

Matti Katila¹, Tuomas Rajala² ja Annika Kangas³

Paikallisten trendien arviointi ekosysteemipalveluja indikoivissa muuttujissa metsävarakarttojen aikasarjoista

Katila M., Rajala T., Kangas A. (2020). Paikallisten trendien arviointi ekosysteemipalveluja indikoivissa muuttujissa metsävarakarttojen aikasarjoista. *Metsätieteen aikakauskirja* 2020-10470. Tutkimusseloste. 3 s. <https://doi.org/10.14214/ma.10470>

Yhteystiedot ¹Luonnonvarakeskus (Luke), Biotalous ja ympäristö, Helsinki; ²Luonnonvarakeskus (Luke), Luonnonvarat, Helsinki; ³Luonnonvarakeskus (Luke), Biotalous ja ympäristö, Joensuu
Sähköposti matti.katila@luke.fi

Hyväksytty 4.11.2020

Seloste artikkelista Katila M., Rajala T., Kangas A. (2020). Assessing local trends in indicators of ecosystem services with a time series of forest resource maps. *Silva Fennica* vol. 54 no. 4 article 10347. <https://doi.org/10.14214/sf.10347>

Kaukokartoituksen avulla voidaan pienilläkin alueilla tehokkaasti seurata muutoksia metsävaroissa ja niitä kuvaavissa tunnuksissa ja sitä kautta ekosysteemipalvelujen indikaattorimuuttujissa. Esimerkiksi metsien käytön kestävyuden seuranta edellyttää aikasarjatyypistä tietoa.

Suomessa monilähteisen valtakunnan metsien inventoinnin (MVMI) menetelmällä on tuotettu metsävarakarttoja ja metsävaratietoa pienalueille 1990-luvulta lähtien. Tulokset on saatu yhdistämällä valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) koelajoja, satelliittikuvia ja numeerista karttatietoa käyttäen epäparametrinen k:n lähimmän naapurin menetelmää. Metsävarakartat on tuotettu MVMI:n avulla kahdeksasta kymmeneen kertaa riippuen maantieteellisestä alueesta, mutta karttojen aikasarjoja ei ole juurikaan analysoitu.

Tämän työn tavoitteena oli selvittää metsävarakarttojen aikasarjojen soveltuvuutta metsäekosysteemin tilaa kuvaavien avainindikaattorien seurantaan. Muutosten merkitsevyyttä testattiin kontekstuaalisella Mann-Kendall (CMK) -testillä; se etsii havaintojen aikasarjasta monotonisia trendejä, ottaen huomioon havaintojen, tässä kuva-alkioiden, välisen spatiaalisen autokorrelaation metsävarakartoissa. Tuhansien sarjojen yhtäaikaisen testauksen aiheuttamaa vääristymää testi-suureen *p*-arvossa korjattiin FDR-menetelmällä (False Detection Rate).

Muutoksia voidaan yrittää havaita ja tulkita eri mittakaavoissa, kuten metsikkö, metsälö, kunta. Trendejä testattiin eri kokoisilla yksiköillä: alkuperäisessä MVMI-metsävarakarttojen kuva-alkiokoossa, $16 \times 16 \text{ m}^2$ ja niistä summatuissa ruuduissa, joiden koko oli $240 \times 240 \text{ m}^2$, $1200 \times 1200 \text{ m}^2$ ja $12000 \times 12000 \text{ m}^2$. Teemoja olivat puuston keskitalavuus, männyn ja kuusen keskitalavuus, lehtipuun osuus tilavuudesta ja metsikön ikä. Aikasarja käsitti 9 tai 10 MVMI-teemakarttaa

Taulukko 1. Ruutujen osuus, joissa merkitsevä trendi ($p < 0,05$), kontekstuaalin Mann-Kendall -testin mukaan ja positiivisten Kendallin S -testisuureiden osuus näistä ruuduista. MVMI teemakarttojen aikasarja 1994–2017 ($n = 10$) Hämeessä ja 1992–2017 ($n = 9$) Kainuussa. Keskitilavuus, männyn ja kuusen keskitilavuus, lehtipuun osuus tilavuudesta ja metsikön ikä.

