on pitkälti vasta kehittymässä (Ferrazzani ym. 2024).

Avaruustalouden nopea kasvu on kuitenkin tehnyt oikeustilan selventämisen välttämättömäksi (Baber & Ojala 2024, 13). Tietosuoja on yksi keskeisistä haasteista. Satelliitit voivat tallentaa yksityiskohtaisia kuvia, joista voi paljastua yksityisiä tietoja, kuten ajoneuvojen liikkeet, yksilöiden käyttäytyminen julkisilla paikoilla tai jopa toiminta yksityisillä kiinteistöillä. Tämä voi herättää useita huolenaiheita, jotka liittyvät seurantaan ilman suostumusta. Satelliittidatan käyttöön voidaan soveltaa muun muassa EU:n yleistä tietosuoja-asetusta (EU) 2016/679 (GDPR) sekä kyberturvallisuusnäkökohtien osalta EU:n verkko- ja tietoturvadirektiivin eli NIS2-direktiivin (EU) 2022/2555 mukaista sääntelyä.

EU-komission puheenjohtaja Ursula von der Leyen nimesi EU:n avaruuslainsäädäntöä koskevan ehdotuksen yhdeksi tärkeimmistä aloitteistaan vuodelle 2024 (European Parliament 2024). Lainsäädäntöehdotuksen julkaisun odotetaan tapahtuvan lähiaikoina. Lisäksi on olemassa muuta uutta EU-sääntelyä, kuten datasäädös (EU) 2023/2854, joka vaikuttaa myös satelliittidatan yhteiskäyttöön.

Suomessa laki avaruustoiminnasta 63/2018³ sääntelee muun muassa satelliittikaukokartoitusta. Lain 2 a luvussa säädetään satelliittikaukokartoituksen luvanvaraisuudesta, viranomaisen satelliittikaukokartoitusta koskevasta ilmoitusvelvollisuudesta, satelliittikaukokartoituksen turvallisuusvaatimuksista ja kaukokartoitusdatan luovuttamisesta. Satelliittidata on keskeistä myös kansallisen turvallisuuden näkökulmasta ja lakia muutettiin 2023 siten, että kaukokartoitusdataa ei saa luovuttaa esimerkiksi EU:n asettamien pakotteiden

³ Lakia täydentää Työ- ja elinkeinoministeriön asetus avaruustoiminnasta 74/2018.

vastaiseen käyttöön. Hallituksen esityksessä todetaan, että satelliittidatan jakeluun ja jatkokäyttöön voi liittyä erilaisia ulko- ja turvallisuuspoliittisia riskejä. Satelliittidataa voidaan käyttää jopa terroristisiin tarkoituksiin. Koska nykyteknologia mahdollistaa erittäin tarkan satelliittikartoituksen, riskinä on esimerkiksi kansallisen turvallisuuden kannalta keskeisten kohteiden kuvaaminen. Satelliittidatan käyttöön liittyy siis tietynlainen tasapainoilu kansallisen turvallisuuden ja sen tarjoamien liiketoiminnan ja tutkimuksen edistämisen mahdollisuuksien välillä. Olennaista olisi myös oikeustilan selkiyttäminen koko EU:n tasolla. (HE 113/2022 vp, 3, 15.)

Haasteista huolimatta satelliittidatan hyödyntäminen tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia kestävyysinformaation objektiiviseen arviointiin ja varmentamiseen. Se lisää raportoinnin läpinäkyvyyttä, auttaa yrityksiä osoittamaan sitoutumisensa kestävyYTEEN ja edesauttaa globaalien kestäväN kehityksen tavoitteiden saavuttamista. Uskommekin, että teknologian kehittyessä satelliittikaukokartoituksen rooli tulee entisestään kasvamaan. Tarkkuus ja sensorien monipuolisuus paranevat, mikä avaa uusia sovelluskohteita ja parantaa datan laatua.

