

PTT työpapereita 165
PTT Working Papers 165

**METSÄPALOJEN TORJUNNAN
TALOUS JA EKOSYSTEEMIPALVELUT –
Kustannusanalyysi Pohjois-Karjalasta**

Anna-Kaisa Kosenius*

Taneli Tulla*

Paula Horne*

Ilkka Vanha-Majamaa**

Leena Kerkelä*

* Pellervon taloustutkimus PTT

** Metsäntutkimuslaitos Metla

Helsinki 2014

PTT työpapereita 165
ISBN 978-952-224-157-3 (pdf)
ISSN 1796-4784 (pdf)
Pellervon taloustutkimus PTT

Helsinki 2014

ESIPUHE

Metsät tuottavat yhteiskunnalle monenlaista hyötyä ekosysteemipalveluiden muodossa. Metsäpalot ovat äkillisiä häiriöitä, jotka vaikuttavat ekosysteemipalveluihin ja ihmisten hyvinvointiin. Pääosin metsäpalojen välittömät vaikutukset ovat negatiivisia, mutta pidemmällä tähtäimellä metsäpaloilla saattaa olla positiivisia vaikutuksia esimerkiksi luonnon monimuotoisuudelle.

Metsäpalojen torjuntaan osallistuu Suomessa monia eri tahoja. Yhteistyöllä onkin paljon merkitystä metsäpalojen menestyksellisessä torjunnassa.

Tämän työn tarkoituksena oli kartoittaa metsäpalojen vaikutuksia ekosysteemipalveluihin ja metsäpalojen torjunnasta koituvia kustannuksia Pohjois-Karjalassa. Tämän lisäksi metsäpaloja ja kustannuksia vertailtiin Karjalan tasavaltaan ja hahmoteltiin erojen syitä.

Tämä tutkimus on osa EU:n lähialuerahaston (ENPI) rahoittamaa MULTIEFFORT-hanketta, jota koordinoi Metsäntutkimuslaitos (METLA). PTT kiittää rahoittajaa saamastaan tuesta.

Helsingissä 11 joulukuuta 2014

Pasi Holm
toimitusjohtaja

Paula Horne
tutkimusjohtaja

Kosenius, A-K., Tulla, T., Horne, P., Vanha-Majamaa ja I., Kerkelä, L. 2014. METSÄPALOJEN TORJUNNAN TALOUS JA EKOSYSTEEMIPALVELUT – Kustannusanalyysi Pohjois-Karjalasta. PTT työpapereita 165, 54 s. ISBN 978-952-224-157-3 (pdf), ISSN 1796-4784 (pdf).

Tiivistelmä: Metsäpalo vaikuttaa ekosysteemipalveluihin (esim. puu, marjat, sienet, hiilensidonta, muut säätelypalvelut) ja voi aiheuttaa omaisuusvahinkoja ja terveyshaittoja. Tässä työssä kuvailtiin metsäpaloista ja niiden torjunnasta aiheutuvia kustannuksia Pohjois-Karjalassa vuosina 2009-13 ja tarkasteltiin tiedon saatavuutta ja määrää. Metsäpalojen määrä vaihteli 14-104 välillä ja vuosittain palaneen alan koko oli 3-96 hehtaaria. Tyypillisesti palot olivat alle hehtaarin kokoisia. Sammutuskustannusten (palkat ja polttoaineet), ennaltaehkäisyn (tiedotus ja valistus) ja havainnoinnin (maastohavainnointi ja lentotähystys) kustannusten lisäksi laskettiin metsäpaloista aiheutuvat menetykset metsien puuntuotannolle ja hiilensidonnalle. Kustannusten arviointia hankaloitti rahamääräisen tiedon puute tai ekologisten vaikutusten määrittelemättömyys ajassa. Karjalan tasavallassa metsäpalojen määrä ja keskimäärin palossa palanut ala on vuosittain moninkertainen Pohjois-Karjalaan verrattuna. Suomen metsäautoteiden määrä, kuvioittainen metsätalous, yhteistyö eri tahojen välillä ja havainnointi auttavat estämään palojen leviämistä. Menestyksekkäs palon torjunta edellyttää hyvää tiedon kulkua ja tutkimustiedon (esim. paloriskit, palojen leviäminen) siirtymistä käytäntöön.

Avainsanat: metsäpalot, ekosysteemipalvelut, kustannusanalyysi, säätelypalvelut

Kosenius, A-K., Tulla, T., Horne, P., Vanha-Majamaa ja I., Kerkelä, L. 2014. ECONOMICS OF FOREST FIRE MANAGEMENT AND ECOSYSTEM SERVICES – Cost analysis from North Karelia. PTT Working Papers 165, 54 p. ISBN 978-952-224-157-3 (pdf), ISSN 1796-4784 (pdf).

Abstract: Wildfires affect ecosystem services (e.g. timber, berries, mushrooms, carbon sequestration, other regulatory services) and can cause damage to property and human health. This work describes the costs of forest fires and their management in North Karelia during 2009-13 and assesses the availability and accuracy of information. The annual amount of forest fires ranged between 14-104 and the annual burned area was 3-96 hectares. Typically, the fires were less than one hectare in size. Suppression costs (salaries and fuels), pre-suppression costs (terrain observation and aerial monitoring), and prevention costs (information and education) were included in the analysis. To exemplify the effect of forest fires on ecosystem services, the losses of timber production and carbon sequestration were roughly estimated. Cost evaluation was hampered due to lack of monetary information or of definition of ecological impacts in time. In the Republic of Karelia, the number of forest fires and the average burned area per fire are higher compared to North Karelia. The amount of forest roads in Finland as well as the patterned forestry, co-operation in fire management and observation helps preventing the fire from spreading. Successful fire prevention requires a good flow of information and the transfer of research results (e.g. on fire risks and spreading) to practice.

Key words: wildfires, ecosystem services, cost analysis, regulating services

YHTEENVETO

Metsäpalo on äkillinen häiriö, joka vaikuttaa ekosysteemipalveluihin (esim. puu, marjat, sienet, hiilensidonta, muut säätelypalvelut) ja voi aiheuttaa omaisuusvahinkoja ja terveyshaittoja. Metsäpaloja torjutaan Suomessa useiden tahojen yhteistyönä ennaltaehkäisyyn (tiedotus ja valistus), havainnoinnin (maastohavainnointi ja lentotähystys) ja sammutuksen muodossa. Tässä työssä kuvailtiin metsäpaloista ja niiden torjunnasta aiheutuvia kustannuksia Pohjois-Karjalassa vuosina 2009-13 ja tarkasteltiin tiedon saatavuutta ja määrää.

Metsäpalot voivat esiintyä pintapaloina, maapaloina ja latvapaloina. Palo vaatii syttyäkseen paloaineksen, happea ja riittävän korkean lämpötilan. Palo voi syttyä joko sisäisesti tai ulkoisesti. Suomessa metsäpalot vaativat lähes poikkeuksetta ulkoisen tekijän, joka sytyttää paloaineksen. Yleisimpiä ulkoisia metsäpalojen lähteitä ovat salama tai ihmisen huolimattomuus, jonka seurauksena palo lähtee leviämään.

Metsäpaloiksi luokiteltiin sisäasiainministeriön Pronto-tietokannasta peitteisellä metsämaalla, hakkuualueilla ja soilla (ei turvetuotantokäytössä) tapahtuneet palot. Tarkasteluvuosina metsäpalojen määrä vaihteli 14-104 välillä ja vuosittain palaneen alan koko oli 3-96 hehtaaria. Tyypillisesti palot olivat alle hehtaarin kokoisia ja metsäisellä maalla.

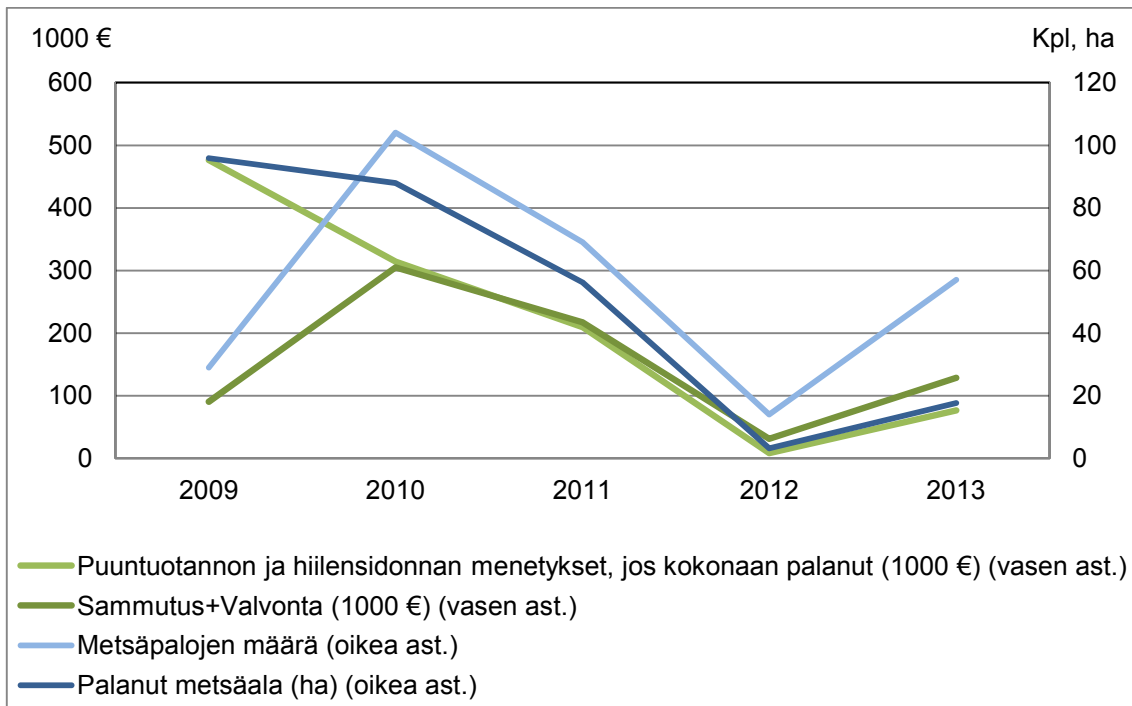
Kustannusten hahmottelussa käytettiin C+NVC-mallin kehikkoa (taulukko 1). Mallia voidaan käyttää esimerkiksi palontorjunnan optimaalisen tason mallintamiseen. C+NVC-teorian mukaan ennaltaehkäisyyn panostaminen vähentää palovahinkoja. Toisin sanoen metsäpalojen nopea havaitseminen (mm. lentovalvonta) ja tehokas sammutus estävät tehokkaasti palon leviämisen laajaksi. Toteutumattomien palojen myötä säästyy kustannuksia ja vahinkoja jää tapahtumatta. Vaikka mallia ei sellaisenaan ratkaisaisikaan, auttaa sen komponenttien jäsentäminen hahmottamaan ongelmaa ja niitä olosuhteita, joiden vallitessa päätös sammuttamiseen ryhtymisestä tehdään. Taulukossa näkyy myös tietotarpeet ja aineiston lähteet eri kustannuselementeille.

Taulukko 1. Palontorjunnan vaikutuksia jaoteltuina suoriin (C1) ja epäsuoriin (C2) kustannuksiin C+NVC-kehikon mukaisesti.

Koodi	Kustannustyyppi	Tietotarpeet	Aineiston lähteet
C1 Suorat kustannukset			
C11	Ekosysteemipalvelut	1.palanut metsäala	1.Pronto, Metsätilastollinen vuosikirja
C111	Markkinahyödykkeet	vuosittain (ha)	
C1111	Puu	2.ekosysteemipalveluiden tuotanto /ha	2.asiantuntija-arviot, kirjallisuus
C1112	Marjat ja sienet		
C1113	Riista	3.ekosysteemipalveluiden arvo /ha	3.kirjallisuus
C112	Markkinattomat hyödykkeet		
C1121	Virkistysarvo		
C1122	Esteettiset arvot, maisema		
C1123	Monimuotoisuus		
C1124	Uusien puiden kasvuolot		
C1125	Hiilinielu		
C1126	Luontotyypit		
C12	Omaisuusvahingot	1.kuvaus	1.tietokannat
		2.arvo	2.tietokannat, kirjallisuus
C13	Terveyshaitat	1.arvio haitoista	1.asiantuntija-arvio
		2.haitan arvo	2. kirjallisuus
C14	Sammutuskustannukset	1.toimenpiteet	1.& 2. tilastot (esim. P-K pelastuslaitos)
C141	Polttoainekustannukset	2.kustannukset	
C142	Palkkakustannukset		
C143	Kalustokustannukset		
C2 Epäsuorat kustannukset			
C21	Ennaltaehkäisy	1.toimenpiteet	1.asiantuntija-arviot
C22	Havainnointi	2.kustannukset/ha	2.tilastot

Analyysissä arvioitiin sammutuskustannuksista palkat ja polttoaineet. Lisäksi tarkasteltiin ennaltaehkäisyn ja havainnoinnin kustannuksia ja laskettiin esimerkin omaisesti metsäpaloista aiheutuvat menetykset metsien puuntuotannolle ja hiilensidonnalle. Kuviossa 1 näkyy kootusti metsäpalojen määrä, palanut metsäpinta-ala, arvio metsäpalojen aiheuttamista ekosysteemipalveluvahingoista ja sammutus- ja valvontakustannuksia tarkastelujaksolta 2009–2013. Sammutus- ja valvontakustannukset (tumma vihreä) ja metsäpalojen määrä (vaalea sininen) ovat suhteellisen alhaisella tasolla vuonna 2009, nousevat vuonna 2010, laskevat alimmilleen vuonna 2012 ja nousevat taas vuonna 2013. Valvontalentoja tehdään ilmatieteen laitoksen tuottaman metsäpalariskiä kuvaavan metsäpaloindeksin mukaisesti, joten lentojen kustannukset seurailevat luonnollisesti metsäpalojen (oletetun) syttymisen määrää. Valvontalentojen kustannusten suhde sammutuskustannuksiin on melko vakio, noin 20 %, tarkastelujaksolla vaihdellen 18

%:n (2010) ja 26 %:n (2012) välillä. Suuntaa-antavat arviot ekosysteemipalveluiden vuosittaisista menetyksistä (vaalea vihreä) käsittävät puuaineksen ja hiilensidonnan ja oletavat, että metsä palaa kokonaan. Hiilensidonnassa ei kuitenkaan huomioida maaperään sitoutunutta hiiltä, arvio käsittää ainoastaan puuston (m³). Koska palaneiden metsiköiden eroja tai palojen intensiteettejä ei tarkastelussa ole huomioitu, ekosysteemipalveluiden vuosittaiset menetykset (vaalea vihreä) kuvaavat suoraan palaneita pinta-aloja (tumma sininen).



Kuvio 1. Metsäpalojen määrä, palanut metsäpinta-ala, arvio metsäpalojen aiheuttamista ekosysteemipalveluvahingoista ja sammutus- ja valvontakustannukset 2009-2013.

Karjalan tasavallassa metsäpalojen määrä ja palanut ala on vuosittain moninkertainen Pohjois-Karjalaan verrattuna, samoin keskimääräinen yhdessä palossa palanut ala. Suomen metsäautoteiden määrä, kuvioittainen metsätalous, yhteistyö eri tahojen välillä ja havainnointi auttavat estämään palojen leviämistä.

Tässä työssä toteutettu kustannusten luokittelu kustannuselementeittäin ja ekosysteemipalveluittain, seuraten kansainvälistä ekosysteemipalveluiden luokittelutapaa ja ole-massa olevaa palontorjunnan jaottelua, auttaa hahmottamaan metsäpaloihin ja niiden torjuntaan liittyviä taloudellisia näkökulmia.

Kustannusanalyysi osoittaa, että useiden ekosysteemipalveluiden osalta kustannuksia ei pystytä arvioimaan luotettavasti johtuen rahamääräisen tiedon puutteesta tai ekologisten vaikutusten määrittämättömyydestä. Lisäksi ekosysteemipalveluiden osalta erityisesti säästyneiden kustannusten (eli palontorjunnan tuottojen) arviointi on melko mo-

nimutkaista, esimerkiksi se, miten paljon metsäalaa tai ekosysteemipalveluita säästyy tehokkaan sammutuksen seurauksena. Menestyksellä palon torjunta edellyttää hyvää tiedon kulkua ja tutkimustiedon (esim. paloriskit, palojen leviäminen) siirtymistä käytäntöön. Tarkasteltaessa eri ekosysteemipalveluita suhteessa palontorjunnan tasoon on olennaista ottaa huomioon myös se, kenelle hyödyt tai haitat palontorjunnasta ja metsäpaloista koituvat.

Sisällys

ESIPUHE	3
YHTEENVETO	7
1. TAUSTA JA TARKOITUS	13
2. METSÄPALOT JA NIIDEN TORJUNTA	15
2.1 Palotyypit ja syttyminen	15
2.2 Paloainekset ja puulajien erot	16
2.3 Metsäpalojen ehkäisy ja sammutus	18
3 LÄHESTYMISTAPA, MATERIAALI JA ALUE	20
3.1 Kustannusten luokittelu.....	21
3.2 Alueen kuvailu: metsät ja palot Pohjois-Karjalassa	24
4 KUSTANNUSTEN KUVAILU	29
4.1 Suorat kustannukset (C1)	29
4.1.1 Ekosysteemipalvelut (C11)	29
4.1.2 Omaisuusvahingot (C12).....	34
4.1.3 Terveyshaitat (C13)	34
4.1.4 Sammutuskustannukset (C14).....	35
4.2 Epäsuorat kustannukset (C2)	37
4.2.1 Ennaltaehkäisy, tiedotus ja valistus (C21)	37
4.2.2 Valvontalentojen kustannukset (C22)	37
4.3 Kustannusten yhteenveto.....	38
5 VERTAILUA VENÄJÄN KARJALAAN.....	41
6 YHTEENVETOJA JA SUOSITUKSIA.....	45
KIRJALLISUUS	48

1. TAUSTA JA TARKOITUS

Metsäpalo on äkillinen häiriö, joka vaikuttaa metsien ekosysteemipalveluihin. Ekosysteemipalvelut ovat hyödykkeitä ja palveluita, joita ihmiset (ja yhteiskunta) luonnosta saavat ja jotka tuottavat yhteiskunnalle hyvinvointia (MA 2005). Metsien ekosysteemipalveluja ovat erilaiset kulttuuripalvelut (esim. virkistys, matkailu, maisema), tuotantopalvelut (esim. puu, bioenergia, keräilytuotteet, riista, puhdas vesi), säätelypalvelut (esim. metsäpalojen ja myrskytuhojen torjunta, paikallisilmaston ja globaalin ilmaston sääntely hiiltä sitomalla, meluntorjunta, tulvien ehkäisy) ja muita ekosysteemipalveluita tukevat tukipalvelut (esim. yhteyttäminen, luonnon monimuotoisuus, hiilen ja veden kierto) (Saastamoinen ym. 2014a, Kniivilä ym. 2011).

