

Laaja spektrikirjasto pohjoisilta soilta

Extensive spectral library from northern peatlands

Sini-Selina Salko

Seloste artikkelista: Salko, S.-S., Hovi, A., Burdun, I., Juola, J., Rautiainen, M. 2024. Hyperspectral characterization of vegetation in hemiboreal, boreal and Arctic peatlands using a geographically extensive field dataset. Ecological Informatics 82: 102772. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102772>

Hyperspektriaineistot soiden seurannassa

Kasvillisuuden kaukokartoitukseen ja kasvien kosteuspitoisuuden seurantaan käytettävät hyperspektriset satelliittiaineistot, joita tuottavat esimerkiksi EnMAP ja PRISMA, parantavat mahdollisuuksia soiden laaja-alaiseen, jatkuvaan seurantaan. Soilta saatavien satelliittiaineistojen tulkitsemiseksi tarvitaan kuitenkin tietoa suon kasvivyhdyskuntien spektriominaisuuksista ja spektriominaisuuksien vaihtelusta kasvivyhdyskuntien välillä. Suuri osa aihetta aiemmin käsitelleestä tutkimuksesta on keskittynyt joko lauhkean vyöhykkeen soille tai kapeammalle spektrialueelle jättäen kosteudesta paljon tietoa sisältävän lyhytaaltoinfrapuna-alueen (1300–2500 nm) huomiotta. Aiemmin pohjoisilta soilta ei ole ollut saatavilla avoimia, kasvillisuusaineistoon yhdistettyjä hyperspektriaineistoja. Äskettäin ilmestyneessä artikkelissa *Hyperspectral characterization of vegetation in hemiboreal, boreal and Arctic peatlands using a geographically extensive field dataset* esittelimme laajimman tähän asti julkaistun avoimen pohjoisten soiden kasvien toiminnallisiin tyypeihin yhdistetyn spektrikirjaston ja osoitimme, että heijastusspektrin sisältämää tietoa voi käyttää kasvien toiminnallisten tyyppien runsauden ennustamiseen. Tarkimmat ennusteet saatiin, kun hyödynnettiin aineistoa koko 350–2500 nm spektrialueelta.