Jotta satelliittidatan täysi potentiaali voidaan hyödyntää, tarvitaan kuitenkin investointeja tutkimukseen ja kehitykseen. Lisäksi tarvitaan panostuksia yhtenäisten käytäntöjen ja standardien luomiseksi. Tämä edellyttää yhteistyötä julkisen ja yksityisen sektorin välillä. Satelliittidatan hyödyntäminen yritysten kestävyystavoitteiden toteutumisessa on luonteeltaan poikkitieteellistä, mikä edellyttää koulutuksen ja osaamisen lisäämistä alalla. Satelliittidatan tarjoamat mahdollisuudet ovat merkittävät, ja uskommekin sen voivan toimia tehokkaana työkaluna kestävyysmurroksen edistämässä ja globaalien haasteiden ratkaisemisessa.

Lähteet

Kirjallisuus ja artikkelit

- Adjovu, G.E., Stephen, H., James, D. & Ahmad, S. 2023. Overview of the application of remote sensing in effective monitoring of water quality parameters. *Remote Sensing*, 15(7), 1938. <https://doi.org/10.3390/rs15071938>
- Ahrends, A., Bulling, M.T., Platts, P.J., Swetnam, R., Ryan, C., Doggart, N., Hollingsworth, P.M., Marchant, R., Balmford, A., Harris, D.J. & Gross-Camp, N. 2021. Detecting and predicting forest degradation: A comparison of ground surveys and remote sensing in Tanzanian forests. *Plants, People, Planet*, 3(3), 268–281. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10189>
- Akinyemi, F.O., Ghazaryan, G. & Dubovyk, O. 2021. Assessing UN indicators of land degradation neutrality and proportion of degraded land for Botswana using remote sensing based national level metrics. *Land degradation & development*, 32(1), 158–172. <https://doi.org/10.1002/ldr.3695>
- Alhammad, A., Sun, Q. & Tao, Y. 2022. Optimal solar plant site identification using GIS and remote sensing: framework and case study. *Energies*, 15(1), 312. <https://doi.org/10.3390/en15010312>
- Ali, N., Fu, X., Ashraf, U., Chen, J., Thanh, H.V., Anees, A., Riaz, M.S., Fida, M., Hussain, M.A., Hussain, S. & Hussain, W. 2022. Remote sensing for surface coal mining and reclamation monitoring in the Central Salt Range, Punjab, Pakistan. *Sustainability*, 14(16), 9835. <https://doi.org/10.3390/su14169835>
- Al-Ruzouq, R., Gibril, M.B.A., Shanableh, A., Kais, A., Hamed, O., Al-Mansoori, S. & Khalil, M.A. 2020. Sensors, features, and machine learning for oil spill detection and monitoring: A review. *Remote Sensing*, 12(20), 3338. <https://doi.org/10.3390/rs12203338>
- Astola, H., Häme, T., Sirro, L., Molinier, M. & Kilpi, J. 2019. Comparison of Sentinel-2 and Landsat 8 imagery for forest variable prediction in boreal region. *Remote Sensing of Environment*, 223, 257–273. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.01.019>
- Baber, W.W. & Ojala A. 2024. *New Space Era: Characteristics of the New Space Industry Landscape*. Teoksessa Ojala, A. & Baber, W.W. (toim.) *Space Business. Emerging Theory and Practice*, 3–26. Palgrave Macmillan Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-3430-6_1
- Beirle, S., Borger, C., Dörner, S., Eskes, H., Kumar, V., de Laat, A. & Wagner, T. 2021. Catalog of NO_x emissions from point sources as derived from the divergence of the NO₂ flux for TROPOMI. *Earth System Science Data Discussions*, 2021, 1–28. <https://doi.org/10.5194/essd-13-2995-2021>
- Devesa, M.R. & Brust, A.V. 2021. Mapping illegal waste dumping sites with neural-network classification of satellite imagery. arXiv preprint *arXiv:2110.08599*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.08599>
- Diaconu, D.C., Koutalakis, P.D., Gkias, G.T., Dascalu, G.V. & Zaimes, G.N. 2023. River sand and gravel mining monitoring using remote sensing and UAVs. *Sustainability*, 15(3), 1944. <https://doi.org/10.3390/su15031944>