Metsäpalot vaikuttavat suoraan tai välillisesti lähes kaikkiin ekosysteemipalveluihin. Esimerkiksi metsäpalot vähentävät puuston arvoa, lämmittävät ilmastoa vapauttamalla metsiin sitoutunutta hiiltä ilmakehään, muuttavat metsistä valuvia ravinnemääriä, tuottavat elinympäristöjä riistaeläimille ja vaikuttavat myös keräilytuotteisiin. Monet näistä vaikutuksista ja niiden voimakkuudesta riippuvat metsäpalojen voimakkuudesta, laajuudesta ja toistuvuudesta. (Vanha-Majamaa ym. 2015)

Metsäpalojen esiintyminen ja laajuus vaihtelevat suuresti eri alueilla. Suomi sekä muut pohjoismaat ja lähialueet kuuluvat pääosin boreaaliseen ja hemi-boreaaliseen kasvillisuusvyöhykkeeseen. (FAO 2006) Paloherkimmät metsät Suomessa ovat mäntyvaltaisia kuivia ja kuivahkoja kasvupaikkoja. Palojen määrä ja vuosittainen paloalue riippuvat suuresti sääolosuhteista. Suomessa palot painottuvat toukokuulle ja kesäkuulle, ja paloalue jää keskimäärin varsin pieneksi, alle hehtaarin kokoiseksi. Etelä-Euroopassa metsäpalot ovat eräs suurimpia uhkia metsäekosysteemille ja metsäekosysteemipalveluiden tuotannolle (Varela ym. 2014). Globaalissa vertailussa Euroopankin metsäpalojen taloudelliset vaikutukset ovat kuitenkin varsin maltillisia (FAO 2006). Vaikka Euroopassa useimmiten on pidetty metsäpalojen ekologistia, sosiaalisia ja taloudellisia vaikutuksia negatiivisina, on metsän (ja sen paloainesten) hallittua polttamista myös käytetty ennallistamis- ja hoitomenetelmänä metsän uudistamisessa ja monimuotoisuuden hallinnassa (Tukia ym. 2003, Similä ja Junninen 2011) ja palojen ehkäisykeinona (Agee ja Skinner 2005).

Metsäpalojen torjunnan tavoitteena on vähentää ei-toivotun tapahtuman riskiä ja sen seurauksia. Tarkasteltaessa palontorjuntaa taloudellisena ongelmana arvioidaan palo-

ehkäisyyn ja torjuntaan käytetyt kustannukset ja minimoidaan kustannuksia suhteessa saavutettuihin tuottoihin. Torjunnan tuottoina ajatellaan esimerkiksi säästynyttä puuainesta ja toteutumatta jääneitä sosiaalisia vahinkoja sekä muita vaikutuksia. (Kerkelä 2013) Ekonomiset mallit voivat toimia apuna esimerkiksi arvioitaessa, ovatko tietyt metsäpaloihin liittyvät investoinnit kannattavia tai mikä on tehokkain annetuista vaihtoehdoista. Päätöksenteon tueksi tarvitaan luotettavaa tietoa ja dataa metsäpalojen fyysisistä ja ekonomisista vaikutuksista sekä palontorjuntakeinojen taloudellisesta tehokkuudesta (Mavsar ym. 2010). Myös ei-rahassa mitattavat vaikutukset on hyvä huomioida osana koko palontorjunnan ongelmakenttää.

Tämän työn tarkoituksena on tuoda esiin metsäpalojen ja niiden torjunnan talousnäkökulmaa. Tarkastelun kohteena on erityisesti ekosysteemipalveluiden merkitys metsäpalojen torjunnan kannalta. Metsäpaloihin liittyviä ekosysteemipalveluiden muutoksia on tarkasteltu tutkimuksessa erikseen. Tarkastelualueina ovat Pohjois-Karjalan maakunta ja osia Karjalan Tasavallasta. Työn tavoitteena ei ole täysmittainen kustannus-hyötyanalyysi, vaan metsäpaloihin liittyvien kustannusten kuvailevien tietojen esittäminen. Taloudellisten näkökulmien tarkastelussa hyödynnetään erään taloudellisen mallin (ns. C+NVC-malli) ideaa kustannusten luokittelusta, joka ottaa huomioon metsäpalojen suorat ja epäsuorat kustannukset. Kustannukset voidaan luokitella myös ekosysteemipalveluiden näkökulmasta (Saastamoinen ym. 2014b). Suoria kustannuksia ovat vaikutukset ekosysteemipalveluihin, kuten markkinahyötyjen menetykset (esim. puuntuotanto tai marja- ja sienisato) ja vaikutukset markkinattomiin hyötyihin (esim. monimuotoisuus, virkistysmahdollisuudet ja maisema). Muita metsäpalojen suoria kustannuksia ovat sammutuskustannukset ja sosiaaliset haitat, kuten omaisuusvahingot ja terveyshaitat. Epäsuoria kustannuksia ovat paloihin varautumisesta aiheutuneet ennaltaehkäisykustannukset, tiedottamiskustannukset sekä valvontakustannukset (Donovan & Rideout 2003).

Yksi työn tarkoituksista on kartoittaa metsäpalojen merkitystä metsien ekosysteemipalveluille. Ekosysteemipalveluiden muutosten osalta vaikutukset (niin positiiviset kuin negatiiviset) luokitellaan ja merkitystä arvioidaan laadullisesti, sillä rahamääräisiä arvoja ei ole löydettävissä kattavasti kaikille ekosysteemipalvelumuutoksille (Kosenius ym. 2013). Lisäksi työssä kartoitetaan palontorjuntaa myös Karjalan tasavallassa erityisesti palonhallinnan näkökulmasta kustannuksia ja pinta-aloja vertaillen. Tarkastelun avulla voidaan pohtia yhtenäisiä käytäntöjä palontorjunnassa. Raportti on osa ENPI-rahoitteista kehityshanketta (MULTIEFFORT: MULTIPLE Eco-Friendly FOREst use: Restoring Traditions), jonka tarkoituksena on arvioida palontorjunnan nykytilaa. Raporttia voidaan hyödyntää myös esiselvityksenä esimerkiksi toteutettaessa laajempi taloudellinen analyysi metsäpalojen torjunnan (ja hallinnan) optimaalisen tason selvittämiseksi.

2. METSÄPALOT JA NIIDEN TORJUNTA

2.1 Palotyypit ja syttyminen

Metsäpalojen esiintymismuodot jaetaan palokerroksen mukaan kolmeen luokkaan: maapalot (noin 10 % paloista), pintapalot (noin 90 %) sekä latvapalot (alle 1 %). (Lindberg ym. 2011)

Maapaloissa palo etenee maaperän pohja- ja maakerroksessa sellaisessa maaperässä, joka sisältää orgaanisia aineksia. Palo etenee kytymällä maaperässä hehkuen, koska maaines on usein kosteaa ja tiivistä. Kytymisen vuoksi maapalojen havaitseminen voi olla vaikeaa. Koska maapalot etenevät kenttäkerroksen alapuolella, voi niiden sammuttaminen ja havaitseminen olla haastavaa. Vesisammuttamisen ongelma on, että sammuttamiseen käytettävä vesi voi jäädä maaperään, joka on palokerroksen yläpuolella. Myöskään jauhesammuttimen käyttö ei tuota toivottua tulosta. Maapaloa voidaan pyrkiä sammuttamaan paloaluetta rajaamalla. Maapalo yksin on harvoin vaarallinen, mutta se voi olla pitkäkestoinen, sillä sen kesto voi olla kuukaudesta jopa vuosiin. Lisäksi maapalo voi kehittyä muiksi palon esiintymismuodoiksi, jotka vastaavasti voivat olla vaarallisia. (Heikkilä 2013, Lindberg ym. 2011)

Pintapaloissa palo etenee maaperän kenttä- ja pohjakerroksessa. Ne ovat yleisin metsäpalon esiintymismuoto, koska metsän paloherkimmät ainekset sijaitsevat pohjakerroksessa. Pintapalojen riittävän nopea sammuttaminen on tärkeää, jotta se ei ehdi laajentua vaikeammin sammutettavaksi latvapaloksi. (Heikkilä 2013, Lindberg ym. 2011).

Latvapaloissa palo on edennyt kenttäkerroksesta puun tai puiden latvoihin. Jotta latvapalo syntyy, edellyttää se usein ylöspäin levitäkseen voimakasta tuulta, intensiivistä pintapaloa sekä suotuisia puulajeja, joilla on tiheät ja kuivat alaoksat. Latvapalot voidaan luokitella joko passiivisiin latvapaloihin, eli soihtupaloihin tai aktiivisiin latvapaloihin. *Soihtupalot* ovat paloja, joissa yksittäinen puu tai puuryhmä palaa latvapalona eikä palo kykene leviämään muihin puihin tai puuryhmiin. *Aktiiviset latvapalot* etenevät puusta puuhun latvuksessa ja yleensä pintakerroksessa samanaikaisesti. Latvapalot ovat usein intensiivisiä, jonka vuoksi ne ovat vaikeampia sammuttaa kuin pintapalot. Siksi niiden ennustaminen ja ennaltaehkäisy palontorjunnassa on tärkeää. Latvapaloissa palavat puut muodostavat oman mikroilmaston, jossa nousevien kuumien ilmapirtauksien mukana voi siirtyä paloainesta tuulen mukana varsinaisen paloalueen ulkopuolelle ja synnyttää uusia pintapaloja. Niitä kutsutaan *heitepaloiksi*. (Heikkilä 2013, Lindberg ym. 2011)

Palo vaatii syttyäkseen paloaineksen, happea ja riittävän korkean lämpötilan. Palo voi syttyä joko sisäisesti tai ulkoisesti. Suomessa metsäpalot vaativat lähes poikkeuksetta ulkoisen tekijän, joka sytyttää paloaineksen. Yleisimpiä ulkoisia metsäpalojen lähteitä ovat salama tai ihmisen huolimattomuus, jonka seurauksena palo lähtee leviämään. Biomassan palamisessa tapahtuu kuivatislausta muistuttava pyrolyysi, jossa eloperäisestä paloaineksesta poistuu höyryjä ja kaasuja, minkä seurauksena aineksen ominaisuudet muuttuvat. Palot voidaan jakaa karkeasti hehku- ja liekkipaloihin, joista varsinkin liekkipalon seurauksena vapautuvat kaasut ja höyryt muodostavat havaittavan liekin. Metsäpaloissa voi esiintyä sekä hehku- että liekkipaloja (Lindberg ym. 2011).

Palojen syntymiseen ja paloaineksen syttymislämpötilaan vaikuttaa eniten maaston kosteus. Paloaineksen määrä ja sen jakautuminen taas vaikuttaa leviämisenopeuteen, palon käyttäytymiseen ja palon intensiivisyyteen. Jotta metsäpalo voi edetä, on paloaineksen oltava katkeamatonta ja jatkuvaa. Leviämisenopeuteen vaikuttaa lisäksi tuuli. Vaikka tuoreet ja paljon biomassaa sisältävät metsiköt ovat paloriskiltään matalia, suuren biomassan vuoksi niillä on potentiaalia kehittyä korkean intensiivisyyden paloiksi. Vastaavasti kuivat ja karut metsiköt omaavat korkean syttymisriskin, mutta matalan palointensiivisyyden (Lindberg ym. 2011).

2.2 Paloainekset ja puulajien erot

Suomen metsissä olevat paloainekset ovat biomassapolttoaineita, jotka jaotellaan kuolleisiin ja eläviin paloaineksiin tai hienoihin ja karkeisiin paloaineksiin, joiden kosteus- ja syttyvyysominaisuudet vaihtelevat. Myös puulajilla ja kasvupaikalla on paloherkyyden ja -riskin kannalta merkitystä.

Kuollut paloaines seuraa vallitsevia sääoloja kosteuden suhteen eikä kykene säätelemään kosteuspitoisuuttaan. Sen vuoksi kuolleen paloaineksen kosteus- ja syttyvyysvaihtelut voivat olla huomattavan suuria. *Elävä paloaines* sen sijaan kykenee pitämään yllä tiettyä kosteustasoa elintoimintojaan varten, vaikka sääolosuhteet vaihtelisivatkin. Tämän vuoksi elävän paloaineksen kosteusvaihtelu on huomattavasti pienempää ja vakaampaa kuin sääolosuhteisiin voimakkaasti reagoiva kuollut paloaines. Elävä paloaines on kosteutensa vuoksi vaikeammin syttyvää. Se on latvapalojen kannalta merkittävin polttoaine. Varsinkin neulaset ovat vaikeasti syttyviä ja syttyäkseen ne vaativat intensiivisen palon. Sytyttyään neulaset lisäävät huomattavasti palon intensiivisyyttä ja lisäävät laajalajisen latvapalon mahdollisuutta. Neulasten kosteuspitoisuuden laskeminen kasvattaa niiden syttymismahdollisuuksia.

Paloainesten jako hienoihin ja karkeisiin paloaineksiin perustuu niiden kuivumisnopeuteen. *Hienot paloainekset* (< 6 mm lpm) ovat kevyitä, mutta niiden pinta-ala voi olla suurikin. Ne ovat nopeasti kuivuvia, joten ne ovat myös nopeasti syttyviä. Tämän vuoksi hienot ainekset palavat kokonaisuudessaan pintapaloissa, sillä palo kuivattaa ne riittävän kuiviksi, jonka jälkeen ne syttyvät palamaan. Hienot paloainekset ovat tärkeitä palojen leviämisen ja syttymisen kannalta. *Karkeat paloainekset* ovat yli kuuden millimetrin kokoisia puiden tai kasvien osia. (Lindberg ym. 2011)

Eri puulajeilla on erilainen syttymisherkyys ja eri puulajit viihtyvät eri kasvupaikoilla. *Mänty* viihtyy karuimmilla kasvupaikoilla, ja karujen ja kuivien kasvupaikkojen männiköt ovat paloherkkiä niiden pohjakerroksen suuremman syttyvysherkkyyden vuoksi. Avarissa männiköissä valo läpäisee latvuksen ja pääsee kuivattamaan maan pintakerrosta. Varsinkin karujen kasvupaikkojen pohjakerros sisältää paljon jäkälää, joka reagoi sääolosuhteisiin nopeasti, minkä vuoksi se on kuivissa olosuhteissa suhteellisen herkästi syttyvää ja palavaa. Pohjakerroksen ollessa kuiva, varsinkin pintapalon riski on suhteellisesti suurempi kuin rehevämmillä kasvupaikoilla. Toisaalta männyn paksu kaarna pitää sen hyvin tulelle vastustuskykyisenä. Männiköiden latvapaloriski on matala kuusikoita harvemman latvuksen ja yleensä harvemman alikasvoksen vuoksi, jolloin välittäjäaineita on vähemmän nostamaan pintapalo latvapaloksi kuten kuusikoissa. Tanskasen (2007) mukaan männyn suurin paloriski on ohi, kun se on yli 20–40-vuotias. Männiköiden latvapaloriski on siis matala, mutta toisaalta pintapalon riski on vastaavasti kuivissa olosuhteissa suurempi pohjakerroksen koostumuksen vuoksi. (Lindberg ym. 2011)

Kuusikoissa on eri puulajivaltaisista metsistämme korkein latvapaloriski. Kuusikoiden suurempi latvapaloherkkyys johtuu yleensä suuremmasta välittäjäaineiden määrästä, kuten alikasvoksesta ja matalalla riippuvista oksista, joihin palo leviää helposti. Oksat ovat ohuita ja sijaitsevat usein kerroksittain ja hyvin lähekkäin, minkä vuoksi palo voi levitä oksia pitkin ylöspäin latvaan saakka. Neulasten syttymisherkyys ei ole suuri, mutta syttyessään ne lisäävät palon intensiteettiä huomattavasti. Kuusen rungon kaarna on ohut eikä suojaa hyvin tulta vastaan. Kuuset kasvavat rehevämmillä (kosteammilla) kasvupaikoilla kuin männiköt. Lisäksi kuusikot ovat varjoisampia metsiköitä kuin männiköt, minkä vuoksi niiden kuivuminen on hitaampaa, joten kuusikoiden syttymis- ja palamisherkyys on männiköihin verrattuna matala. Kuusikoiden kenttäkerros koostuu varvikoista ja maata peittävät pääosin sammaleet (Lindberg ym. 2011). Etenkin sammaleet ovat hyvin herkkiä vallitsevalle ilmastolle, koska ne voivat sitoa omaan kuivamassaansa nähden moninkertaisen määrän kosteutta, sekä myös kuivua nopeasti (Tanskanen 2007). Toisaalta kuusikoiden varjoisuus estää sammaleiden kuivumista, minkä vuoksi pintapalon riski on matala.

Lehtipuut esiintyvät ravinteikkailla ja tuoreilla kasvupaikoilla, minkä vuoksi kosteus maaperässä ja alikasvoksessa on lähtökohtaisesti suurempi kuin esimerkiksi männyn

kasvupaikoilla. Reheville ja tuoreille kasvupaikoille on ominaista heinämäinen alikasvos, joka voi kuivissa olosuhteissa olla syttymisriski pintapalon kannalta. Lehtipuiden oksat ja lehdet ovat tuoreita, joten ne eivät syty herkästi palamaan. Ennen lahoamista oksat ovat kuivia vain vähän aikaa, minkä vuoksi paloainesta on vähemmän. Vaikka koivun tuohipalaa herkästi, ei lehtipuiden latvapaloriski ole korkea, koska lehtipuut palavat vain varsin korkeissa lämpötiloissa (Lindberg ym. 2011).