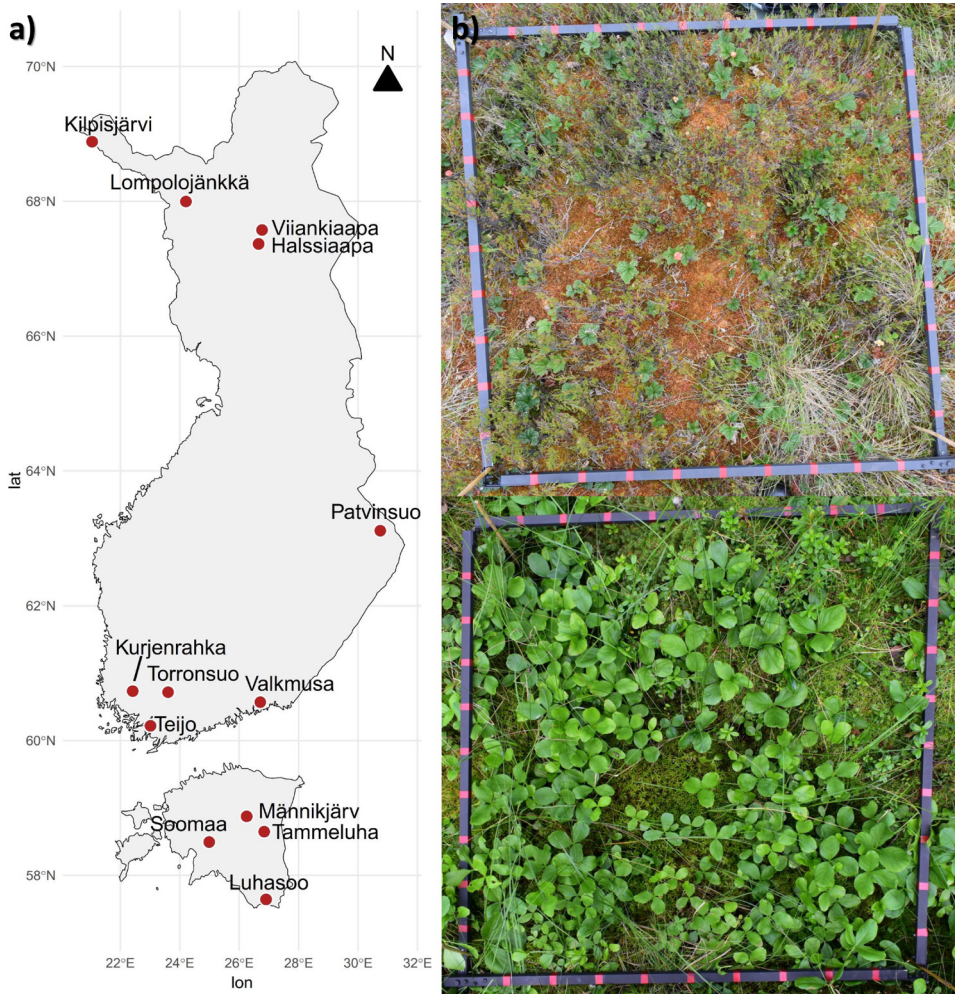
Tutkimusaineisto

Tutkimusaineisto kerättiin 2022 ja 2023 kasvukausien aikana suojelluilta, luonnontilaisilta suoalueilta Suomessa ja Virossa. Yhteensä 13 suolla, jotka edustavat hemiboreaalista, boreaalista, subarktista ja arktista kasvillisuusvyöhykettä (kuva 1a), tehtiin 446 kasviryötymittaus (kuva 1b), jokaisella suolla vähintään kolmekymmentä. Jokaiselta kasviryötymittauksesta mitattiin heijastusspektri, ja ruudun kasvipeite valokuvattiin.

Kasviryötymittauksen heijastusspektri (aallonpituudet 350–2500 nm) mitattiin kasviryötymittauksen keskeltä ASD FieldSpec4 -spektrometrillä. Mittaus suoritettiin diffuuseissa valaistusolosuhteissa auringon korkeuskulman vaikutuksen minimoimiseksi. Kasvillisuuden peittävyys prosentteina arvioitiin ruudun yläpuolelta otetusta valokuvasta niin, että ruudun päälle asetettiin 100 solun ristikko, ja kasvien toiminnallinen tyyppi kirjattiin ylös jokaisen solun keskeltä. Kasvien toiminnalliset tyypit edustivat yhteensä 11 kategoriaa, jotka jaettiin edelleen viiteen pääkategoriaan (taulukko 1).

Tulokset

Kasvien eri toiminnallisten tyyppien vallitsevat suopinnat erosivat toisistaan paljon spektriominaisuuksiltaan (kuva 2a). Kun tarkasteltiin kasviryötymittauksia, joilla tietyn toiminnallisen tyyppin pää- tai alakategorian peittävyys ylitti 70 %,