- Diaz-Gonzalez, F.A., Vuelvas, J., Correa, C.A., Vallejo, V.E. & Patino, D. 2022. Machine learning and remote sensing techniques applied to estimate soil indicators–review. *Ecological Indicators*, 135, 108517. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108517>
- Duan, M., Qiu, Z., Li, R., Li, K., Yu, S. & Liu, D. 2024. Monitoring Suspended Sediment Transport in the Lower Yellow River using Landsat Observations. *Remote Sensing*, 16(2), 229. <https://doi.org/10.3390/rs16020229>
- Euroopan Unioni. n.d. *Kestävä kehitys*. <https://eur-lex.europa.eu/FI/legal-content/glossary/sustainable-development.html>
- European Parliament. 2024. *Legislative Train*, 6.2024. <https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/carriage/eu-space-law/report?sid=8201>
- European Space Agency. n.d. *Sentinel Online*. <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/home>
- Farwell, L.S., Gudex-Cross, D., Anise, I.E., Bosch, M.J., Olah, A.M., Radeloff, V.C., Razenkova, E., Rogova, N., Silveira, E.M., Smith, M.M. & Pidgeon, A.M. 2021. Satellite image texture captures vegetation heterogeneity and explains patterns of bird richness. *Remote sensing of Environment*, 253, 112175. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112175>
- Ferrazzani, M., Talkova, H. & Malinowska, K. 2024. *Regulating Space Data Management*. Teoksessa Cortesi, A. (toim.) *Space Data Management*. Studies in Big Data, vol 141. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-0041-7_9
- Fichot, C.G., Tzortziou, M. & Mannino, A. 2023. Remote sensing of dissolved organic carbon (DOC) stocks, fluxes and transformations along the land-ocean aquatic continuum: Advances, challenges, and opportunities. *Earth-Science Reviews*, 242, 104446. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104446>
- Gernez, P., Zoffoli, M.L., Lacour, T., Fariñas, T.H., Navarro, G., Caballero, I. & Harmel, T. 2023. The many shades of red tides: Sentinel-2 optical types of highly-concentrated harmful algal blooms. *Remote Sensing of Environment*, 287, 113486. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113486>
- Gholizadeh, A. & Kopačková, V. 2019. Detecting vegetation stress as a soil contamination proxy: A review of optical proximal and remote sensing techniques. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16, 2511–2524. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02310-w>
- Global Forest Watch. n.d. <https://www.globalforestwatch.org/>
- Greenhouse Gas Protocol. n.d. <https://ghgprotocol.org/>
- Hauer, C., Leitner, P., Unfer, G., Pulg, U., Habersack, H. & Graf, W. 2018. The role of sediment and sediment dynamics in the aquatic environment. *Riverine ecosystem management: Science for governing towards a sustainable future*, 151–169. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73250-3_8
- Heinonen, T. & Nissinen, A. 2022. Ympäristöväittämät Suomen markkinoilla. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2022:48. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-724-3>
- Hollo, E.J. 2022. “Ympäristöjuridiikka” kestävyysmurroksen keskusteluforumina. *Ympäristöjuridiikka* 1/2022, 3–7. <https://www.edilex.fi/ymparistojuridiikka/1000660001>
- Hussain, A., Bangroo, S.A. & Muslim, M. 2023. Assessment of Soil Contamination Using Remote Sensing and Spatial Techniques. Teoksessa *Geospatial Analytics for*