2.3 Metsäpalojen ehkäisy ja sammutus

Metsäpaloriskiä voidaan vähentää eräillä *metsänhoidollisilla toimilla*, jotka Suomessa ovat viimeisten vuosikymmenten aikana käytännössä toteutuneet osana normaalia metsänhoidollista toimintaa. Näitä ovat paloaineksen vähentäminen metsiköstä, latvuksen korkeuden nostaminen, latvuksen tiheyden pienentäminen ja suurien vastustuskykyisten puiden säilyttäminen (Agee ja Skinner 2005). Paloaineksen määrän vähentämisen myötä liekit olisivat matalampia ja helpommin sammutettavissa. Latvuksen korkeuden nostaminen vähentäisi latvapalojen määrää, sillä latvapalo tarvitsisi korkeamman liekin syttyäkseen. Toisaalta taas latvuksen korkeuden nostaminen kasvattaa tuulen voimakkuutta metsikön sisällä. Latvustiheyden pienentäminen tarkoittaa metsikön harventamista riittävän harvaksi, jotta latvapalot eivät kykenisi leviämään latvasta toiseen vaan jäisivät yksittäisiksi soihtupaloiksi. Toisaalta puuston harventaminen voi lisätä pintapalon riskiä, sillä maan paloaines säilyy paremmin kuivana. Metsien palonkestävyyttä voidaan parantaa myös jättämällä hakkuissa suuria puita, jotka kestävät metsäpaloja nuoria puita paremmin. Menetelmän etuna on metsän säilyminen peitteisenä, mutta toisaalta suurten puiden jättäminen mahdollisesti hyönteisten ja muiden tuholaisten elinympäristöksi ei välttämättä ole taloudellisesti kannattavaa. (Agee ja Skinner 2005)

Näiden metsänhoidollisten toimien lisäksi tieverkoston myötä pirstaleinen metsäluonto aiheuttaa sen, ettei erillisiä paloriskin vähentämistoimia käytännössä tarvita Suomen metsissä. Metsäpaloja pyritään ennaltaehkäisemään julkaisemalla maakunnittaisia *metsäpalovaroituksia* vallitsevan metsäpalovaroitusindeksin mukaisesti. Valtion metsissä ennaltaehkäisyyn kuuluu myös metsäpalovaroitusten toimittaminen tien varteen.

Metsäpalojen syttymistä seurataan *valvontalentojen* avulla 26 lentoreitillä kerran tai kahdesti päivässä riippuen Ilmatieteen laitoksen laatimasta metsäpaloindeksistä. Kun metsäpaloindeksi on kolmatta päivää yli 4,0, valvontalentoja lennetään kerran päivässä, ja kun indeksi on yli 5,0, lennetään kaksi valvontalentoa päivässä. (Kinnunen 2014) Metsäpalojen syntymistä seurataan myös *satelliittien* avulla. Erityisen hyödyllistä satelliittivalvonta on harvaanasutuilla seuduilla. Kesällä 2013 käytössä oli viisi satelliittia,

joita pystyivät tunnistamaan metsäpalon ja lähettämään niistä tiedot. Satelliitti havaitsee palon noin kahden–kolmen hehtaarin kokoisena ja havainnon jälkeen satelliitti lähettää palon koordinaatit hätäkeskukselle. (Rauste 2013, Heikkilä 2013)

Palojen sammuttaminen on pääasiassa pelastuslaitosten vastuulla. Toisinaan kuitenkin metsäpalot ehtivät laajentua suuriksi ennen kuin sammutustöiden alkua, minkä vuoksi palon sammuttamiseksi tarvitaan yhteistoimintaa eri viranomaisten, organisaatioiden ja kansalaisten välillä. Yhteistoiminnalla on suuri merkitys laajojen palojen sammuttamisessa. Pelastuslaitos voi tarvittaessa pyytää lähialueen toimijoilta tukea palon sammutustyöhön. Esimerkiksi paikallinen kunta, yksityiset metsäkoneet ja traktorit, metsäyhtiöt sekä eri viranomaiset ovat toimineet yhteistyössä palonsammutustöissä Pohjois-Karjalassa. (Leinonen, 2013)

3 LÄHESTYMISTAPA, MATERIAALI JA ALUE

Palontorjuntaa (ja -hallintaa) voidaan tarkastella taloudellisena ongelmana ja selvittää optimaalista palontorjunnan tasoa. Tällöin arvioidaan rahamääräisesti palojen ehkäisyyn ja torjuntaan käytetyt kustannukset ja minimoidaan kustannuksia suhteessa saavutettuihin tuottoihin. Torjunnan tuottoja ovat esimerkiksi säästynyt puuaines ja realisoitumatta jääneet sosiaaliset vahingot. (Kerkelä 2013) Ekonomiset mallit voivat toimia apuna esimerkiksi arvioitaessa, ovatko tietyt metsäpalojen torjuntaan liittyvät investoinnit kannattavia tai mikä on tehokkain annetuista vaihtoehdoista. Päätöksenteon tueksi tarvitaan luotettavaa tietoa ja dataa metsäpalojen fyysisistä ja ekonomisista vaikutuksista sekä palontorjuntakeinojen taloudellisesta tehokkuudesta. (Mavsar ym. 2010) Ekonomisia malleja, esimerkiksi C+NVC (costs + net value change) -mallia (Althaus ja Mills 1982, Mavsar ym. 2010, Donovan ja Rideout 2003, Gonzalez-Caban 2007), voidaan käyttää esimerkiksi silloin, kun tavoitteena on löytää tehokkain palontorjuntataso. Tehokkaimman tason löytäminen on optimointiongelma, ja se voidaan toteuttaa minimoimalla C+NVC tai maksimoimalla esimerkiksi metsäpalojen torjunnan yhteiskunnallisia hyötyjä. Malli selvittää tehokkaimman ennaltaehkäisyyn ja palojen sammuttamisen panokset minimoimalla rahallisten kustannusten summan ja NVC:n määrän (Rodriguez y Silva ja Gonzalez-Caban 2010; Gonzalez-Caban 2007). Metsäpalojen torjunnan suorat ja epäsuorat kustannukset (jotka on kuvattu komponentilla C) ovat toisistaan riippumattomia, mutta mallissa ne ovat linkittyneitä toisiinsa nettoarvon muutosta kuvaavan NVC-komponentin kautta, joka kuvaa muutoksia palontorjuntaresurssin tuotoksissa palosta johtuen. 'Nettoarvon muutos' -termi tulee siitä, että se kuvaa palontorjuntaan liittyvien hyötyjen ja palosta johtuvien kustannusten erotusta. (Donovan ja Rideout 2003) Kun mallin tuloksena palontorjunnan taloudelliselta kannalta tehokkain taso on päätetty, tulee päättää resurssien tehokkaasta ja kustannustehokkaasta jakamisesta alueellisesti, esimerkiksi mihin sammutusvälineistö sijoitetaan tai missä paloaineksia hävitetään (Wei ym. 2008).

Mallia on sovellettu esim. Yhdysvalloissa. Mercer ym. (2007) loivat Floridaan alueellisen maastopalariskimallin kulottamisen tarpeen arviointiin maastopalariskin vähentämiseksi ja metsäpalon aiheuttamien vahinkojen pienentämiseksi. Husari ja McKelvey (1996) arvioivat Sierra Nevadan kansallispuistojen palonhallintaa. Luonnon syyttämien metsäpalojen annetaan palaa hallitusti, sillä metsäpalojen merkitystä ekosysteemeille pidetään tärkeänä osana luonnon toimintaa. Muiden ekosysteemipalveluvaikutusten ja sammutuskustannuksien vuoksi korkean intensiteetin omaavat palot rajoitetaan neljän

hehtaarin kokoiseksi, mutta matalan intensiteetin palojen annetaan palaa 40 hehtaaria. (Husari ja McKelvey 1996) Donovan ja Brown (2005) arvioivat Yhdysvalloissa metsäpalojen sammuttamiskäytäntöä. He havaitsivat, että metsäpalojen hallintaohjelma ei kannustanut palontorjuria ajattelemaan kaikkia metsäpalojen kustannuksia tai hyötyjä, eivätkä sammutukseen käytettävät varat jakaantuneet tehokkaasti. Tutkijat kehittivät uuden palonhallintaohjelman, jolla maksimoitiin palojen hyötyjä. Sen mukaan kullekin metsäpalokaudelle laadittaisiin oma budjettinsa, jossa otettaisiin huomioon kauden olosuhteet metsäpaloille. Rodriquez y Silva ja González-Cabán (2010) taas kehittivät Espanjaan kansallisen metsäpalojen hallintamallin (SINAMI), jolla voidaan selvittää tehokkain sammutusjärjestelmä C+NVC -mallin avulla. SINAMI ottaa huomioon muun muassa tulen käyttäytymisen, olemassa olevat suojavallit, palonsammutusmenetelmät, luonnonvarojen arvon, palojen aiheuttamat kustannukset ja vaikutukset. SINAMI:n avulla voidaan luoda simulaatioita erilaisista paloista, joiden avulla voidaan suunnitella tehokkain sammutusmenetelmä.

3.1 Kustannusten luokittelu

Tässä työssä ei toteuteta C+NVC-analyysia, mutta metsäpalojen torjunnan kustannusten kuvailun kehikkona käytetään mallin ideaa metsäpalojen torjunnan suorien ja epäsuorien kustannusten identifioinnista. Vaikka mallia ei sellaisenaan ratkaistaisikaan, auttaa sen komponenttien jäsentäminen hahmottamaan ongelmaa ja niitä olosuhteita, joiden vallitessa päätös sammuttamiseen ryhtymisestä tehdään.

Taulukko 3.1 esittelee työssä käytettävän kustannusten luokittelun, tarvittavat tiedot ja hyödynnettävät tietolähteet. Tietolähteinä käytetään sisäasiainministeriön Prontotietokantaa, asiantuntijalausuntoja sekä metsäpaloihin liittyvää kirjallisuutta. Kustannusten luokitteluperiaate noudattaa esimerkiksi ekosysteemipalveluiden CICES-luokittelussa käytettyä hierarkkista rakennetta, joka mahdollistaa uusien alaluokkien lisäämisen sen mukaan, mitä vaikutuksia tarkastelussa on mukana (esim. Saastamoinen ym. 2014b). Esimerkiksi markkinahyödykkeiden luokassa voisi olla vielä C1114 Muut (tai jokin nimetty luokka), ja vastaavasti markkinattomien hyödykkeiden luokassa voisi olla C1127 Muut (tai jokin nimetty luokka). Metsäpalojen torjuntaan liittyvät kustannukset on jaoteltu ehkäisyyn, havainnointiin ja sammutukseen liittyviin kustannustekijöihin (Vehmas-Lehto ja Gerd 2008).

Metsäpalojen suoria kustannuksia (C1) ovat vaikutukset metsien tuottamiin ekosysteemipalveluihin (C11), omaisuusvahingot (C12), terveystaitat (C13) ja sammutuskustan-

nukset (C14). Epäsuoria kustannuksia (C2) ovat metsäpalojen riskiin varautumisesta (ennaltaehkäisystä) koituvat kustannukset, kuten valistus ja tiedotus metsäpalovaarasta (C21) ja havainnointikustannukset (C22), kuten lentotähystyksestä, maahavainnoinnista ja satelliiteista koituvat kustannukset. Ekosysteemipalvelut (C11) luokitellaan edelleen markkinahyötyihin (C111) ja markkinattomiin hyötyihin (C112), ja nämä edelleen varsinaisiin ekosysteemipalveluihin (kts. tarkemmin alaluvussa 4.2.1) (esim. Saastamoinen ym. 2014).

Taulukossa 3.1 näkyvät metsäpalojen torjunnan suorat (C1) ja epäsuorat kustannukset (C2) ovat toisistaan riippumattomia, mutta C+NVC-mallia käytettäessä ne linkittyvät toisiinsa NVC-komponentin kautta. Esimerkiksi panostamalla metsäpalojen torjuntaan, eli palojen ennaltaehkäisyyn, havainnointiin ja sammuttamiseen (C2- ja C14-komponenttien lisääminen), jäävät palojen aiheuttamat vaikutukset pienemmiksi (vähäisemmät vahingot (C11-C13) ja matalampi sammutustaso (C14)), ja sen seurauksena metsäpalojen negatiivisten ja positiivisten vaikutusten erotus (NVC) pienenee, jolloin kokonaiskustannukset (C+NVC) pienenevät. Palojen lyhyt kesto vaikuttaa sammutuksen kokonaiskustannuksiin (C14, erityisesti C141 ja C142), mikä pienentää C:n osuutta laskelmissa. Ennaltaehkäisykustannuksiin (C21-22) panostaminen ei kuitenkaan aina vaikuta varsinaisiin sammutuskustannuksiin (C14), koska jotkin ennaltaehkäisytoimet ovat vain väliaikaisratkaisuja eivätkä poista paloriskiä kokonaan pitkällä aikavälillä. Toisin sanoen paloriski uusiutuu ajan myötä. C+NVC –teorian mukaan, investoimalla ennaltaehkäisykeinoihin, kuten esimerkiksi valistukseen ja voidaan palon sattuessa välttyä laajoilta palovahingoilta. (Kerkelä 2013, Donovan ja Rideout 2003, Mavsar ym. 2010)

Nettoarvon muutos (NVC) kuvaa palon aiheuttamista kustannuksista vähennettyjä palon torjunnan tuottoja, ja sitä arvioitaessa otetaan huomioon palon negatiiviset ja positiiviset vaikutukset ympäristöön. Metsäpalo voi aiheuttaa mittavia taloudellisia menetyksiä metsänomistajalle puunmyyntitulojen (C1111) sekä lyhytaikaisesti sien- ja marjasatojen (C1112) pienenemisen myötä, sekä globaalilla tasolla pienentää hiilinielua (C1125). Toisaalta metsäpalo voi lisätä paloalueen virkistyskäyttöhyötyjä (C1121) (Loomis ym. 2001) ja parantaa esteettisiä arvoja (C1122) ja uuden puuston kasvuoloja (C1124) sekä lisätä alueen biologista monimuotoisuutta (C1123) ja harvinaisia luontotyyppisiä (C1125) (Mavsar ym. 2010). NVC-komponentti kuvaa metsäpalojen suoria ja epäsuoria vaikutuksia ajassa ja tilassa ekosysteemihyötyihin ja -palveluihin (goods and services) ja näiden muutosten vaikutusta kansalaisten hyvinvointiin (social welfare), joka riippuu palontorjuntaan (ja -hallintaan) käytetyistä resursseista (C11 ja C2).

Sekä C- että NVC-komponentin arviointia hankaloittaa hyötyjen ja kustannusten vaihtelu ajassa. Esimerkiksi nyt tehtävät kalustohankinnat (C143) tuottavat tulosta tulevaisuudessa paloja sammutettaessa, ja toisaalta esimerkiksi metsänhoitotöiden yhteydessä tehdyt ennaltaehkäisytoimet (C21) voivat vähentää paloriskiä tulevaisuudessa. Toisaalta

itse palotkin vähentävät paloriskiä tulevina kausina, sillä paloaineksia on palon jälkeen vähemmän. (Mercer ym. 2007, Mavsar ym. 2010) Samoilla palontorjunnan keinoilla saavutetaan monenlaisia hyötyjä yhtäaikaisesti, mikä pitää muistaa vertailtaessa kustannuksia ja hyötyjä (Wade ja Lunsford 1988). Valistus, erityisesti mediassa julkaistavat ilmoitukset, on havaittu tehokkaaksi keinoksi ennaltaehkäistä metsäpaloja. Keskimäärin hyöty on 35-kertainen valistukseen sijoitettuun summaan verrattuna (Prestemon ym. 2009).

Taulukko 3.1. Palontorjunnan vaikutuksia jaoteltuina suoriin (C1) ja epäsuoriin (C2) kustannuksiin C+NVC-kehikon mukaisesti.

Koodi	Kustannustyyppi	Tietotarpeet	Aineiston lähteet
C1 Suorat kustannukset			
C11	Ekosysteemipalvelut	1.palanut metsäala	1.Pronto, Metsätalastollinen vuosikirja
C111	Markkinahyödykkeet	vuosittain (ha)	
C1111	Puu	2.ekosysteemipalveluiden tuotanto /ha	2.asiantuntija-arviot, kirjallisuus
C1112	Marjat ja sienet		
C1113	Riista	3.ekosysteemipalveluiden arvo /ha	3.kirjallisuus
C112	Markkinattomat hyödykkeet		
C1121	Virkistysarvo		
C1122	Esteettiset arvot, maisema		
C1123	Monimuotoisuus		
C1124	Uusien puiden kasvuolot		
C1125	Hiilinielu		
C1126	Luontotyytit		
C12	Omaisuuksvahingot	1.kuvaus	1.tietokannat
		2.arvo	2.tietokannat, kirjallisuus
C13	Terveyshaitat	1.arvio haitoista	1.asiantuntija-arvio
		2.haitan arvo	2. kirjallisuus
C14	Sammutuskustannukset	1.toimenpiteet	1.& 2. tilastot (esim. P-K pelastuslaitos)
C141	Polttoainekustannukset	2.kustannukset	
C142	Palkkakustannukset		
C143	Kalustokustannukset		
C2 Epäsuorat kustannukset			
C21	Ennaltaehkäisy	1.toimenpiteet	1.asiantuntija-arviot
C22	Havainnointi	2.kustannukset/ha	2.tilastot

3.2 Alueen kuvailu: metsät ja palot Pohjois-Karjalassa

Maastopalot jaotellaan palokohteen mukaan metsäpaloihin, ruohikkopaloihin ja turvepaloihin (Vehmas-Lehto ja Gerd 2008). Sisäasiainministeriön Prontotieto-kannassa taas maastopalot luokitellaan yhteensä 10 eri luokkaan (Pronto 2014, taulukko 3.2). Metsäpaloksi luetaan tässä työssä palot varsinaisissa metsissä, talousmetsissä ja aluskasvillisuudessa (luokka 1), hakkuualueilla, raivioilla ja metsäaukeilla (luokka 2) ja muilla suoalueilla kuin turvetuotantoalueilla (luokka 3).

Taulukko 3.2. Maastopalojen jaottelu maastotyyppin mukaan Pronto-tietokannassa ja palojen määrät Pohjois-Karjalassa vuosina 2009-13 (Pronto 2014).