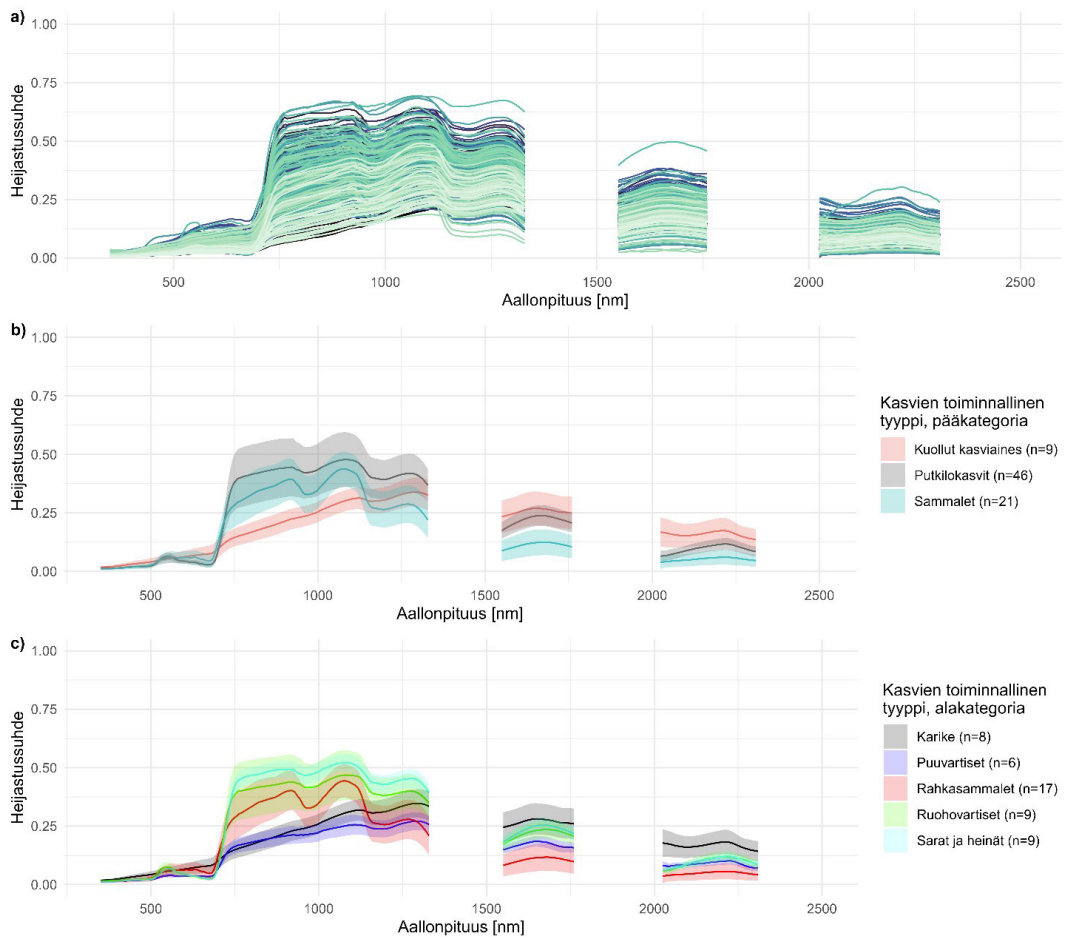
Kuva 1. Kartta soista, joilta tutkimusaineisto kerättiin (1a), sekä esimerkikuvat kasvillisuusruuduista, joilta spektri- ja kosteusmittaukset sekä kasvillisuuden peittävyysarviointi tehtiin (1b). Mukaelma kuvasta, joka on aiemmin julkaistu artikkelissa Salko ym. (2024a) ja lisensoitu Creative Commons BY 4.0-lisenssillä (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Figure 1. Map of the study sites (1a), and example photographs of the vegetation quadrats where the spectral measurements, moisture measurements and fractional cover estimation were conducted (1b). Adapted from figure previously published in Salko et al. (2024a), and licensed under Creative Commons BY 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Taulukko 1. Kasvillisuuden peittävyuden arvioinnissa käytetyt kasvien toiminnallisten tyyppien pää- ja alakategoriat.

Table 1. The main and sub-categories of plant functional types used in the vegetation fractional cover estimation.

Kasvien toiminnallinen tyyppi, pääkategoria	Kasvien toiminnallinen tyyppi, alakategoria
Putkilokasvit	Sarat ja heinät Ruohovartiset Puuvartiset
Sammalet	Rahkasammalet Ruskosammalet Muut sammalet
Kuollut kasviaines	Karike Paljas turve
Muu	Jäkälä Vesi
Tunnistamaton	Tunnistamaton