- Environmental Pollution Modeling: Analysis, Control and Management*, 249–266. Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-45300-7_10
- Kaisanlahti, T. 2023. *Kestävyyšnäkökohdat EU-yritysten julkisessa raportoinnissa: Mitä tietoja ja miten tilintarkastaja varmentaa?* Teoksessa Ruohonen, J., Kihn, L.-A., Oulasvirta, L. & Veikkola, E. (toim.) 2023. *Tilintarkastus ja evaluaatio: Talouden ja sääntelyn vuoropuhelu*, 45–59. Tampere: Tampere University Press. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202308157589>
- Karagali, I., Badger, M. & Hasager, C. 2021, July. Spaceborne Earth Observation for Offshore Wind Energy Applications. Teoksessa 2021 *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS*, 172–175. IEEE. <https://doi.org/10.1109/IGARSS47720.2021.9553100>
- Karmakar, P., Teng, S.W., Murshed, M., Pang, S., Li, Y. & Lin, H. 2024. Crop monitoring by multimodal remote sensing: A review. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 101093. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.101093>
- Kvarken Space Center. n.d. <https://www.kvarkenspacecenter.org/>
- Lassalle, G., Fabre, S., Credoz, A., Dubucq, D. & Elger, A. 2020. Monitoring oil contamination in vegetated areas with optical remote sensing: A comprehensive review. *Journal of hazardous materials*, 393, 122427. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122427>
- Michelon, G. 2021. *Financial markets and environmental information*. Teoksessa Bebbington, J., Larrinaga, C., O'Dwyer, B. & Thomson, I. (toim.) 2021. *Routledge Handbook of Environmental Accounting*, 1 ed., 165–178. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780367152369>
- Nie, P., Wu, H., Xu, J., Wei, L., Zhu, H. & Ni, L. 2021. Thermal pollution monitoring of Tianwan nuclear power plant for the past 20 years based on Landsat remote sensed data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 14, 6146–6155. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2021.3088529>
- Punnala, M. & Ratilainen, J. 2024. *An Emerging Innovation Ecosystem for New Space — Kvarken Space Center in Finland*. Teoksessa Ojala, A. & Baber, W.W. (toim.) *Space Business. Emerging Theory and Practice*, 113–140. Palgrave Macmillan Singapore. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2024090368337>
- Rajaratnam, D., Stewart, R.A., Liu, T. & Vieira, A.S. 2023. Building stock mining for a circular economy: A systematic review on application of GIS and remote sensing. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, 18, 200144. <https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2023.200144>
- Richardson, A.J. & Welker, M. 2001. Social disclosure, financial disclosure and the cost of equity capital. *Accounting, Organizations and Society* 26 (2001), 597–616. [https://doi.org/10.1016/S0361-3682\(01\)00025-3](https://doi.org/10.1016/S0361-3682(01)00025-3)
- Rikhardsson, P. & Holm, C. 2008. The Effect of Environmental Information on Investment Allocation Decisions – an Experimental Study. *Business Strategy and the Environment* 17, 382–397. <https://doi.org/10.1002/bse.536>
- Rudke, A.P., de Souza, V.A.S., Dos Santos, A.M., Xavier, A.C.F., Rotunno Filho, O.C. & Martins, J.A. 2020. Impact of mining activities on areas of environmental protection in