	2009	2010	2011	2012	2013	Yhteensä
Vars. metsä, talousmetsä, aluskasvillisuus	22	77	39	7	36	181
Hakkuualue, raivio tai metsäaukea	4	14	22	7	18	65
Muu suoalue	2	8	5	0	2	17
Pelto, ruohikko tai kaislikko	26	28	28	8	21	111
Tuotantokäytössä oleva turvesuo	0	5	3	0	2	10
Turveauma	3	4	10	5	5	27
Puisto- tms. viheralue taajama-alueella	11	7	7	5	4	34
Tienvarsi tai rautatien pienaralue	10	10	9	3	5	37
Kaatopaikka	0	1	0	0	0	1
Muu maasto	4	9	8	3	5	29
Tietoa ei ole kirjattu	0	0	4	0	0	4
Yhteensä	98	38	135	163	82	516

Metsäpalojen määrä ja palanut metsäala vaihtelee vuosittain paljon Pohjois-Karjalassa (Taulukko 3.3). Vuosina 2009-2013 palojen määrä on vaihdellut 14:sta (2012) 104:ään (2010), yhteenlaskettu paloala 3,1 hehtaarista (2012) 95,9 hehtaariin (2009) ja keskimääräinen paloala 0,2 hehtaarista (2012) 3,3 hehtaariin (2009). Valtaosa metsäpaloista tapahtuu peitteisessä metsässä (50-79 %), ja palaneesta pinta-alasta metsän osuus on tätäkin suurempi (51-99 %). (Pronto 2014)

Taulukko 3.3. Metsäpalot Pohjois-Karjalassa 2009-2013. Eri maastopaloluokkien vertailua (Pronto 2014, Viertola 2.11.2014).

	2009	2010	2011	2012	2013	Yhteensä
Metsäpalojen määrä	29	104	69	14	57	273
Metsäpaloista metsää (luokka 1, %)	79	78	59	50	64	
Metsäpaloista hakkuuta (luokka 2, %)	14	14	33	50	32	
Metsäpaloista suota, luokka 3, %)	7	8	8	0	4	
Palanut metsäala (ha)	95,9	87,9	56,2	3,1	17,6	260,8
Josta metsää (luokka 1, ha)	94,8	61,6	41,0	1,6	15,1	214,0
Josta hakkuuta (luokka 2, ha)	0,1	18,6	14,6	1,6	2,5	37,4
Josta suota (luokka 3, ha)	1,0	7,7	0,6	0,0	0,0	9,4
Josta metsää (luokka 1, %)	99	70	73	51	86	
Josta hakkuuta (luokka 2, %)	0	21	26	49	14	
Josta suota (luokka 3, %)	1	9	1	0	0	
Palanut metsäala keskimäärin (ha)	3,3	0,9	0,8	0,2	0,3	

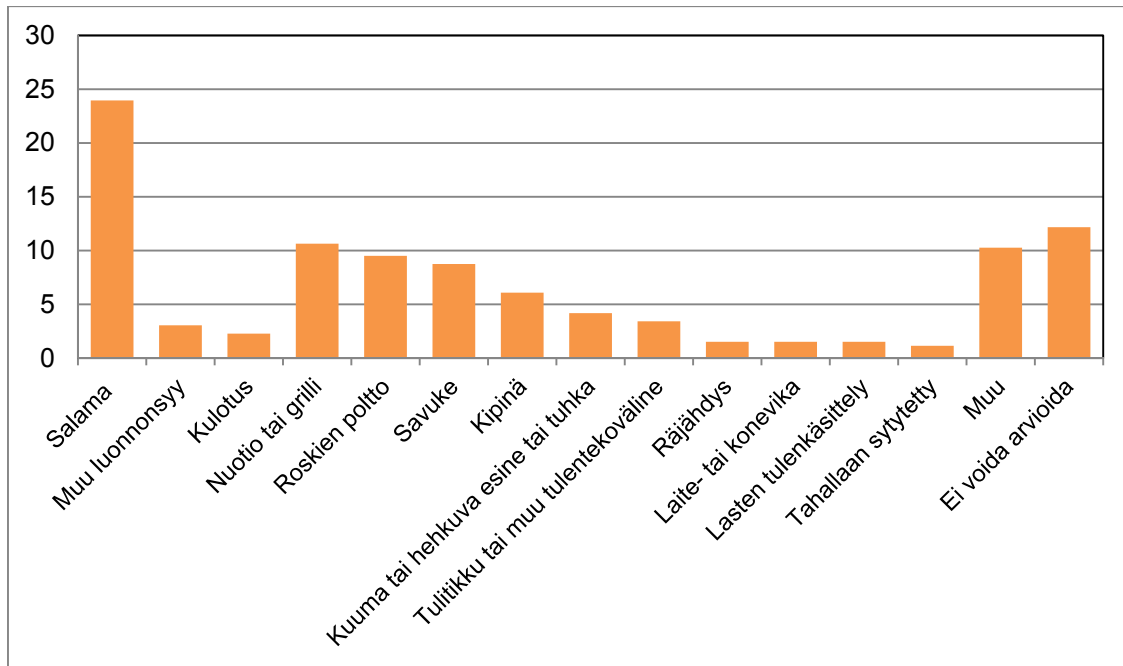
Pohjois-Karjalassa on metsää noin 1,446 miljoonaa hehtaaria, joka kattaa 81 % maakunnan kokonaismaa-alasta. Suomessa metsätalouden maata on noin 26 miljoonaa hehtaaria, joka on 86 % Suomen maapinta-alasta. Metsämaaksi luokiteltua pinta-alaa on noin 20 miljoonaa hehtaaria. (Metsätilastollinen vuosikirja 2012, Metsäntutkimuslaitos 2014)

Taulukko 3.4 vertailee metsäpaloja Pohjois-Karjalassa ja koko Suomessa. Koko Suomessa keskimääräinen paloala on ollut 0,20-0,47 hehtaaria vuosina 2009-12, kun vastaavat luvut Pohjois-Karjalassa olivat 0,2-3,3 hehtaaria (taulukko 3.3). Vuosina 2009-11 keskimääräiset paloalat ovat olleet Pohjois-Karjalassa suurempia kuin Suomessa. Vuosina 2009-10 Pohjois-Karjalan metsäpaloalan osuus koko Suomessa palaneesta metsäalasta oli lähes viidesosa (noin 17 %). (Metsätilastollinen vuosikirja 2011, 2012, 2013, Pelastustoimen taskutilasto 2009-2013)

Taulukko 3.4. Metsäpalojen määrän vertailua Suomessa ja Pohjois-Karjalassa. (Metsätalostollinen vuosikirja 2013)

Vuosi	Metsäpalojen määrä Suomessa	Metsäpalojen paloala (ha) Suomessa	Keskimääräinen paloala (ha) Suomessa	Metsäpalojen määrä Pohjois-Karjalassa (% Suomen palojen määrästä)	Metsäpalojen paloala Pohjois-Karjalassa (% Suomen paloalasta)
2009	1 242	576	0,46	29 (2,3 %)	96 (16,7 %)
2010	1 412	520	0,37	104 (7,4 %)	88 (16,9 %)
2011	1 262	589	0,47	69 (5,5 %)	56 (9,5 %)
2012	437	89	0,20	14 (3,2 %)	3 (3,5 %)

Ihmisten toiminnalla on suuri vaikutus metsäpalojen määrään, sillä noin 60 % paloista on ihmisen aiheuttamia, noin 25 % johtuu luonnonsyystä, ja noin 15 %:ssa tapauksista syytä ei voida arvioida (Kuvio 3.1, Pronto 2014). Yleisimmät ihmistoiminnasta aiheutuvista syistä ovat olleet metsäpalojen syttymiseen Pohjois-Karjalassa 2009-2013 ovat olleet nuotio tai grilli (11 %), roskien poltto (10 %) tai savuke (9 %). Yksittäisistä Prontoon tilastoiduista metsäpalojen syttymissyistä yleisin Pohjois-Karjalassa vuosina 2009-2013 oli salama lähes 25 %:n osuudella. Osuus on melko suuri, sillä esimerkiksi vuosina 2004-13 Pohjois-Karjalassa salaman sytyttämien maasto- ja metsäpalojen osuus oli noin 16 % (Lehikoinen 2013) ja vuosina 1985-2001 koko Suomessa metsäpaloista oli 13 % (Larjavaara ym. 2005). Tahallisten sytyttämisten osuus on vain yhden prosentin luokkaa, mikä on kansainvälisessä vertailussa varsin pieni osuus. Esimerkiksi eräissä Euroopan maissa lähes puolet metsäpaloista johtuneet tuhopoltoista, ja syyksi on arvioitu korkeaa työttömyysastetta, sillä metsäpalot tarjoavat ainakin tilapäistä työtä palo- ja metsäalalle. Myöskään maataloustöiden yhteydessä tehtävistä polttotöistä aiheutuneet metsäpalot ovat nykyään meillä harvinaisia, koska työtavat eivät ole enää käytössä. (FAO 2006)



Kuvio 3.1. Metsäpalojen (varsinaiset metsät, hakkuuaukeat, ja muut suot kuin turvetuotanto) yleisimmät syttymissyyt (% kokonaismäärästä) Pohjois-Karjalassa (Lähde: Pronto 2014).

Suurin osa sisäasiainministeriön Pronto-tietokantaan tallennetuista paloista on alle hehtaarin kokoisia paloja, sillä tarkemmassa maastopalolistauksessa ei aina ole mukana paloalueen tarkempaa kokoa. Tietokannassa ei myöskään ole tarkempaa tietoa pääpuulajista, puuston määrästä tai kehitysvaiheesta tai siitä, kuinka pahasti puusto on palanut. Koska paloalueet useimmiten eivät ole laajoja, ei tässä työssä tarkenneta metsän tietoja, vaan esimerkin omaisissa ekosysteemipalveluiden arvojen arvioinneissa käytetään keskimääräistä metsätietoa Pohjois-Karjalan alueelta. Käyttämällä Pohjois-Karjalan metsien tunnuslukuja metsiköiden kehitysluokista puuntuotannon metsämaalla (taulukko 3.5) ja painottamalla näitä on muodostettu ns. keskimääräinen metsä ja sen hehtaarikohtaisiksi tilavuuksiksi 6 m³/ha hakkuualueelle tai aukealle (maastotyyppi 2) ja 124 m³/ha metsälle (maastotyyppi 1) (Metsäntutkimuslaitos 2014).

Taulukko 3.5. Metsiköiden kehitysluokat Pohjois-Karjalassa (ha) vuonna 2012 (Metsäntutkimuslaitos 2014).

Maasto- tyyppi	Kehitysluokka	Pohjois- Karjalas- sa 2009- 2011 (1000 ha)	Puuston keski- tilavuus puun- tuotannon metsämaalla vuosittain (m ³ /ha)	Tilavuus Pohjois- Karjalas- sa (1000 m ³)	Kehitys- luokan osuus	Keskitila- vuus maasto- tyypeittäin
2	aukea uudis- tusala	22	6	132		6
1	pieni taimikko	100	7	700	0,07	0,51
1	varttunut tai- mikko	165	22	3630	0,12	2,67
1	nuori kasva- tusmetsikkö	519	105	54495	0,38	40,04
1	varttunut kas- vatusmetsikkö	443	173	76639	0,33	56,31
1	uudistuskypsä metsikkö	131	249	32619	0,10	23,97
1	suojuspuumet- sikkö	1	155	155	0,00	0,11
1	siemenpuu- metsikkö	2	27	54	0,00	0,04
	tyyppi 1 yh- teensä	1361		168424	1,00	123,65

4 KUSTANNUSTEN KUVAILU

Tässä luvussa jaotellaan metsäpalojen torjunnan kustannukset C+NVC-kehikon mukaan suoriin ja epäsuoriin kustannuksiin. Luvun lopussa tarkastellaan toteutuneiden metsäpalojen määrää. Luvussa arvioidaan myös ennaltaehkäisyn ja havainnoinnin vaikutusta toteutumattomiin paloihin. Analyysin avulla voidaan eritellä ne kustannukset, joista on saatavilla tietoa, niistä, joista tietoa ei ole.

Pohjois-Karjalan metsäpalojen torjuntaan osallistuu useita viranomaistahoja. Osa kustannuksista lasketaan kustannusten luokittelukehikossa suoriksi kustannuksiksi (C1), osa epäsuoriksi kustannuksiksi (C2). Esimerkkejä jälkimmäisestä ovat Ilmatieteenlaitoksen laatima metsäpaloindeksi (C21), jonka mukaan Pohjois-Suomen aluehallintovirasto (P-SAVI) koordinoi metsäpalojen valvontalentoja (C22). Tarvittaessa pelastuslaitos voi tilata tarkastuslentoja lennettäväksi ukkosen jälkeen. Sammutus (C14) on pääasiassa pelastuslaitosten tehtävä. Suomessa metsäpalot ovat usein hyvin pienialaisia, ja siksi pelastuslaitoksen kapasiteetti on usein riittävä, mutta suuremmissa paloissa voidaan tarvita rajavartiolaitoksen tai puolustusvoimien sekä vapaapalokuntien tukea sammutustöihin. (Kinnunen 2014, henkilökohtainen tiedonanto)

4.1 Suorat kustannukset (C1)

4.1.1 Ekosysteempalvelut (C11)

Tässä alaluvussa käsitellään arvioita tarkastelussa mukana olevien metsien tuottamien ekosysteempalveluiden muutoksista ja muutosten arvosta vaikuttavia metsäpaloja tarkastellaan viiden vuoden ajanjaksolta 2009-2013. Tarkastelu on hyvin suurpiirteinen, sillä ekosysteempalveluiden (C11) osalta tarvittaisiin kolmenlaista tietoa: palaneen metsäalan koon (Pronto 2014) lisäksi tieto siitä, millaisessa metsässä palo on tapahtunut ja miten intensiivinen se on ollut, ekosysteempalveluiden hehtaariohtaisesta tuotannosta tietyntyyppisessä metsässä ja niiden hehtaariohtaisesta arvosta. Ekosysteempalvelujen menetysten arvoja on aiemmin arvioitu esimerkiksi kaivoshankkeisiin liittyen (Haltia ym. 2012), jossa esimerkiksi puuntuotannon arvon menetys laskettiin verohallinnon julkaiseman kunnittaisen metsän tuoton ja palaneen alueen pinta-alan perusteella. Tämän erona metsäpaloihin on se, että ekosysteempalvelut menetetään kokonaan (tai

ainakin pitkäksi aikaa), kun alue muutetaan muuhun kuin metsätaloudekäyttöön. Metsäpalojen tapauksessa näin ei ole, sillä palaneet alueet uusiutuvat tietyllä aikavälillä. Siksi lasketut arvot pätevät vain kyseisenä vuonna tai lähivuosina. Toisaalta tiettyjen ekosysteemipalveluiden (kuten riista tai marjat) osalta metsäpaloilla voi olla sekä positiivisia että negatiivisia vaikutuksia ajassa (esimerkiksi 10-20 vuoden kuluessa palosta), jolloin kyse on nettomenetyksestä. Näiden tarkempi kvantifiointi ja kehittyminen ajassa menee tämän raportin laajuuden yli. Metsäpaloista johtuvien ekosysteemipalvelumuutosten identifiointi edellyttää sitä, että tiedetään tärkeät faktorit ja se, miten ne vaikuttavat ekosysteemipalveluiden laadun ja määrän muutoksiin (Mavsar ym. 2010). Tarkemman ekosysteemipalveluiden vaikutuksen arvioimiseksi tarvittaisiin tarkkoja kohdekohtaisia tietoja ja taulukon 4.1 vaikutusten kvantifiointia ja arvioita vaikutusten kehityksestä ajassa.

Taulukko 4.1 kuvaa kvalitatiivisesti metsäpalojen vaikutuksia metsien tuottamiin ekosysteemipalveluihin. Pääasiassa metsäpalojen välitön vaikutus on negatiivinen, mutta pidemmällä ajalla voi olla positiivisiakin vaikutuksia esimerkiksi luonnon monimuotoisuuteen. Metsäpalot vaikuttavat niin metsien tuottamiin **markkinahyödykkeisiin** (C111) kuin **markkinattomiin hyödykkeisiin** (C112). Markkinahyödykkeiden arvot voidaan arvioida markkinahintojen avulla. Markkinattomien hyötyjen osalta vaikutuksia voidaan arvottaa kyselypohjaisilla tutkimuksilla, mutta yleispäteviä tuloksia näistä ei ole ominaisuuksien erilaisuuden vuoksi. Metsäpalojen aiheuttamiin markkinattomiin ekosysteemipalveluihin (C112) kohdistuviin vahinkoihin suhtautumista voidaan arvioida mittaamalla kansalaisten mieltymyksiä eli preferenssejä kyselytutkimuksilla tai markkinoilta saatavan datan avulla. Esimerkiksi virkistykseen, kasveihin, eläimiin, ja veden puhdistamiseen liittyvät hyödyt ovat markkinattomia hyötyjä. Arvottamistutkimuksia on tehty pääosin USA:ssa, ja ne käsittelevät esimerkiksi läheisten metsäpalojen vaikutusta asuntojen hintoihin hedonisten hintojen mallilla (Loomis 2004), virkistyskäyttöön kansallispuistossa (Loomis ym 2001), eliölajin (pöllön) suojelua metsäpalolta (Loomis & Gonzales-Caban 1998), sekä ekosysteemipalveluiden vaihtosuhteita ja metsäpalojen ehkäisyn vaikutusta virkistyskäyttöön, vesien puhtauteen ja eliölajeihin (Mavsar ym. 2013).

Myös kyselytutkimukset, jotka liittyvät metsäpalojen torjunnan menetelmiin ja kansalaisten preferensseihin näitä menetelmiä kohtaan, arvioivat metsäpalojen torjunnan hyötyjä markkinattomille ekosysteemipalveluille (esim. Varela ym. 2014). Metsäpaloriskin pienentämisen merkitystä voi arvioida myös ehdollisen arvottamisen menetelmällä. Kotitalouden maksuhalukkuus metsäpaloriskin pienentämisestä vaihtelee 24 – 500 dollarin välillä riippuen siitä, kuka on vastuussa riskinvähentämistoimenpiteistä (julkinen taho vai yksittäinen omaisuudenhaltija) (Fried ym. 1999).

Taulukko 4.1. Metsäpalojen vaikutukset metsien tuottamiin ekosysteemipalveluihin ja niiden arvoon, arvioidut suunnat eri maastopaloluokissa.