Kuva 2. Kasviruutujen heijastusspektrit, joista on kohinan vuoksi poistettu veden absorptioalueet 1330–1549, 1761–2024 ja 2311–2500 nm alueilta. A) kaikki mitatut heijastusspektrit, b) keskiarvo (tasainen viiva) ja keskihajonta (varjostettu alue) niiden kasviruutujen heijastusspektreille, joilla kasvien toiminnallisen tyypin pääkategoria ylitti 70 %, sekä c) keskiarvo (tasainen viiva) ja keskihajonta (varjostettu alue) niiden kasviruutujen heijastusspektreille, joilla kasvien toiminnallisen tyypin alakategoria ylitti 70 %. Mukaelma kuvasta, joka on aiemmin julkaistu artikkelissa Salko ym. (2024a) ja lisensoitu Creative Commons BY 4.0-lisenssillä (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Figure 2. Reflectance spectra of the vegetation quadrats, where water absorption regions in 1330–1549, 1761–2024 and 2311–2500 nm have been removed. a) all measured reflectance spectra, b) mean reflectance spectra (solid line) and standard deviation (shaded area) for the vegetation quadrats, where a plant functional type's main category exceeded 70 %, and c) mean reflectance spectra (solid line) and standard deviation (shaded area) for the vegetation quadrats, where a plant functional type's sub-category exceeded 70 %. Adapted from figure previously published in Salko et al. (2024a), and licensed under Creative Commons BY 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

spektriominaisuuksien havaittiin riippuvan toiminnallisesta tyypistä: putkilokasvien vallitsevien ruutujen heijastussuhteet olivat näkyvän valon ja lähi-infrapun alueella muita korkeampia ja lyhytaaltoinfrapun alueella vaihteluväliltään pienempiä, kun taas sammalvaltaisilla ruuduilla heijastussuhteet lyhytaaltoinfrapuna-alueella oli-

vat matalia, viitaten korkeaan kosteuspitoisuuteen (kuva 2b). Puuvartisten kasvien heijastussuhteet muistuttivat kariketta erityisesti näkyvällä ja lähi-infrapuna-alueella (kuva 2c).

Hyperspektriaineistojen mahdollisuuksien selvittämiseksi ennustimme kasvien eri toiminnallisten tyyppien peittävyttä kolmella regres-

siomallilla. Tulos oli yleisesti heikoin yhden aallonpituuden heijastussuhdetta hyödyntävässä mallissa, jossa selitysaste vaihteli 0.06 ja 0.37 välillä toiminnallisesta tyypistä riippuen. Kahden aallonpituuden heijastussuhdetta hyödyntävä kasvillisuusindeksimalli tuotti selitysasteita 0.56 ja 0.68 väliltä. Koko mittausaluetta hyödyntävä malli tuotti selitysasteita, jotka vaihtelivat 0.49 ja 0.72 välillä, korkeimman selitysasteen ollessa saroille ja heinille. Tärkeimmät aallonpituusalueet kasvillisuuden peittävyyttä arvioidessa olivat samansuuntaisia yhden aallonpituuden mallia ja kasvillisuusindeksimallia käytettäessä, ja lisäksi vaihtelivat toiminnallisesta tyypistä riippuen: sammalilla lyhytaaltoinfrapuna-alue ja putkilokasveilla, pois lukien puuvartiset, näkyvän valon ja lähi-infrapunan alueet olivat informatiivisimmat spektrialueet peittävyyttä mallinnettaessa.

Mahdollisuudet soiden kasvillisuuden kaukokartoituksessa

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että hyperspektriaineistoja voidaan hyödyntää suokasvillisuuden peittävyuden ja kasvien toiminnallisten tyyppien

seurannassa. Hyperspektrisen lähestymistavan kautta voidaan tarkastella esimerkiksi muutoksia niin luonnontilaisten soiden kuin ennallistamisalueiden kasvillisuudessa. Spektri- ja kasvillisuusaineiston sisältävä kirjasto on avoimesti saatavilla osoitteesta <https://doi.org/10.17632/3866tj3w8v.1> (Salko ym. 2024b). Avoimen spektrikirjaston tarkoitus on tukea pohjoisten soiden kaukokartoitusmenetelmien kehittämistä.

Viitteet

- Salko, S.-S., Hovi, A., Burdun, I., Juola, J., Rautiainen, M. 2024a. Hyperspectral characterization of vegetation in hemiboreal, boreal and Arctic peatlands using a geographically extensive field dataset. *Ecological Informatics* 82: 102772. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102772>.
- Salko, S.-S., Hovi, A., Burdun, I., Juola, J., Rautiainen, M. 2024b. Geographically extensive spectral library of peatland vegetation from 13 hemiboreal, boreal, sub-Arctic and Arctic peatland sites, Mendeley Data, V1. <https://doi.org/10.17632/3866tj3w8v.1>.