- the southwest of the Amazon: A GIS-and remote sensing-based assessment. *Journal of environmental management*, 263, 110392. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110392>
- Similä, J. 2021. Kestävyysmurros ja oikeus. *Ympäristöjuridiikka* 4/2021, 6–24. <https://www.edilex.fi/ymparistojuridiikka/1000480002>
- Sishodia, R.P., Ray, R.L. & Singh, S.K. 2020. Applications of remote sensing in precision agriculture: A review. *Remote sensing*, 12(19), 3136. <https://doi.org/10.3390/rs12193136>
- Sundström, A.-M., Virta, H., Ialongo, I. & Tamminen, J. 2020. *Satelliittihavaintojen hyödyntäminen ilmanlaadun seurannassa*. Ilmatieteen laitos, Raportteja 2020:1. <http://hdl.handle.net/10138/311906>
- Theron, K.J., Pryke, J.S. & Samways, M.J. 2022. Identifying managerial legacies within conservation corridors using remote sensing and grasshoppers as bioindicators. *Ecological Applications*, 32(1), e02496. <https://doi.org/10.1002/eap.2496>
- Tregidga, H. 2017. “Speaking truth to power”: analysing shadow reporting as a form of shadow accounting. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, 30(3), 510–533. <https://doi.org/10.1108/AAAJ-01-2015-1942>
- United Nations. n.d. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- United Nations. 2023. *The Sustainable Development Goals Report*. Special edition. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023.pdf>
- Valtioneuvosto. 2022. *Hallituksen kestävyystiekartta. Tiekartan edistyminen ja jatkovalmistelun kokonaisuudet*. Valtioneuvoston julkaisuja 2022:57. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-764-5>
- Varon, D.J., Jacob, D.J., Jervis, D. & McKeever, J. 2020. Quantifying time-averaged methane emissions from individual coal mine vents with GHGSat-D satellite observations. *Environmental science & technology*, 54(16), 10246–10253. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c01213>
- Wang, Y., Ali, M.A., Bilal, M., Qiu, Z., Mhawish, A., Almazroui, M., ... & Haque, M.N. 2021. Identification of NO₂ and SO₂ pollution hotspots and sources in Jiangsu Province of China. *Remote Sensing*, 13(18), 3742. <https://doi.org/10.3390/rs13183742>
- Viso-Vázquez, M., Acuña-Alonso, C., Rodríguez, J.L. & Álvarez, X. 2021. Remote detection of cyanobacterial blooms and chlorophyll-a analysis in a eutrophic reservoir using Sentinel-2. *Sustainability*, 13(15), 8570. <https://doi.org/10.3390/su13158570>
- World Economic Forum and McKinsey & Company. 2024. *Space: The \$1.8 Trillion Opportunity for Global Economic Growth*. Insight Report, April 2024. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Space_2024.pdf
- Zeraatpisheh, M., Ayoubi, S., Jafari, A., Tajik, S. & Finke, P. 2019. Digital mapping of soil properties using multiple machine learning in a semi-arid region, central Iran. *Geoderma*, 338, 445–452. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.09.006>
- Zhao, S., Liu, M., Tao, M., Zhou, W., Lu, X., Xiong, Y., ... & Wang, Q. 2023. The role of satellite remote sensing in mitigating and adapting to global climate change. *Science of the Total Environment*, 166820. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166820>

Virallislähteet

- Council of the European Union. 2024. *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on substantiation and communication of explicit environmental claims (Green Claims Directive)*. Brussels, 17 June 2024. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-11312-2024-INIT/en/pdf>
- European Commission. 2025a. *A Competitiveness Compass for the EU*. Brussels, 29.1.2025, COM(2025) 30 final. https://commission.europa.eu/document/download/10017eb1-4722-4333-add2-e0ed18105a34_en
- European Commission. 2025b. *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directives 2006/43/EC, 2013/34/EU, (EU) 2022/2464 and (EU) 2024/1760 as regards certain corporate sustainability reporting and due diligence requirements*. Brussels, 26.2.2025, COM(2025) 81 final. https://finance.ec.europa.eu/document/download/161070fo-aca7-4b44-b20a-52bd879575bc_en
- European Commission. 2025c. *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directives (EU) 2022/2464 and (EU) 2024/1760 as regards the dates from which Member States are to apply certain corporate sustainability reporting and due diligence requirements*. Brussels, 26.2.2025, COM(2025) 80 final. https://finance.ec.europa.eu/document/download/29624c4a-94e1-4b47-b798-db7883f79c87_en
- Euroopan komissio. 2020. *Environmental claims in the EU. Inventory and reliability assessment. Final report*. https://www.qualenergia.it/wp-content/uploads/2023/01/Envclaims_inventory_2020_final_publi.pdf
- Euroopan komissio. 2019. *Euroopan vihreän kehityksen ohjelma*. Bryssel 11.12.2019, COM(2019) 640 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640>
- Euroopan komissio. 2018. *Kestävän kasvun rahoitusta koskeva toimintasuunnitelma*. Bryssel 8.3.2018, COM(2018) 97 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:52018DC0097>
- Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi maa-aseamista ja eräistä tutkista sekä avaruustoiminnasta annetun lain muuttamisesta ja sakon täytäntöönpanosta annetun lain 1 §:n muuttamisesta. HE 113/2022 vp.
- Pariisin ilmastositopimus (76/2016). EUVL L 282, 19.10.2016, 4–18.