	Luokka 1: varsinainen met- sä, talousmetsä, aluskasvillisuus	Luokka 2: hakkuualue, raivio tai met- säaukea	Luokka 3: muut suoalueet kuin turvetuotan- non piirissä olevat
C111 Markkinahyödykkeet			
C1111 Puusto	-	-	?
C1112 Sienet ja marjat	-/+	+	-/+
C1113 Riistaeläimet	+/-	+/-	+/-
C112 Markkinattomat hyödykkeet			
C1121 Virkistysarvo	-	+/-	-
C1122 Maisema	-	+/-	?
C1123 Monimuotoisuus	+	+	?
C1124 Uusien puiden kas- vuolot	+	+	?
C1125 Hiilinielu	-	-	-
C1126 Luontotyypit	+	+	+

Markkinahyödykkeistä metsäpalot vaikuttavat ensisijaisesti **puustoon** (C1111), joka palossa menettää taloudellista arvoaan. Toisaalta metsäpaloilla voi olla myös uusien puiden kasvua parantava vaikutus, joka on huomioitu markkinattomien hyötyjen luokassa C1124. Puuston (C1111) arvon menetys riippuu siitä, millainen puusto alueella oli palohetkellä. Tässä työssä ei tiedetä palaneiden alueiden tarkkoja metsikkötietoja (esim. puulajeja tai tiheyksiä), joten laskelmissa käytetään ns. keskimääräistä pohjoiskarjalaista metsää. Näin saadaan suuntaa-antava kuva palojen vaikutuksista puuntuotannon menetyksiin, joka kuitenkin kuvastaa lähinnä vain vuosittaisia palaneita pinta-aloja. Keskimääräisen pohjoiskarjalaisen metsän (maastopalotyyppi 1) keskitilavuus on noin 124 m³/ha ja hakkuualueen (maastopalotyyppi 2) noin 6 m³/ha. Laskennallisena keskimääräisenä hintana voidaan käyttää esimerkiksi koko Suomen vuosien 2010-12 puukuutiometrin keskikantohinnan aritmeettista keskiarvoa 33,13 €/m³ (MMM 2013). Edellä mainituilla arvoilla laskettuna metsän (luokka 1) menetyksen arvo on 4108,12 €/ha ja hakkuualueen (luokka 2) menetyksen arvo on 198,78 €/ha. Puuntuotannon menetyksen määrä kunakin vuonna voidaan laskea käyttämällä palaneen alueen pinta-ala tietoja Pronto-tietokannasta. Tällöin kuitenkin oletetaan, että puusto on ollut hakkuukypsää ja se on tuhoutunut palossa täysin. Puuntuotannon menetyksissä aika-aspekti voitaisiin huomioida esimerkiksi oletuksilla siitä, mitä palaneelle alueelle tehdään, tai esimerkiksi olettaa, että alue palautuu metsätalouden käyttöön 5 vuoden kuluttua, ja arvioida metsän tuotoksen menetys kyseiselle ajalle ja käyttämällä jotakin diskonttokorkoa.

Vaikutus **keräilytuotteisiin** (C1112), esimerkiksi marjoihin ja sieniin, on lyhyellä aikavälillä negatiivinen, mutta pitkällä aikavälillä tuotto voi palon jälkeen olla suurempi.

Vaihtelu riippuu kasvupaikasta ja palon voimakkuudesta. Myös metsäpalosta toipumisen nopeus vaihtelee lajeittain. Esimerkiksi poronjäkälän toipuminen palosta voi kestää 20-40 vuotta. (Vanha-Majamaa 2014) Keräilytuotteiden (marjat, sienet) (C1112) osalta metsäpaloista johtuvat rahalliset menetykset voitaneen jättää arvioimatta, sillä metsän keräilytuotteista hyödynnetään vain osa, joten ne voidaan metsäpalovuonna ja sitä seuraavina, kunnes metsä on ennallaan, kerätä muualta. Lisäksi positiivinen vaikutus esimerkiksi vadelmien ja mustikoiden kasvuun ajan kuluessa saattaa myös kompensoida heti palon jälkeen menetetyt hyödyt.

Monet eliölajit, kuten **riistaeläimet** (C1113), saattavat hyötyä palon jälkeisistä taimikkovaiheista. Eläinlajien kohdalla metsäpalojen vaikutus riippuu myös palon ajankohdasta, esimerkiksi siitä, ovatko poikaset liikuntakykyisiä vai eivät. Esimerkiksi metsäpalon vaikutukset metsäkanalintuihin ovat sekä negatiivisia että positiivisia. Virnes (2011) arvioi Pohjanmaan palojatkumoalueiden ennallistamispolttoihin liittyen, että 35 hehtaarin alueella olisi keskimäärin 0,74 teeren ja 0,46 metson pesää. Ottaen huomioon oletuksen metsäkanalintujen pesinnän luontaisesta epäonnistumisesta (40 %) ja sen oletuksen, että paloista 2/3 sattuisi pesintäaikaan (ennen juhannusta), paloista aiheutuisi 0,30 teerenpesän ja 0,18 metsonpesän vuotuinen tuhoutuminen. Toisaalta jos palot lisäävät koivun määrää ja mustikan kasvua metsikössä, nämä parantavat teeren (koivu) ja metson (mustikka) elinmahdollisuuksia. (Virnes 2011) Riistalihan tuotannolle ei metsäpaloista aiheudu menetyksiä. Mikäli palanut metsä on ollut esimerkiksi taimikkovaiheessa ja siksi riistaeläimistölle (hirvet) suotuisaa, niin voidaan olettaa, että sopivia ympäristöjä löytyy lähietäisyydeltä. Linturiistalle (esim. metsäkanalinnut) metsäpalosta koituvat menetykset riippuvat siitä, onko alue niiden pesimisympäristö. Riistaakaan ei metsätetä kaikkea. Toisaalta ajan kuluessa myös metsäpaloalue muuttuu esim. taimikoksi, joka on taas riistalle hyödyllinen.

Metsäpalot heikentävät tilapäisesti **virkestysmahdollisuuksia** (C1121) alueella, ja metsäpalojen torjunnalle löytyy kansainvälisestä kirjallisuudesta maksuhalukkuusarvioita erilaisten harrastusten harjoittamiseen liittyen. Virkestysarvon menetys tuskin on suuri tarkastellulla alueella tarkasteltuina vuosina, sillä paloalojen ollessa suhteellisen pieniä, voisimme olettaa, että kyseisenä vuonna kansalaiset voisivat virkistäytyä viereisissä ei-palaneissa metsissä heidän virkistysyötyjensä suuresti vähentymättä. Paloalueen koolla voi olla paljonkin merkitystä virkistysarvon kehittymiselle. Metsäpaloihin liittyen kansalaisten arvostus 1 %:n lisäystä virkistysmetsissä kohtaan on arvioitu 0,5 €:ksi (Mavsar ym. 2013). Hyvinvointivaikutus retkeilijälle metsäpalojen vähentämisestä olisi 24-145 \$ matkakustannusmenetelmällä ja ehdollisen käyttäytymisen menetelmällä arvioituna (Loomis ym. 2001). Metsäpalojen vaikutus **maisemaan** (C1122) vaihtelee.

Metsäpalot edistävät **monimuotoisuutta** (C1123), sillä palojen seurauksena syntyy lahoppuuta, ja kuoriaisten monimuotoisuus lisääntyy. Metsäpalo tuottaa palolajistolle

elinympäristöjä, vaikuttaa kuolleen ja hiiltyneen puun määrään ja elävien puiden puuaineksen laatuun sekä monipuolistaa metsän puustorakennetta. Palon intensiivisyydestä riippuu se, miten paljon vaikutusta on. Voimakkaiden metsäpalojen seurauksena syntyy avoimia runsaslahopuustoisia elinympäristöjä. Vaikka heikot palot (pintapalot) eivät juuri vaikuta puustoon, ne muuttavat kuitenkin metsän rakennetta pitkällä aikavälillä. Palaneilla alueilla esiintyy erittäin uhanalaisia kääpälajeja ja hyönteislajeja. Metsän ravintoverkon osalta palojen vaikutukset ovat monimutkaisia, sillä esimerkiksi kekomuurahaisiin, jotka ovat metsien avainlaji, palojen vaikutukset riippuvat suuresti siitä, onko kyseessä paremmin häiriöihin sopeutunut yksikuningattarinen vai tasaisissa oloissa menestyvä monikuningattarinen laji (Punntila 2011). Metsäpaloista riippuvaisten ja niistä hyötyvien kovakuoriaislajien määrä paloalueella riippuu palosta kuluneesta ajasta, palaaneen metsikön puulajeista, lahoppuun määrä, paahteiset olosuhteet ja kilpailuvapaa tilanne. Metsäpalojen vaikutukset monimuotoisuudelle (C1123) ovat positiivisia. Vaikutuksen laajuus ja kestävyys riippuu lajista. Joitakin arvioita monimuotoisuuden paraneminen arvosta metsäpalojen myötä kuitenkin on saatavilla. Lajeittain huomioidun monimuotoisuuden osalta kansalaiset arvostavat yhden eläinlajin säilymistä metsäpaloja ehkäisemällä 0,002 €:lla ja yhden kasvilajin säilymistä 0,4 €:lla (Mavsar ym. 2013). Pöllölajin suojele metsäpaloilta (1035 ha:n alueella) on kotitaloudelle 56 \$:n arvoista ehdollisen arvottamisen menetelmällä (Loomis ja Gonzalez-Cabán 1998).

Metsän palaminen parantaa taimettumisolosuhteita (Rehu ym. 2011) ja parantaa **uusien puiden kasvuoloja** (C1124). Metsäpalot heikentävät metsien toimintaa **hiilinieluinä** (C1125), sillä ne edistävät ilmastonmuutosta, kun paloissa vapautuu hiilidioksidia ilmaan. Metsät sitovat yhteyttäessään hiiltä ilmakehästä, ja boreaalisen metsän puun arvioidaan sitovan hiiltä noin 200 kg / m³ (Burton ym. 2003). Lisäksi maaperä sitoo hiiltä, mutta sitä ja sen mahdollista menetystä ei tässä työssä erikseen huomioida, vaikka vaikutus maahan ja puustoon vaihtelee palojen tyyppin (pinta- tai latvapalo) mukaan. Hiilidioksidin yhteiskunnallinen kustannus vaihtelee tutkimuksesta riippuen 0-320 €/tonni, ja alarajaksi on suositeltu 11 €/tonni (Downing ym. 2005). Suomessa hiilidioksiditonin yksikköhintana on käytetty 37 €/tonni (esim. Gynther ym. 2012).

Palot sinällään voivat ylläpitää tietynlaisia, yleensä harvinaisia, **luontotyyppjejä** (C1126), kuten paahderinteitä ja muita karumpia elinympäristöjä. (Vanha-Majamaa ym. 2015) Jos järeäkasvuinen metsä palaa voimakkaasti, syntyy nuoria runsaslahopuustoisia metsiköiden sukkestiovaiheita, jotka ovat hyvin harvinaisia. (Perkiö ym. 2011)

4.1.2 Omaisuusvahingot (C12)

Maasto- ja metsäpalojen omaisuusvahinkoina tilastoidaan palanut maasto- ja metsäala hehtaareina (Pelastustoimen taskutilasto 2009-2013). Tässä työssä palaneen metsäomaisuuden arvoa käsitellään ekosysteemipalveluiden luokassa puu (C1111). Metsäpalojen vuoksi korvataan metsätuhokorjauksia vuosittain. Vuonna 2009 tulen aiheuttamien vahinkojen vuoksi maksettiin koko Suomessa 208 000 €, vuonna 2010 365 000 € ja vuonna 2011 361 000 €. (Metsätilastollinen vuosikirja 2012)

Maasto- ja metsäpalojen myötä voi koitua omaisuusvahinkoja myös esimerkiksi rakennuksille. Laajat metsäpalot ja toisaalta myös korkea metsäpalojen riski voivat vaikuttaa kiinteistöjen hintoihin. Esimerkiksi Yhdysvalloissa on hedonisella hintamallilla arvioitu, että muutaman mailin päässä pienestä kaupungista ollut noin 5 000 hehtaarin palo laski asuntojen hintoja 16-17% (Loomis 2004).

4.1.3 Terveyshaitat (C13)

Sankat savut voivat aiheuttaa terveyshaittoja erityisesti pahoina palokesinä ja kaukanaakin paloalueesta sääolosuhteista riippuen. Esimerkiksi Venäjän Karjalan maastopalojen savuja voi kulkeutua Suomeen. (Vanha-Majamaa ym. 2015) Palon aikana syntyvä saastehaitta voidaan arvioida, kun tiedetään palaneen biomassan (puu, lehdet, jne.) määrä ja näiden terveysvaikutukset. Keskimäärin yhdestä tonnista poltettua biomassaa tulee 125 kg häkää, 12 kg hiilivetyjä, 2 kg typen oksideita ja 22 kg kiintoaineita. (Petrov 2014)

Kansainvälisestä kirjallisuudesta löytyy arvioita laajojen metsäpalojen aiheuttamien saastehaittojen arvosta. Esimerkiksi Kalifornian suurten metsäpalojen vaikutusta kuolleisuuteen (hengitys- ja verisuonikuolleisuuteen) ja ennen aikaisten kuolemien sosiaalista kustannusta on arvioitu tilastollisen elämän arvon menetelmällä (the value of statistical life, VSL). Vuonna 2003 kahden viikon aikana oli 14 eri paloa. Metsää paloi yhteensä 7500 hehtaaria, ja 3710 kotia tuhoutui. Maastopalojen sammutuskustannukset olivat 123 miljoonaa dollaria(2003). Savut vaikuttivat kaupunkialueisiin viidessä piirikunnassa (Los Angeles, San Diego, Orange, Riverside ja San Bernardino), joten savun leviämialueella oli verrattain paljon asukkaita, esimerkiksi pelkästään Anaheimin kaupungissa Orangen piirikunnassa on 340 000 asukasta. Savuhaittojen arvioitiin aiheuttaneen 133 ylimääräistä ennen aikaista kuolemaa, joiden sosiaalisesti kustannukseksi arvioitiin 950,95 miljoonaa dollaria(2003). (Kochi ym. 2012) Kalifornian tutkimuksesta laskemalla

saadaan yhden ennenaikaisen kuoleman estämisen arvoksi 7,15 miljoonaa dollaria (2003).

Pohjois-Karjalassa on 165 000 asukasta, joten terveysvaikutuksille altistuva ihmismäärä on verrattain pieni. Lisäksi Pohjois-Karjalan metsäpalot ovat pääosin pieniä, alle hehtaarin laajuisia, eivätkä välttämättä ylitä ns. merkittävän terveyshaitan kynnyksarvoa liittyen savuallistukseen tai pienhiukkasiin. Pienhiukkasten leviämisen altistuvien henkilöiden määrä riippuu paitsi alueen asukastiheydestä myös pienhiukkasten kulkeutumisesta, ja vaatii tarkempaa mallinnusta. Tämän työn puitteissa emme arvioi terveyshaittojen arvoa. Rahamääräisiä arvioita ilmansaasteiden terveyshaitoista ja kuolleisuudesta voidaan tehdä (Hurley ym 2005, Orru ym. 2009, Alberini & Scasny 2010, ref. Hietala ym. 2014).

Maastopalojen aiheuttamat henkilövahingot tilastoidaan, mutta näistä luvuista ei voi erottaa metsäpalojen osuutta. Vuosina 2009-13 maastopaloissa on kuollut 3 henkilöä (1-1-0-0-1) ja loukkaantunut 31 henkilöä (4-6-10-6-5). (Pelastustoimen taskutilasto 2009-13)

4.1.4 Sammutuskustannukset (C14)

Sammutuskustannuksiin (C14) lasketaan polttoainekustannukset (C141), palkkakustannukset (C142) ja kalustokustannukset (C143). Valmiuskustannuksia ei erotella varsinaisista sammutuskustannuksista. Metsäpalohälytykset tulevat hätäkeskuksen kautta, ja niihin lähdetään samalla kalustolla ja miehistöllä kuin muihinkin tulipalohälytyksiin. Palokuntia hälytetään tehtäviin sen mukaan, miten suuri palo on. Metsäpalot jaotellaan palon intensiivisyyden mukaan kolmeen eri vasteeseen: pieni, keskisuuri ja suuri vaste (Taulukko 4.3). Suorat sammutuskustannukset ovat riippuvaisia palon intensiivisyydestä ja laajuudesta. (Leinonen, 2013)

Pelastuslaitokselle koituvat keskimääräiset kustannukset paloa kohden jäävät pieniksi, koska paloalat ovat keskimäärin hyvin pieniä tiheän tieverkoston ja nopeasti havaittujen savujen ja palojen johdosta. Syrjäseuduilla paloalueet pääsevät joskus leviämään useamman hehtaarin suuruiseksi. Tärkein metsäpalojen määrään vaikuttava syy on sääolot, joten paloista aiheutuvat kustannukset vaihtelevat suuresti vuosittain. (Kinnunen 2014, hlökoht. tiedonanto)

Taulukko 4.3. Sammutuskustannukset vasteittain Pohjois-Karjalan pelastuslaitokselle vuosina 2009-2014 (Viertola 2014, paitsi *)Etelä-Karjalan pl, Kinnunen 2014).

Vaste	Kalusto	Kustannukset / palo	Kustannukset /vuosi keskimäärin
Pieni	1 sammutusauto 1 säiliöauto	Polttoaine 150 € Palkat 1 000 €	Polttoaine 20 000 € 2 400 sammutustuntia palkat 100 000 €, eli palkat 41,7 € / h
Keskisuuri	3 sammutusautoa 1 säiliöauto 1 mönkijä		
Suuri	4 sammutusautoa 4 säiliöautoa 1 vesihuoltoperäkärri 1 mönkijä	12 000 – 15 000 €* 	

Metsäpaloja lähdetään sammuttamaan normaalilla paloautokalustolla, minkä lisäksi erityiskalustoa käytetään tarpeen mukaan. Erityiskalustoon kuuluvat metsäpalojen kalustokontti, Masi-Sisu-maastoauto ja metsäpalosammutuskontti, metsäpaloperäkärri, mönkijät ja vesihuoltokärri sekä metsäkoneeseen sopiva vesisäiliö. Erityiskalusto on sijoitettu Pohjois-Karjalan eri paloasemille. (Viertola, 2014)

Useimmiten palot ovat pieniä ja niitä sammuttamaan lähdetään sammutusautolla ja säiliöautolla. Pienen palon sammuttamiseen osallistuu kuusi henkilöä ja heidän palkkakustannukset ovat keskimäärin 1000 euroa sammutuskeikkaa kohden. Pienistä paloista aiheutuvat polttoainekustannukset (C141) ovat noin 150 euron luokkaa. Vuosien 2009–2014 aikana metsäpaloista on aiheutunut keskimäärin noin 2 400 sammutustuntia vuodessa ja palkkakustannusten (C142) suuruudeksi on arvioitu noin 100 000 euroa vuodessa. Palkkakustannuksien lisäksi polttoainekustannuksia on kertynyt noin 20 000 euroa vuosittain. (Viertola, 2014)

Etelä-Karjalan pelastuslaitokselta saatiin vastaavat tiedot. Pienillä, kahdesta kolmeen tuntiin kestäville, sammutustehtävillä sammutuskustannukset ovat noin 2 500 euron luokkaa. Suurilla paloilla, joiden kesto voi olla 5–12 tuntia, kustannukset voivat kohota 12 000–15 000 euroon paloa kohti. Suurien metsäpalojen sammuttamisessa voi olla käytössä myös puolustusvoimien tai rajavartiolaitoksen helikopteri, joiden kustannukset vaihtelevat 2 000–7 000 € tunnissa saatavilla olevan kaluston mukaan. Keskimäärin vuosittaiset kustannukset ovat Etelä-Karjalan pelastuslaitokselle noin 50 000 €. (Kinnunen 2014, henkilökohtainen tiedonanto)

Kalustokustannukset (C143) jakaantuvat usealle vuodelle. Niitä ei tässä oteta erikseen huomioon, sillä samalla kalustolla tehdään myös muita kuin maastopalojen sammutustöitä.