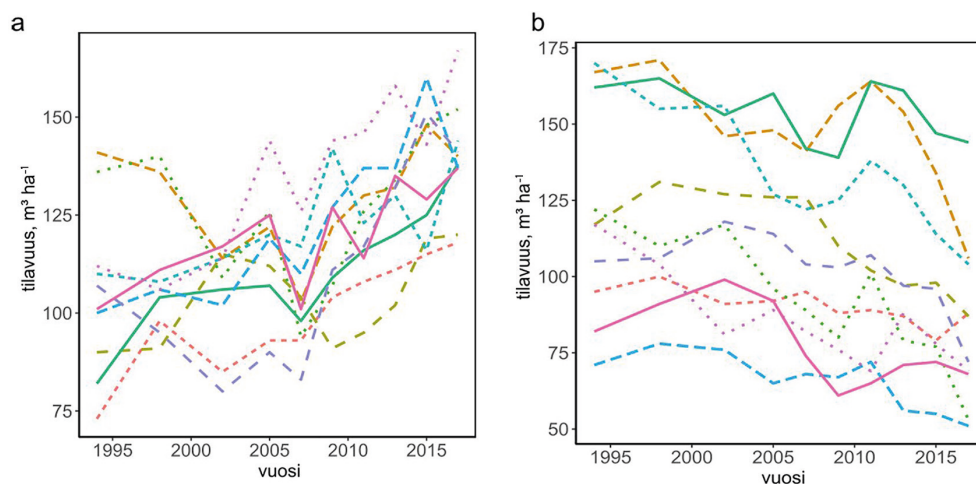
Testialue	Muuttuja	p % (joissa positiivinen S %)			
		$16 \times 16 \text{ m}^2$ ^a	$240 \times 240 \text{ m}^2$	$1200 \times 1200 \text{ m}^2$	$12000 \times 12000 \text{ m}^2$
Häme	Tilavuus ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	0	39,8 (98)	26,2 (99)	72,5 (100)
	mänty ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)		0	0	37,0 (100)
	kuusi ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)		0	0	10,1 (36)
	Lehtipuiden osuus %		0	33,3 (99)	75,4 (100)
	Metsikön ikä (y)		0	0	49,3 (0)
Kainuu	Tilavuus ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	0	59,6 (99)	79,6 (100)	99,5 (100)
	mänty ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)		54,0 (99)	72,0 (100)	98,1 (100)
	kuusi ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)		0	0	6,8 (100)
	Lehtipuiden osuus %		0	0	0
	Metsikön ikä (y)		0	0	0

^a Tulokset laskettu käyttäen vain osaa testialueesta.

yli kahden vuosikymmenen ajalta kahdella testialueella Hämeessä ja Kainuussa, pinta-alaltaan 1,4 ja 2,5 milj. ha metsätalouden maata.

CMK-testi löysi merkitseviä nousevien trendien alueita keskitilavuudelle molemmilla testialueilla $240 \times 240 \text{ m}^2$ ja suuremmilla yksiköillä (Taulukko 1). Muiden muuttujien osalta merkitseviä trendejä löytyi lähinnä vain suurimmilla ruuduilla, $12000 \times 12000 \text{ m}^2$, joka vastaa kooltaan pientä kuntaa Etelä-Suomessa. Yleisesti merkitsevien havaintojen osuus kasvoi ruudun koon kasvaessa (Taulukko 1). Havaittujen trendien suunta vastasi suuralueella peräkkäisissä VMI:ssä havaittuja muutoksia.

MVMI-teemakartoista yleistettyjen ruutujen aikasarjoissa esiintyy vaihtelua sitä enemmän, mitä pienempiä ne ovat kooltaan. $240 \times 240 \text{ m}^2$ ruudulle voi osua yksi tai useampia metsikkökuvioita, joilla on tehty hakkuu tarkastelujaksolla (esim. Hämeessä arviolta 20 % kuvioista uudistushakattu 23 vuoden kuluessa). Yksittäisten metsiköiden hakkuut aiheuttavat äkillisiä muutoksia aikasarjassa. Ruudun koon kasvaessa hakkuiden sijoittumisen ja MVMI-ennustevirheiden vaikutus pienenee. Kuvassa 1 on kymmenen ruudun satunnainen otos $1200 \times 1200 \text{ m}^2$ ruuduista, joilla



Kuva 1. Kymmenen havainnon satunnaisotos ruuduista, joissa merkitsevä trendi ($p < 0,05$) CMK-testissä MVMI:n keskitilavuuskarttojen aikasarjassa 1994–2017 Hämeessä. $1200 \times 1200 \text{ m}^2$ ruudut ja positiivinen testisuure S (a), $1200 \times 1200 \text{ m}^2$ ruudut ja negatiivinen testisuure S (b).

havaittu merkitsevä a) nouseva tai b) laskeva trendi keskitilavuudessa, Hämeen testialueella. Aikasarjoissa voi olla yksittäisiä, tyypillisesti käytetyn satelliittikuvan ominaisuuksista johtuvia poikkeamia, mutta Mann-Kendall testi on robusti ja havaitsee trendin tästä huolimatta (esim. vuoden 2007 alaspäin poikkeavat havainnot kuvassa 1a).

Tutkimus osoitti, että merkitseviä trendejä voidaan havaita eri mittakaavoissa satelliittikuvapohjaisten metsävarakarttojen aikasarjoista, kun havaintoja on riittävä määrä suhteellisen tasaisin aikavälein. Tulokset myös kertovat, että useamman vuoden aikasarjasta tehdyt päätelmät ovat robustimpia kuin kahden ajanhetken erotuksista tehdyt. Tuloksia ja menetelmiä voidaan käyttää esimerkiksi ekosysteemipalvelujen indikaattorimuuttujien seurantaan.