4.2 Epäsuorat kustannukset (C2)

4.2.1 Ennaltaehkäisy (C21)

Metsäpaloja pyritään ennaltaehkäisemään metsäpaloista varoittavin tienvieruskyltein sekä valistamalla tulen käytön vaaroista. Lisäksi ilmatieteen laitoksen metsäpalovaroitukset sekä lehti- ja radiotiedotteet ovat keinoja ennaltaehkäistä metsäpaloja. Ilmatieteen laitos antaa maakunnittaiset metsäpalo- ja ruohikkopalovaroitukset vallitsevan metsäpaloindeksin mukaisesti kello 13 uutisissa. Ennaltaehkäisykeinojen vaikutusta metsäpalojen esiintyvyyteen on kuitenkin vaikea arvioida.

Pohjois-Karjalassa ennaltaehkäisyä toteutetaan varoitustauluin, koulutustilaisuuksilla sekä valistustyöllä. Ennaltaehkäisyä varten on hankittu materiaalia noin 5 000 eurolla, mihin kuuluu esimerkiksi metsäpaloaarasta varoittavat monikieliset tienvieruskyltit. Koulutustilaisuuksia on järjestetty satunnaisia koulutustilaisuuksia metsäalan ammattilaisille, mitkä ovat kustantaneet noin 800 euroa päivässä. Lisäksi Joensuussa ja Kolilla on osallistuttu messuille kerran vuodessa, joiden palkkakustannukset vaihtelevat 1 000–1 500 euron välillä. Pelastuslaitos suorittaa myös turvesoiden palotarkastuksia vuosittain. Niistä aiheutuvat kustannukset ovat noin 100 euroa turvesuota kohden ja 1 100 euroa vuosittain.

4.2.2 Havainnointi (C22)

Sammutuksen tehokkuus on merkittävää palon etenemisen ehkäisemiseksi. Valvontalennot käynnistetään metsäpalovaroituksen aikana, kun metsäpaloindeksi nousee 4,0 kolmannelta päivästä lukien. Valvontalennot kustantaa Sisäministeriö ja ne koordinoidaan Pohjois-Suomen AVI:n toimesta (vuodesta 2010 lähtien). Ilmailukerhot suorittavat näitä lentoja ennalta määritellyillä reiteillä. Pohjois-Karjalassa on kaksi reittiä. Valvontalentojen kustannukset määräytyvät valvontalentojen määrän mukaan. Valvontalentojen määrään vaikuttaa vallitsevat sääolosuhteet. Valvontalentoja lennetään kerran päivässä, kun metsäpaloindeksi on ollut yli neljä kolmen päivän ajan. Metsäpaloindeksin ylittäessä viiden valvontalentoja lennetään kaksi päivässä. Ukkosen jälkeen lennetään tarvittaessa tarkastuslennot Sisäasiainministeriön kustannuksella.

Taulukossa 4.4 on valvontalentojen kustannukset Pohjois-Karjalan reitillä vuosina 2009–2013. Lisäksi lennoilla käytettävän viranomaisverkko VIRVE:n vuosittaiset kustannukset ovat 10 000 – 17 000 € koko Suomessa. Tätä ei huomioida laskuissamme.

Taulukko 4.4. *Valvontalentojen kustannukset Pohjois-Karjalassa 2009–2013. Lähteet: 2009: Itä-Suomen AVI Pirskanen 2014, henkilökohtainen tiedonanto, 2010-13: Pohjois-Suomen AVI Kurttila 2014, henkilökohtainen tiedonanto.*

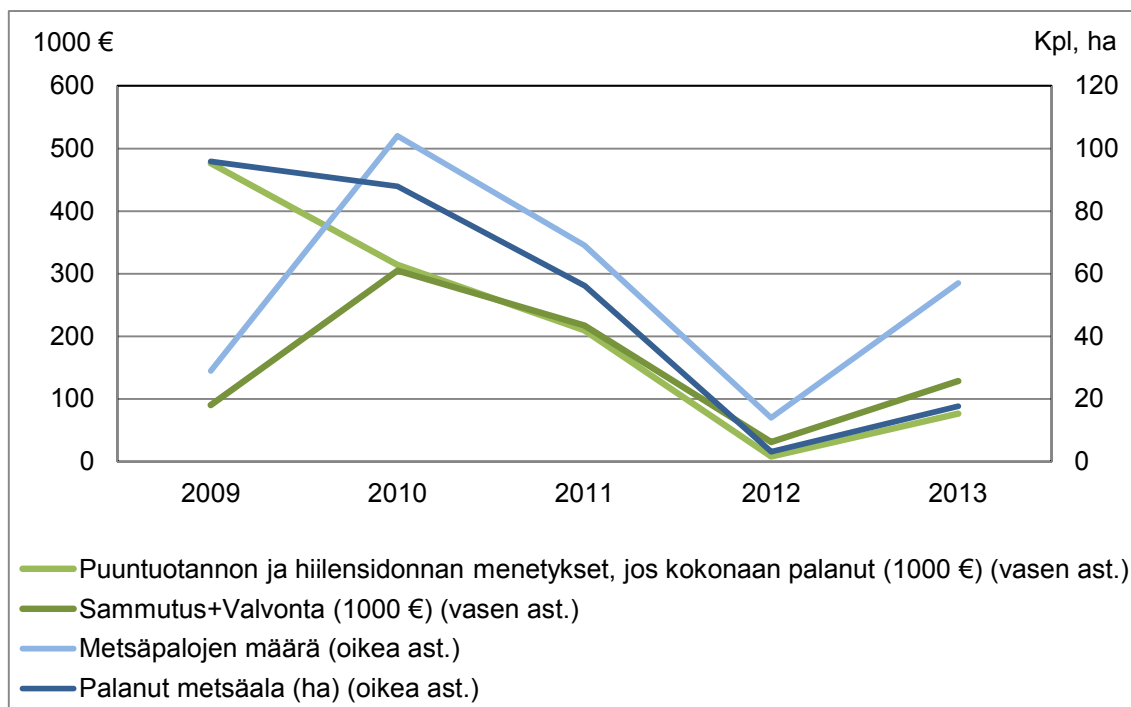
Vuosi	Reitti 14 kustannukset	Reitti 15 kustannukset	Yhteensä	Metsäpa- lojen määrä	Palanut ala (ha)	€/palo	€/palanut ha
2009	9 000 €	10 900 €	19 900 €	27	96	737 €	526 €
2010	27 500 €	24 600 €	52 100 €	98	88	532 €	592 €
2011	21 200 €	18 900 €	40 100 €	67	53	599 €	716 €
2012	3 500 €	4 100 €	7 600 €	12	2	633 €	3 800 €
2013	12 900 €	13 100 €	26 000 €	55	18	473 €	1 444 €

4.3 Kustannusten yhteenveto

C+NVC-teorian mukaan ennaltaehkäisyyn panostaminen vähentää palovahinkoja. Toisin sanoen metsäpalojen nopea havaitseminen (mm. lentovalvonta) ja tehokas sammutus estävät tehokkaasti palon leviämisen laajaksi. Toteutumattomien palojen myötä säästyy kustannuksia ja vahinkoja jää tapahtumatta. Näiden yhteenvetojen avulla pyrimme arvioimaan, kuinka paljon palontorjunnalla pystytään ehkäisemään paloja.

Kuvio 4.1 esittää kootusti metsäpalojen määrän, palaneen metsäpinta-alan, arvion metsäpalojen aiheuttamista ekosysteemipalveluvahingoista ja sammutus- ja valvontakustannuksia tarkastelujaksolta 2009–2013. Kuvioista 4.1 nähdään, että sammutus- ja valvontakustannukset sisältäen palkat ja polttoaineet (tumma vihreä) ja metsäpalojen määrä (vaalea sininen) ovat suhteellisen alhaisella tasolla vuonna 2009, nousevat vuonna 2010, laskevat alimmilleen vuonna 2012 ja nousevat taas vuonna 2013. Valvontalentoja tehdään ilmatieteen laitoksen tuottaman metsäpaloriskiä kuvaavan metsäpaloindeksin mukaisesti, joten lentojen kustannukset seurailevat luonnollisesti metsäpalojen (oletettun) syttymisen määrää. Valvontalentojen kustannusten suhde sammutuskustannuksiin on melko vakio, noin 20 %, tarkastelujaksolla vaihdellen 18 %:n (2010) ja 26 %:n (2012) välillä. Suuntaa-antavat arviot ekosysteemipalveluiden vuosittaisista menetyksistä (vaalea vihreä) käsittävät puuaineksen ja hiilensidonnan ja olettavat, että metsä palaa kokonaan. Hiilensidonnassa ei huomioida maaperään sitoutunutta hiiltä, arvio käsittää ainoastaan puuston (m³). Koska palaneiden metsiköiden eroja tai palojen intensiteettejä ei

tarkastelussa ole huomioitu, ekosysteemipalveluiden vuosittaiset menetykset (vaalea vihreä) kuvaavat suoraan palaneita pinta-aloja (tumma sininen).

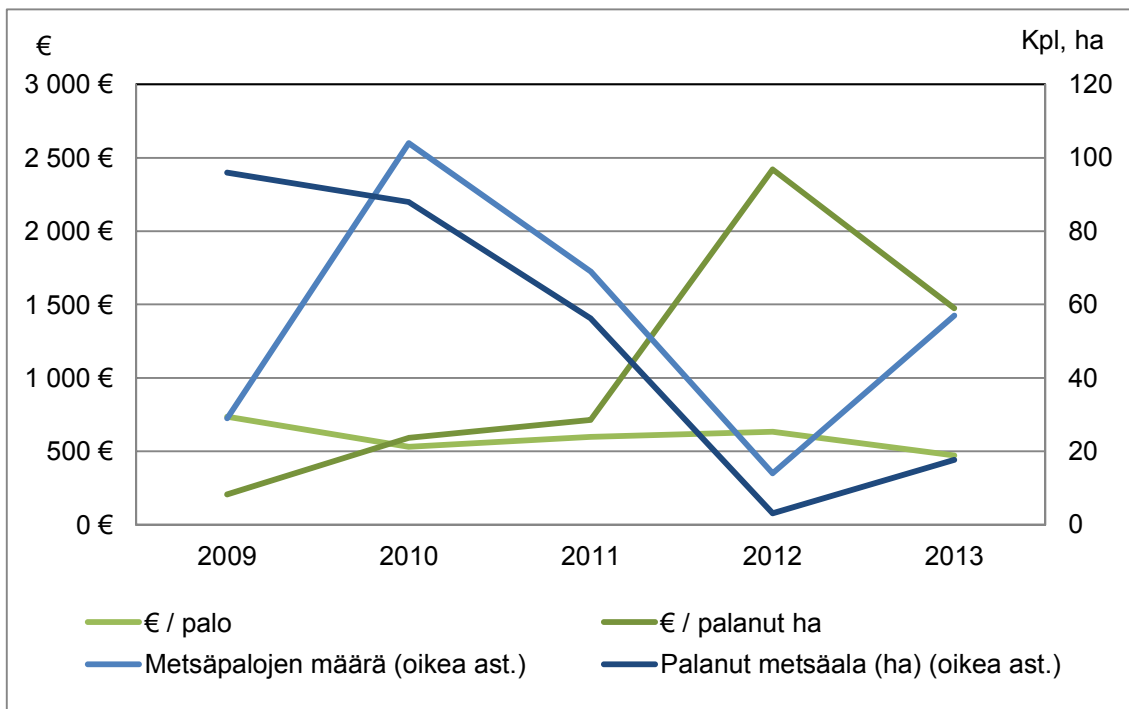


Kuvio 4.1. Metsäpalojen määrä, palanut metsäpinta-ala, arvio metsäpalojen aiheuttamista ekosysteemipalveluvahingoista ja sammutus- ja valvontakustannukset 2009-2013.

Vertailemalla sammutus- ja valvontakustannuksia (tumma vihreä) ja ekosysteemipalveluiden menetyksiä (vaalea vihreä) havaitaan, että vuonna 2009 sammutus- ja valvontakustannukset ovat olleet erityisen matalat suhteessa palaneeseen metsäpinta-alaan. Tämä voisi antaa aihetta epäillä, että tuona vuonna ennaltaehkäiseviin toimiin olisi voitu panostaa enemmän. Palaneen metsäalan määrä oli 95,62, palojen määrä 29, ja keskimääräinen palanut ala paloa kohti 3,31 hehtaaria, kun tyypillisesti muina tarkastelujakson vuosina keskimääräinen palanut ala paloa kohti ollut alle 1 hehtaari. Vuoden 2009 epätyypillisyyden selittänee yksi metsäpalo, joka sammutustöiden alkaessa oli jo 20 hehtaarin laajuinen, ja ennen palon sammumista, palo ennätti levitä 90 hehtaarin laajuiseksi. Vertailun vuoksi mainittakoon, että kaikki muut metsäpalot tarkastelujaksolla (noin 270 kpl) ovat jääneet laajuudeltaan alle 15 hehtaarin. Tuon suuren metsäpalon sammutukseen kului yhteensä noin 740 työtuntia ja keskimääräinen kirjattu työskentelyaika/kirjaus oli noin 11 tuntia (sisältää perustuntikirjauksia ja ylityötuntikirjauksia). Vertailun vuoksi keskimäärin kaikissa tarkastelujakson metsäpaloissa kirjattu työskentelyaika/hlö/palo on ollut alle 4 tuntia.

Kuviossa 4.1 näkyy sääolojen merkitys. Sateinen kesä 2012 erottuu selvästi molempien kustannustekijöiden (sammutus + valvonta) pienuuden kautta ja myös pienenä metsä-

paloalana ja ekosysteemipalveluiden menetyksinä. Tarkemmin tämä näkyy kuviossa 4.2, joka esittää palojen määrää ja alaa sekä valvonta- ja sammutuskustannukset / palanut ha. Sateinen vuosi 2012 näkyy kuvassa palojen vähäisyyden (määrä ja hehtaari) suhteen että valvontalentojen suurien kustannusten palanutta hehtaaria kohti suhteen. Sen sijaan kustannukset olivat vakiotasolla, kun niitä tarkastellaan metsäpalojen määrän suhteen. Vuonna 2012 hellepäiviä oli Suomessa keskimääräistä vähemmän ja Suomen itäosissa oli viileämpää. Lisäksi metsäpaloriskiä laskivat runsaat sateet Pohjois-Karjalassa. Myös ukkosia oli tavanomaisia määriä huomattavasti vähemmän, mikä vähensi sekä metsäpalojen määriä että valvontalentojen tarvetta. (Ilmatieteenlaitos 2012)



Kuvio 4.2. Metsäpalojen määrä, palanut metsäala sekä valvontakustannukset paloa kohti ja palanutta hehtaaria kohti.

Tarkastelujakson eri vuosien arvioidut puuntuotannon menetykset ovat suurimmillaan (vuonna 2009) olleet joitakin satoja tuhansia euroja (alle 400 000 €). Hiilensidontaan liittyvät menetykset on suurimpana palovuonna (2009) arvioitu alle 100 000 €:n arvoiseksi. Koska tarkastelujakson vuodet ovat hyvin samantyyppisiä ja vuoden 2009 erillaisuus selittynee pitkälti yhdellä suurella metsäpalolla, ei tämän aineiston avulla voida tehdä luotettavia päätelmiä siitä, paljonko ovat ennaltaehkäisyn ja sammutuksen vuoksi säästyneet vahingot ja kustannukset. Aineisto ei myöskään riitä siihen, että voisimme arvioida, miten metsäpalojen haitat kehittyvät metsäpalon laajuuden kasvaessa.

5 VERTAILUA KARJALAN TASAVALTAAN

Tässä luvussa vertaillaan pääpiirteittäin metsäpaloja ja niiden vahinkoja sekä kustannuksia Pohjois-Karjalassa ja Karjalan tasavallassa. Esimerkiksi metsäpalojen taloudelliset vahingot eivät ole aivan samalla tavalla laskettu. Venäjän tapauksessa esim. puuntuotannon menetykset on laskettu paljon tarkemmin, mikä onkin järkevää, kun kyse on suuremmista alueista. Suomen tapauksessa virheet ovat pienempää suuruusluokkaa, vaikka laskentaperusteet eivät ole niin tarkat.

Karjalan tasavallassa metsiä on 15 miljoonaa hehtaaria, ja metsät ovat Venäjän valtion omistamia. Valtio jakaa erillisten hakemusten perusteella metsänkäyttölupia, joten metsien käyttö ei ole yhtä intensiivistä kuin Suomessa. Vähemmän intensiivisen metsätalouden harjoittamisen myötä metsäkuviot ovat suurempia kuin Suomessa, mikä mahdollistaa Suomen metsäpaloja laajemmat palot. Palontorjuntakeinoina Karjalan tasavallassa on käytössä ainakin palokujat leviämisen estämiseksi ja kulotusten käyttö palokuormien vähentämiseksi (Petrov 2014).

Metsäpaloja Karjalan tasavallassa valvotaan 14,5 miljoonan hehtaarin alueella, eli lähes koko metsäpinta-alalla, joko ilmasta tai maasta vesistöreittejä, metsäteitä ja muita mahdollisuuksia hyväksikäyttäen. Ilmavalvonnan ja maavalvonnan osuudet ovat lähes yhtä suuret. Tarvittaessa ilmasta pudotetaan laskuvarjoilla varustettuja palontorjujia. Viime vuosina Karjalan tasavallassa on investoitu metsäpalojen valvontaan ja torjuntaan. Korkeille paikoille on asennettu valvontakameroita, jotka välittävät kuvia reaaliajassa paikallisiin valvontakeskuksiin. Lisäksi perustettiin viisi uutta metsäpalojen torjuntayksikköä ja hankittiin erikoislaitteistoa, joihin investoitiin yhteensä noin 3,9 miljoonaa euroa.

Taulukko 5.1 esittää Karjalan tasavallassa tilastoitujen palojen määrän, paloalan koon ja keskimääräisen vuosittaisen palokohtaisen paloalan. Lisäksi taulukossa on kuvattu metsäpalojen aiheuttamat rahalliset vahingot. Karjalan tasavallassa palojen lukumäärä on vuosina 2009-2012 vaihdellut 55 (2012) ja 537 (2011) välillä. Yhteenlaskettu paloala on ollut 2009-2012 pienimmillään 206 ha (2012) ja suurimmillaan 6156 ha (2010), ja keskimääräinen paloala on vaihdellut 3,7 ha:n (2012) ja 13,4 ha:n (2010) välillä (Virallinen Karjala 2010, 2011, 2012). Verrattuna Pohjois-Karjalan keskimääräisiin paloalojen vaihteluihin vuosina 2009-13 (0,2-3,3 ha, taulukko 3.3), Karjalan tasavallassa keskimääräiset paloalat ovat viime vuosina olleet huomattavasti suurempia.

Taulukossa 5.1 lasketut metsäpalovahingot eli metsäpalojen haittakustannukset sisältävät puuntuotannon menetyksen keski-ikäisissä ja sitä vanhemmissa metsissä, haitan nuorille puille (luonnollista tai keinoalkuperää) ja metsän muille kuin puuntuotantorresursseille, palojen sammutuskustannukset, palon myötä palaneiden tuotteiden kustannukset ja palaneen metsäalan siistimiskustannukset, sekä lisäksi ekosysteemipalveluihin liittyvät kustannukset, joihin sisältyvät maanparannukseen, vesiensuojeluun ja muihin ympäristöfunktioihin liittyvien toimien vähentyminen, ilmanlaadun heikkeneminen, haitat (uhanalaisille) eliöille sekä muut haitat. Laskelmien taustatietoina ovat palaneen alan koko ja sijainti, pääpuulaji ja tiheys. Puuntuotannon menetys on määritetty palotyyppin, intensiivisyyden sekä metsikön tietojen perusteella. Kasvavien puiden vauriot palosta johtuen ottivat huomioon istutuskustannukset, palon intensiteetin sekä metsikön iän. Ympäristötoimintojen vähenemiseen liittyvä haitta laskettiin käyttämällä arvioitua tekijää, joka kuvaa metsän ekologista tärkeyttä. Ilmanlaadun heikkeneminen laskettiin metsän palamisessa syntyvien palamistuotteiden perusteella, kuten hään, hiilivedyn, typen oksidien ja kiintoaineiden määrän perusteella (Petrov 2014).

Taulukko 5.1. Karjalan tasavallan palotilastoja 2009–2012 (Virallinen Karjala 2010, 2011, 2012), metsäpalojen kustannukset yhteensä sekä €/ha.

Vuosi	Metsäpalojen määrä	Metsäpalojen paloala (ha)	Keskimääräinen paloala (ha)	Metsäpalojen kustannukset (M€)	Metsäpalojen kustannukset (€/ palanut ha)
2009	176	1 553	7,4	118,4 MRUB / 2,5 M€	1 633
2010	461	6 156	13,4	495,7 MRUB / 10,6 M€	1 725
2011	537	5 300	7,6	484,6 MRUB / 10,4 M€	1 959
2012	55	206	3,7	13,2 MRUB / 0,3 M€	1 373

*Valuuttakurssi 1 € = 46,6685 RUB, 9.6.2014 (EKP 2014)

Vaikka Pohjois-Karjalan metsäpalojen aiheuttamista ekosysteemipalveluhaitoista ei tehty yhtä tarkkoja laskelmia kuin Venäjän Karjalassa, taulukkoon 5.2 on suurpiirteistä vertailua varten koottu mahdollisimman vastaavat luvut Pohjois-Karjalasta. Pohjois-Karjalan metsäpalojen kustannuksiksi on laskettu puuntuotannon ja hiilensidonnan menetykset sammutuskustannukset sekä valvontakustannukset.

Taulukko 5.2. Pohjois-Karjalan maakunnan palotilastoja 2009–2012 ja metsäpalojen kustannuksia (arvioidut ekosysteemihaitat, sammutuskustannukset, valvontakustannukset) yhteensä ja hehtaaria kohti.

Vuosi	Metsäpalojen määrä	Metsäpalojen paloala (ha)	Keskimääräinen paloala (ha)	Metsäpalojen kustannukset (1000 €/ha)	Metsäpalojen kustannukset (€/ palanut ha)
2009	29	96	3,3	567	5907
2010	104	88	0,9	619	7039
2011	69	56	0,8	427	7589
2012	14	3	0,2	40	1 2610

Taulukoiden 5.1 ja 5.2 vertailu osoittaa suuria eroja Pohjois-Karjalan maakunnan ja Venäjän Karjalan välillä palojen määrässä ja paloalan laajuudessa. Esimerkiksi vuonna 2010 Karjalan tasavallassa metsäpaloja oli 461, kun samana vuonna Pohjois-Karjalassa tilastoitiin 98 paloa. Vuonna 2011 Karjalassa metsäpaloja oli 537, ja Pohjois-Karjalassa 69. Pohjois-Karjalassa on metsäpinta-alaa noin 1,6 miljoonaa hehtaaria ja Karjalan tasavallassa 15 miljoonaa hehtaaria. Vuosittain palaneen alan osuudet kokonaismetsäalasta ovat molemmilla alueilla suunnilleen samat (0,01 - 0,04 %). Vuosittaiset keskimääräiset palopinta-alat yhtä metsäpaloa kohti ovat kuitenkin eri suuruusluokkaa. Vuonna 2010 keskimääräinen paloala Karjalan tasavallassa oli 13,4 ha yhtä metsäpaloa kohden. Vastaava luku Pohjois-Karjalassa oli 0,9 ha. Vuonna 2011 keskimääräinen paloala Karjalassa oli 7,6 hehtaaria, kun Pohjois-Karjalassa keskimääräinen paloala oli 0,8 hehtaaria. Kaikkiaan metsäpalovahinkoja Karjalan tasavallassa aiheutui 6 156 hehtaaria vuonna 2010 ja vuonna 2011 5 300 hehtaaria, kun vastaavat luvut olivat Pohjois-Karjalassa 88 ja 56.

Edellisessä luvussa (4.3) esitetyt Pohjois-Karjalan tarkastelujakson (2009-13) eri vuosien arvioidut puuntuotannon menetykset ovat suurimmillaankin (vuonna 2009) vain joitakin satoja tuhansia euroja. Hiilinielun menetykset ovat suurimpanakin palovuotena (2009) arvioitu alle 100 000 €:n arvoiseksi. Kun näihin lisätään palojen sammutuskustannukset sekä valvontakustannukset (taulukko 5.2) metsäpalojen kustannukset vaihtelevat tarkasteltuina vuosina (2009-12) 40 ja 619 tuhannen euron välillä vuosittain. Taulukkojen 5.1 ja 5.2 vertailu osoittaa, että vaikka Venäjällä metsäpalojen yhteenlasketut kustannukset (ekosysteemipalveluhaitat ja sammutuskustannukset) ovatkin noin kymmenkertaiset Pohjois-Karjalaan verrattuna, niin kustannukset palanutta hehtaaria kohden nousevat 3,6-9,2-kertaisiksi.

Pohjois-Karjalassa lennetään valvontalentoja kerran tai kahdesti päivässä kattaen koko metsäpinta-alan, kun metsäpaloindeksi on kohonnut riittävän korkeaksi, minkä vuoksi metsäpalot havaitaan nopeasti eivätkä palot ehdi levitä merkittävästi. Karjalan tasavallassa taas lentovalvontaa suoritetaan noin puolella metsäpinta-alasta.

Suomen metsäala on tasaikäisen metsänkasvatuksen johdosta muuttunut tasaisen peitteisestä kuviomaiseksi, mikä on hillinnyt laajojen metsäpalojen syntymistä ja leviämistä. Vastaavasti Venäjällä metsät ovat tasaisen peitteisiä, mikä on metsäpalon leviämisen kannalta suotuisampi ympäristö. Suomen metsätieverkosto on tiheä, jonka vuoksi palontorjijien palopaikalle pääsy on nopeaa ja metsätieverkosto ohjaa ja estää palon leviämistä. Venäjällä metsätieverkosto on harvempi, mikä mahdollistaa metsäpalojen leviämisen laajemmalle alueelle. Metsätieverkoston laajuuden vuoksi suomalaisten harjoittama ns. passiivinen valvonta on yleistä, ja kansalaiset ovat olleet aktiivisia ilmoittamaan metsäpaloista. Venäjällä palotorjunta keskittyy yhdelle organisaatiolle, kun taas Suomessa on mahdollista usean eri viranomaisen ja tahon yhteistyö metsäpalon sammuttamisessa.

6 YHTEENVETOA JA SUOSITUKSIA

MULTIEFFORT-hankkeen yleinen tavoite oli elämänlaadun parantaminen kohteena olevilla alueilla (Pohjois-Karjala ja Karjalan tasavalta). Tässä työssä tavoitteeseen pyrittiin vastaamaan kartoittamalla metsäpalojen aiheuttamia kustannuksia, niin suorina sammutuskustannuksina, ennaltaehkäisykustannuksina, havainnointikustannuksina kuin ekosysteemipalveluhaittoina, jotka arvioitiin rahamääräisesti vuositasona hyvin suurpiirteisesti kahden ekosysteemipalvelun osalta (hiilensidonta ja puu), jotta saataisiin suuntaa-antava kuva ekosysteemipalveluihin liittyvistä haitoista.

Pohjois-Karjalan osalta metsäpalojen kustannuksia vertaillaan vastaaviin arvioihin Karjalan tasavallasta. Pohjois-Karjalan osalta ekosysteemipalveluvaikutusten kustannukset on arvioitu huomattavasti epätarkemmalla tavalla kuin Karjalan tasavallan osalta, jossa otettiin huomioon palaneen alueen puusto ja palon intensiteetti (eli kuinka pahoin alue on palanut). Pohjois-Karjalan osalta käytettiin keskimääräisen pohjoiskarjalaisen metsän tietoja ja oletettiin kaiken palaneen kokonaan. Tämä on kuitenkin Pohjois-Karjalassa hyvin harvinaista, sillä palot harvoin ehtivät kehittyä laajoiksi ja intensiivisiksi, mikä johtuu pitkälti tehokkaasta valvonnasta ja sammutuksesta. Siinä mielessä ekosysteemipalveluille arvioidut haitat lienevät yliarvioituja Pohjois-Karjalan osalta, mutta toisaalta kaikkia ekosysteemivaikutuksia, esimerkiksi palojen positiivisia vaikutuksia monimuotoisuuteen, ei huomioitu rahamääräisissä tarkasteluissa lainkaan. Koska palopinta-alat ovat Pohjois-Karjalassa huomattavasti pienemmät – noin kymmenesosa Karjalan tasavallan vuosittain palaneista aloista – mahdolliset metsikön yleistyksistä koituvat virheet ovat kokoluokaltaan huomattavasti pienempiä. Tämän työn tavoitteiden kannalta suuntaa-antava kuvaileva analyysi katsottiin riittäväksi.

Pohjois-Karjalassa on metsäpinta-alaa noin 1,6 miljoonaa hehtaaria ja Karjalan tasavallassa 15 miljoonaa hehtaaria. Vuosittain palaneen alan osuudet kokonaismetsäalasta ovat molemmilla alueilla suunnilleen samat (0,01 - 0,04 %). Pohjois-Karjalassa metsäpaloista aiheutuvat vuosittaiset kustannukset ovat sadoissa tuhansissa euroissa, kun taas Venäjän Karjalassa kustannukset ovat useita miljoonia euroja vuosittain. Erojen syynä ovat paitsi valvonnan ja sammutuskaluston erot, myös metsiin liittyvät erot. Suomessa on metsäautoteiden ja kuvioittaisen metsänhoidon seurauksena pirstaleisempi metsäala, joka estää palojen syttymistä ja leviämistä ja nopeuttaa palojen sammutusta.

Metsäpalojen torjunnan merkitys korostuu lähinnä eri toimijoiden yhteistyön koodinointina. Informaation kulku on keskeinen tähän liittyvä asia. Uusimpien tutkimustulosten saattaminen käytännön toimijoiden käyttöön esimerkiksi eri metsätyyppien sytymisherkkydestä, paloriskeistä, ja palon leviämisestä on osa yhteistyötä. Tämän lisäksi varsinaiseen käytännön työhön, eli ennaltaehkäisyyn ja sammutukseen osallistuu monia eri tahoja Suomessa. Metsäpalojen tehokas torjunta ja hallinta ovat pitkälti useiden tahojen onnistuneen yhteistyön tulosta.

Metsäpalojen kustannukset kohdentuvat eri tahoille yhteiskunnassa. Ennaltaehkäisykustannukset ja sammutuskustannukset tulevat suurelta osin valtiolle, kun taas menetety puuston osalta metsäpalojen haitat kantaa metsänomistaja, joskin vakuutusten avulla voidaan varautua kustannuksiin. Muiden ekosysteemipalveluiden osalta metsäpalojen kustannukset ja toisaalta palojen torjunnan tuotot (säästyneet ekosysteemipalvelut) jakautuvat yli koko kansantalouden. Esimerkiksi virkistys-, marjastus- ja maisemavaikutukset kohdentuvat lähinnä paikallisiin asukkaisiin, kun taas monimuotoisuus- ja hiilensidontavaikutukset voidaan katsoa jopa globaaleiksi.

Tässä työssä kuvattiin myös mahdollisia mallinnustapoja metsäpalojen torjunnan optimaalisen tason selvittämiseksi. C+NVC-mallia on sovellettu esimerkiksi Yhdysvalloissa erilaisiin palontorjuntaan ja -hallintaan ja ekosysteemipalveluihin liittyviin kysymyksiin. Mallilla voitaisiin esimerkiksi tarkastella, ovatko palontorjunnan resurssit tehokkaalla tasolla taloudellisesta näkökulmasta. Optimaalinen palontorjunnan taso, kun ekosysteemipalveluiden tuotantoa haluttaisiin maksimoida, ei luultavasti olisi se taso, jossa palot ovat minimissään. Suomessa metsäpalojen aiheuttamat kustannukset (valvontalennot, sammutuskustannukset) ovat verrattain pienet johtuen osittain pirstaleisesta metsäalasta, joten viranomaiskäyttöön tarvittavaa mallinnusta palojen torjunnan optimaalisesta tasosta ei ehkä tässä vaiheessa tarvita. Kustannusten jäsentäminen sekä mahdollisuuksien mukaan palontorjunnan tuottojen arviointi on kuitenkin olennaista sekä ekosysteemipalveluiden että paikallisten ihmisten kannalta.

Tässä työssä toteutettu kustannusten luokittelu kustannuselementeittäin ja ekosysteemipalveluittain, seuraten kansainvälistä ekosysteemipalveluiden luokittelutapaa ja olemassa olevaa palontorjunnan jaottelua, auttaa hahmottamaan metsäpaloihin ja niiden torjuntaan liittyviä taloudellisia näkökulmia. Kustannusanalyysi osoittaa, että useiden ekosysteemipalveluiden osalta kustannuksia ei pystytä arvioimaan luotettavasti johtuen rahanmääräisen tiedon puutteesta tai ekologisten vaikutusten määrittelemättömyydestä. Lisäksi ekosysteemipalveluiden osalta erityisesti säästyneiden kustannusten (eli palontorjunnan tuottojen) arviointi on melko monimutkaista, esimerkiksi se, miten paljon metsäalaa tai ekosysteemipalveluita säästynee tehokkaan sammutuksen seurauksena.

Mallia ei ole ehkä mielekästä soveltaa suoraan Suomen oloihin. Varsinaista ennaltaehkäisytyötä ei ole, koska kulotusta harjoitetaan vain vähän. Tienvieruskylttien kustannukset ja metsäpalovaroitusten julkaisukaan ei ole kovin kallista, mutta toisaalta floridalais-tutkimuksessa niiden on todettu olevan hyvin tehokas panostus metsäpalon haittojen pienentämiseksi. Ennaltaehkäisevä työ metsäpalojen torjunnassa on tärkeää. Tiedotus- ja varoitustoiminnan lisäksi lentovalvonta on Suomessa merkittävässä roolissa metsäpalovahinkojen vähentämisessä. Lisäksi Suomessa paloon varautumiskustannuksia sisältyy tavanomaisiin metsänhoitotoimenpiteisiin, joten joissain tapauksissa varautumiskustannusten määrittely ja erottaminen muista metsänhoitotoimenpiteistä voi olla haastavaa. Yleisesti Suomessa metsäpalojen ehkäisevälle työlle (esimerkiksi paloainesten harkitulle polttamiselle) ei liene tarvetta, koska perinteisillä metsänhoitotoimenpiteillä pystytään ennaltaehkäisemään laajojen palojen syntyminen ja leviäminen.

Markkinahyödykkeiden lisäksi markkinattomat ekosysteemipalvelut vaikuttavat kansalaisten metsistä saatavaan hyvinvointiin. Tässä työssä pyrittiin ottamaan mahdollisimman hyvin huomioon myös markkinattomia hyödykkeitä, vaikka rahamääräiset vaikutukset otettiin huomioon esimerkin omaisesti vain hiilensidonnan osalta ja yhden vuoden perspektiivillä. Palovahinkojen ja ekosysteemipalveluvaikutusten osalta kyse on nimenomaan nettovaikutuksesta ajassa. Toiset ekosysteemipalvelut hyötyvät metsäpaloista, toisille koituu haittaa. Esimerkiksi metsäpalojen positiivisen vaikutuksen biodiversiteettiin voisi ottaa tarkempaan tarkasteluun ja arvioida tarkemmin palojen torjunnan ja -hallinnan tehokasta tasoa esimerkiksi suojelualueilla. Tarkasteltaessa eri ekosysteemipalveluita suhteessa palontorjunnan tasoon on olennaista ottaa huomioon myös se, kenelle hyödyt tai haitat palontorjunnasta ja metsäpaloista koituvat.

KIRJALLISUUS

- Agee, J. K., Skinner, C. N. 2005. Basic principles of forest fuel management *Forest Ecology and Management* 211: 83-96.
- Ahti, T. 1959. Studies on the caribou lichen stands of New Foundland. *Ann. Bot. Soc. "Vanamo"* 30.4. 44s.
- Alberini, A., Ščasný, M. 2010. Does the Cause of Death Matter? The Effect of Dread, Controllability, Exposure and Latency on the Vsl. *Fondazione Eni Enrico Mattei Working Papers*. Paper 527. <http://www.bepress.com/feem/paper527>.
- Althaus, I.A., Mills, T.J. 1982. Resource values in analyzing fire management programs for economic efficiency. *USDA Forest Service*. 9 p.
- Burton, P.J., Messier, C., Smith, D.W., ja Adamowicz, W.L. (toim.) 2003. *Towards sustainable management of the boreal forest*. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada. 1039 s.
- Donovan, G.H., Rideout, D.B. 2003. A reformulation of the cost plus net value change (C+NVC) model of wildfire economics. *Forest Science* 49(2):318–323.
- Donovan, G.F., Brown, T.C. 2005. An alternative incentive structure for wildlife management on national forest land. *Forest Science* 51(5): 387-395.
- Downing, T., Anthoff, D., Butterfield, R., Ceronsky, M., Grubb, M., Guo, J., Hepburn, C., Hope, C., Hunt, A., Li, A., Markandya, A., Moss, S., Nyong, A., Tol, R. & Watkiss, P. 2005. *Social Cost of Carbon: A Closer Look at Uncertainty*. Final Project Report November 2005. Swedish Environmental Institute.
- EKP, 2014. Saatavilla:
[http://www.suomenpankki.fi/fi/tilastot/valuuttakurssit/valuuttakurssit_\(EKP\)/Pages/default.aspx](http://www.suomenpankki.fi/fi/tilastot/valuuttakurssit/valuuttakurssit_(EKP)/Pages/default.aspx)
- FAO, 2006. *Fire management – global assessment 2006*. FAO Forestry paper 151.
- Fried, J.S., Winter, G.J., Gilles, J.K. 1999. Assessing the benefits of reducing fire risk in the wildland-urban interface: A contingent valuation approach. *International Journal of Wildland Fire* 9(1): 9-20.
- Gonzales-Caban, A. 2007. *Wildland Fire Management Policy and Fire Management Economic Efficiency in the USDA Forest Service*. IV International Wildland Fire Conference: 13-17 May 2007, Seville, Spain.
- Gynther, L., Tervonen, J., Hippinen, I., Lovén, K., Salmi, J., Soares, J., Torkkeli, S. & Tikka, T., 2012. *Liikenteen päästökustannukset. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 23/2012*, Helsinki.

- Haltia, E., Holm, P., Hämäläinen, K. 2012. Kaivostoiminnan taloudellisten hyötyjen ja ympäristö- ja hyvinvointivaikutusten arvottaminen. PTT työpapereita 138. Helsinki.
- Heikkilä, T. 2013. Metsäpalojen torjunta Suomessa. Metsäpalot ja niiden torjunta Pohjois-Karjalassa ja Karjalan tasavallassa –seminaari.
- Hietala J, Alhola K, Horne P, Karvosenoja N, Kauppi S, Kosenius AK, Paunu VV, Sepälä J. 2014. Kaivostoiminnan taloudellisten hyötyjen ja ympäristöhaittojen rahanmääräinen arvottaminen. PTT Raportteja 245. Pellervon taloustutkimus, Helsinki 2014. 168 p.
- Hurley, F., Hunt, A., Cowie, H., Holland, M., Miller, B., Pye, S., Watkiss, P. 2005. Service Contract for Carrying out Cost-Benefit Analysis of Air Quality Related Issues, in particular in the Clean Air for Europe (CAFE) Programme. Methodology for the Cost-Benefit analysis for CAFE: Volume 2: Health Impact Assessment.
- Husari, S.J., McKelvey, K.S. 1996. Fire Management policies and programs. Sierra Nevada Ecosystem Project: Final report to Congress, vol. II, Assessments and scientific basis for management options. Davis: University of California, Centers for Water and Wildland Resources, 1996.
- Ilmatieteenlaitos. 2012. Kesällä 2012 hellepäiviä selvästi tavanomaista vähemmän. Haettu 15.8.2014.
- Kerkelä, L. 2013. Taloustieteellinen näkökulma metsäpaloihin. Metsäpalot ja niiden torjunta Pohjois-Karjalassa ja Karjalan tasavallassa –seminaari.
- Kinnunen, J. 2014. Palomestari, Etelä-Karjalan pelastuslaitos. Henkilökohtainen tiedonanto. 30.6.2014.
- Kniivilä, M., Horne, P., Hytönen, M., Jäppinen, J-P., Naskali, A., Primmer, E., Rinne, J. 2011. Monia hyötyjä metsistä – ekosysteemipalveluiden yhteistuotanto ja tuoteistaminen. PTT Raportteja 227. Pellervon taloustutkimus, Helsinki.
- Kochi, I., Champ, P.A., Loomis, J.B., Donovan, G.H. 2012. Valuing mortality impacts of smoke exposure from major southern California wildfires. *Journal of Forest Economics* 18:61-75.
- Kosenius, AK, Haltia, E., Horne, P., Kniivilä, M. & Saastamoinen, O. 2013. Value of ecosystem services? Examples and experiences on forests, peatlands, agricultural lands, and freshwaters in Finland. PTT Raportteja 244. Pellervon taloustutkimus, Helsinki 2013. 100 s.
- Kurttila, P. 2014. Henkilökohtainen tiedonanto. 27.5.2014. Pelastusylitarkastaja, Pohjois-Suomen aluehallintovirasto.

- Larjavaara, M., Kuuluvainen, T., Rita, H. 2005. Spatial distribution of lightning-ignited forest fires in Finland. *Forest ecology and management* 208:177-188.
- Lehikoinen, K. 2013. Metsäpalot Pohjois-Karjalassa. Metsäpalot ja niiden torjunta Pohjois-Karjalassa ja Karjalan tasavallassa –seminaari.
- Leinonen, V. 2013. Metsäpalojen torjunta käytännössä Pohjois-Karjalassa. Metsäpalot ja niiden torjunta Pohjois-Karjalassa ja Karjalan tasavallassa –seminaari.
- Lindberg, H. 2013. Metsäpalot Suomessa: trendit ja merkitys. Metsäpalot ja niiden torjunta Pohjois-Karjalassa ja Karjalan tasavallassa –seminaari.
- Lindberg, H., Heikkilä, T.V., Vanha-Majamaa, I. 2011. Suomen metsien paloainekset –kohti parempaa tulen hallintaa, Vantaa, 104 s.
- Loomis, J., Gonzales-Caban, A. 1998. A willingness-to-pay function for protecting acres of spotted owl habitat from fire. *Ecological Economics* 25:315-322.
- Loomis, J. Gonzalez-Caban, A., Englin, J. 2001. Testing Differential Effects of Forest Fires on Hiking and Mountain Biking Demand and Benefits. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 26(2):508-522.
- Loomis, J. 2004. Do nearby forest fires cause a reduction in residential property values? *Journal of Forest Economics*, 10: 149–157.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment) 2005. *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC. 137 s.
- Mavsar, R., Gonzalez-Caban, A., Farreras, V. 2010. The Importance of Economics in Fire Management Programmes Analysis. Towards Integrated Fire Management – Outcomes of the European Project Fire Paradox. European Forest Institute.
- Mavsar, R., Japelj, A., Kovac, M. 2013. Trade-offs between fire prevention and provision of ecosystem services in Slovenia. *Forest Policy and Economics* 29:62-69.
- Mercer, D.E., Prestemon, J.P., Butry, D.T., Pye, J.M. 2007. Evaluating alternative prescribed burning policies to reduce net economic damages from wildfire. *American Journal of Agricultural Economics* 89(1): 63-77.
- Metsäntutkimuslaitos 2014. Valtakunnan metsien inventointi. Metinfo. Saatavissa: <http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/etusivu.htm>
- Metsätilastollinen vuosikirja 2011. Metsäntutkimuslaitos.
- Metsätilastollinen vuosikirja 2012. Metsäntutkimuslaitos.
- Metsätilastollinen vuosikirja 2013. Metsäntutkimuslaitos.
- MMM 2013. Maa- ja metsätalousministeriön asetus vuoden 2013 metsänhoitomaksun perusteesta. Asetus 529/2013.

- Orru, H., Teinemaa, E., Lai, T., Tamm, T., Kaasik, M., Kimmel, V., Kangur, K., Merisalu, E., Forsberg, B. 2009. Health impact assessment of particulate pollution in Tallinn using fine spatial resolution and modeling techniques. *Environmental Health* 8:7. doi:10.1186/1476-069X-8-7.
- Pelastustoimen taskutilasto 2009-2013. Pelastusopiston julkaisu, D-sarja, Muut 1/2014. Pelastusopisto.
- Perkiö, R. Puustinen, M. ja Similä, M. 2011. Kangasmetsien ennallistaminen - Poltto. Teoksessa Similä, M. & Junninen, K. (toim.) Metsien ennallistamisen ja luonnonhoidon opas. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja Sarja B 157. s. 30-45.
- Petrov, N. 2014. Henkilökohtainen tiedonanto. 22.8.2014.
- Pirskanen, S. 2014. Pohjois-Suomen aluehallintovirasto. Henkilökohtainen tiedonanto. 29.9.2014.
- Prestemon, J.P., Butry, D.T., Abt, K.L., Sutphen, R. 2009. Net benefits of wildfire prevention education efforts. *Forest Science* 56(2): 181-192.
- Pronto tietokanta. 2014. Saatavilla: http://www.pelastusopisto.fi/fi/tutkimus-ja_tietopalvelut/tutkimus-ja_kehittamispalvelut/tilastot_Pronto
- Punttila, P. 2011. Kekomuurahaiset ja ennallistamispolto. Tietolaatikko 11, teoksessa Similä, M. & Junninen, K. (toim.) Metsien ennallistamisen ja luonnonhoidon opas. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja Sarja B 157. s.48-49.
- Rauste, Y. 2013. Metsäpalojen havainnointi satelliittikuvien avulla. Metsäpalot ja niiden torjunta Pohjois-Karjalassa ja Karjalan tasavallassa –seminaari.
- Rehu, V., Junninen, K. ja Kouki, J. 2011. Polton ja pienaukotuksen vaikutus puiden taimettumiseen. Tietolaatikko 9 teoksessa. Similä, M. & Junninen, K. (toim.) Metsien ennallistamisen ja luonnonhoidon opas. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja Sarja B 157. s.46
- Saastamoinen, O., Matero, J., Horne, P., Kniivilä, M., Haltia, E. Mannerkoski, H., Vaara, M., 2014a. Classification of boreal forest ecosystem goods and services in Finland. Publications of the University of Eastern Finland, Reports and Studies in Forestry and Natural Sciences. No 16. University of Eastern Finland. 97 p.
- Saastamoinen, O., Vaara, M, Alahuhta, J. Arovuori, K., Horne, P., Kniivilä, M., Koskenius, AK. 2014b. Integrated and expanded CICES-classification of boreal forest, agro-, peatland and freshwater ecosystem services in Finland and its policy relevance. Käsikirjoitus.

- Rodriquez y Silva, F., González-Cabán, A. 2010. 'SINAMI': a tool for the economic evaluation of forest fire management programs in Mediterranean ecosystems. *International Journal of Wildland Fire* 19: 927–936.
- Similä, M. & Junninen, K. (toim.) 2011. Metsien ennallistamisen ja luonnonhoidon opas. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja Sarja B 157.
- Tanskanen, H. 2007. Fuel conditions and fire behavior characteristics of managed *Picea abies* and *Pinus sylvestris* forests in Finland. Helsingin yliopisto. *Dissertationes Forestales*.
- Toivanen, T. 2011. Metsäpalojen merkitys kovakuoriaisille. Tietolaatikko 10, teoksessa: Similä, M. & Junninen, K. (toim.) *Metsien ennallistamisen ja luonnonhoidon opas. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja Sarja B 157. s.47*
- Tukia, H., Hokkanen, M., Jaakkola, S., Kallonen, S., Kurikka, T., Leivo, A., Lindholm, T., Suikki, A. & Virolainen, E. 2003. Metsien ennallistamisopas. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja Sarja B No 57.
- Vainio, T. 2014. Henkilökohtainen tiedonanto. 17.6.2014. Pelastusylitarkastaja, Sisäasiainministeriö.
- Vanha-Majamaa, I., Gromtsev, A., & Lindberg H. 2015 Metsäpalojen merkitys ekosysteemipalvelujen kannalta. Teoksessa Salo K. (toim.) *Metsä – monikäyttö ja ekosysteemipalvelut*.
- Varela, E., Jacobsen, J., Solino, M. 2014. Understanding the heterogeneity of social preferences for fire prevention management. *Ecological Economics* 106:91-104.
- Vehmas-Lehto, I. & Gerd, A. (toim.) 2008. *Suomalais-venäläinen metsäsanakirja*. ISBN 978-952-5118-34-6. 895s.
- Viertola, M. 2014. Palomestari, Pohjois-Karjalan pelastuslaitos. Henkilökohtainen tiedonanto. 31.7.2014.
- Virallinen Karjala – Karjalan tasavallan valtioelinten virallinen palvelin. Karjalan tasavallan sosiaalistaloudellinen kehitys 2012. Saatavissa: http://www.gov.karelia.ru/gov/Info/2012/eco_resource12a_f.html. Haettu 18.6.2014
- Virallinen Karjala – Karjalan tasavallan valtioelinten virallinen palvelin. Karjalan tasavallan sosiaalistaloudellinen kehitys 2011. Saatavissa: http://www.gov.karelia.ru/Info/2011/eco_resource11a_f.html. Haettu 5.6.2014
- Virallinen Karjala – Karjalan tasavallan valtioelinten virallinen palvelin. Karjalan tasavallan sosiaalistaloudellinen kehitys 2010. Saatavissa: http://www.gov.karelia.ru/Info/2010/eco_resource10a_f.html. Haettu 5.6.2014

- Virnes, P. 2011. Ennallistamispolttojen vaikutukset metsäkanalintujen pesintään. Tietolaatikko 13, teoksessa Similä, M. & Junninen, K. (toim.) Metsien ennallistamisen ja luonnonhoidon opas. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja Sarja B 157. s. 52.
- Wade, D.D., Lunsford, J.D. 1988. A Guide for Prescribed Fire in Southern Forests. USDA Forest Service, Southern Region. 56 p
- Wei, Y., Rideout, D. & Kirsch, A. 2008. An optimization model for locating fuel treatments across a landscape to reduce expected fire losses. *Canadian Journal of Forest Research* 38(4): 868-877.
- Wallenius, T. 2008. Menneet metsäpalot Kalevalan kankailla. Metsähallitus. 46s.

PTT julkaisuja, PTT publikationer, PTT publications

22. Hanna Karikallio. 2010. Dynamic Dividend Behaviour of Finnish Firms and Dividend Decision under Dual Income Taxation.
21. Satu Nivalainen. 2010. Essays on family migration and geographical mobility in Finland.
20. Terhi Latvala. 2009. Information, risk and trust in the food chain: Ex-ante valuation of consumer willingness to pay for beef quality information using the contingent valuation method.
19. Perttu Pyykkönen. 2006. Factors affecting farmland prices in Finland.

PTT raportteja, PTT rapporter, PTT reports

246. Holm, P. ja Kerkelä, L. 2014. Voisiko Suomi seurata Ruotsin ja Norjan esimerkkiä? Näkökohtia perintö- ja lahjaverosta sekä luovutusvoittoverosta.
245. Kerkelä, L., Lahtinen, M., Esala, L., Kosunen, A. ja Noro, K. 2014. Suomen pitkän aikavälin energia- ja ilmastopolitiikka ja teollisuuden kilpailukyky.
244. Kosenius, A.-K., Haltia, E., Horne, P., Kniivilä, M. and Saastamoinen O. 2013. Value of ecosystem services? Examples and experiences on forests, peatlands, agricultural lands, and freshwaters in Finland.
243. Jauhiainen S. 2013. Pikkukaupunkeja ja reunakuntia – Työssäkäyntialueiden ulkopuoliset kunnat kuntauudistuksessa.
242. Rinta-Kiikka, S., Pyykkönen, P., Ylätalo, M. 2013. Osakeyhtiömuotoinen maatalous Suomessa.
241. Anna-Kaisa Rämö – Paula Horne – Eeva Primmer. 2013. Yksityismetsänomistajien näkemykset metsistä saatavista hyödyistä.

PTT työpapereita, PTT diskussionsunderlag, PTT Working Papers

162. Kämäräinen, S., Rinta-Kiikka, S. ja Yrjölä, T. 2014. Maatilojen välinen yhteistyö Suomessa.
161. Kniivilä, M., Kosenius, A.-K. ja Horne, P. 2014. Luontoarvopankkien hyödyt ja haitat sekä soveltuvuus Suomeen.
160. Peltoniemi, A., Arovuori, K., Niemi, J. ja Pyykkönen, P. 2014. Lihasektorin hintarakenteet.
159. Holm, P. ja Lahtinen, M. 2014. Energia- ja ilmastopolitiikan aiheuttama kustannuspaine teollisuudelle ja kotitalouksille.
158. Pakarinen, S., Arovuori, K. and Pyykkönen, P. 2014. Kasvisten hintojen välittyminen Suomen markkinoille.
156. Alho, E., Holappa, V., Lahtinen, M., Pakarinen, S. 2014. Alueellisten asuntomarkkinoiden kehitys vuoteen 2016.
155. Arovuori, K. ja Saastamoinen O. 2013. Maatalouden ekosysteemipalveluiden luokittelu Suomessa.
154. Kniivilä, M. ja Saastamoinen O. 2013. Markkinat ekosysteemipalveluiden ohjauksen ja edistämiseksi.
151. Kniivilä, M., Mili, S., Ait El Mekki, A., Arovuori K., Ben Saïd, M., Çağatay, S., Horne, P., Kıymaz, T., Laajimi, A., Martinez-Vega, J., Pyykkönen, P., Soliman, I., Thabet, B., 2013. Kestävä maa- ja metsätalous EU:n Välimeren kumppanuusmaissa ja Turkissa: kestävyysteen vaikuttavat tekijät, indikaattorit ja haasteet.