

Suomen metsien paloainekset

– kohti parempaa tulen hallintaa

Henrik Lindberg Timo V. Heikkilä Ilkka Vanha-Majamaa

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto
Jokiniemenkuja 3 B
PL 18, 01301 VANTAA

Suomen metsien paloainekset

– kohti parempaa tulen hallintaa

Suomen metsien paloainekset

– kohti parempaa tulen hallintaa



Metsäpalon jälkiä mosaiikkimaisessa metsäluonnossa. Hyvinkää, Kytäjä.

Henrik Lindberg • Timo V. Heikkilä • Ilkka Vanha-Majamaa

Kansikuva:
Polttokoe käynnissä Evon opetusmetsässä Lammilla vuonna 2002
(kuva: Metla / Erkki Oksanen)

Takakannen pikkukuva: Metsäpaloalue Hyvinkäällä, Kytäjän kartanon mailla vuonna 2003.
(Kiitos Jukolan Pojat ry:n ilmailukerho ja Yrjö Laakkonen)
(kuva: Metla / Ilkka Vanha-Majamaa)

Valokuvat: Metla / Erkki Oksanen (ellei toisin mainita)
Taitto ja ulkoasu: Metla / Maija Heino
Kannen ulkoasu: Metla / Essi Puranen
Kuvien käsittely: Metla / Anne Siika ja Essi Puranen

Viittausohje:
Lindberg, H., Heikkilä, T.V. & Vanha-Majamaa, I. 2011. Suomen metsien paloainekset – kohti parempaa tulen hallintaa, Vantaa, 104 s.

Painatuskulut: Palosuojelurahasto

ISBN 978-951-40-2294-4

Paino: Vammalan Kirjapaino Oy 2011

Alkusanat

Suomessa metsäpalotiedot kootaan pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustietojärjestelmään (PRONTO) ja julkaistaan vuosittain Metsäntutkimuslaitoksen Metsätilastollisessa vuosikirjassa. Viime vuosina metsäpalojen lukumäärä on vaihdellut vuosittain tuhannesta lähes kolmeen tuhanteen. Metsien rakenteesta ja suhteellisen pienestä kuviokoosta sekä tehokkaasta ja hyvin toimivasta metsäpalojen valvonta- ja palontorjuntatoimista johtuen metsäpalojen pinta-ala on pieni, keskimäärin puoli hehtaaria. Vain harvoina vuosina on palanut enemmän kuin tuhat hehtaaria metsää.

Ilmastonmuutos lisää todennäköisesti kuivia kausia ja metsäpalojen riskiä. Maankäytön, metsän- ja luonnonhoidon muutokset saattavat myös kasvattaa metsäpaloriskiä mm. luonnonsuojelualueilla. Urbanisoituva yhteiskunta vaikuttaa myös kansalaisten tulenkäyttötottumuksiin. Vaikka metsäpalot eivät tällä hetkellä ole meillä kovin iso ongelma yhteiskunnallisesti, ne kuitenkin työllistävät huomattavasti pelastuslaitoksia. Viime vuosina rajantakaisten metsäpalojen savut ovat toistuvasti kulkeutuneet Suomen puolelle. Varsinkin kuivina kesinä on olemassa riski palojen leviämisestä itärajan takaa Suomeen. Metsäpalontorjunnan kansalliselle kehittämiselle on siis perusteensa.

Suomen kansantalous on pitkälti perustunut metsiimme. Metsätalousmaata on maapinta-alasta peräti 86 prosenttia, ja puuston määrä ja kasvu ovat lisääntyneet 1970-luvulta lähtien, johtuen tehokkaasta metsien hoidosta. Suomella on hyvä maine metsätalouden ja metsäntutkimuksen osaajana ja metsävaratiedon tuottajana. Muualla maailmassa metsäpalot ovat huomattavasti suurempi uhka kuin meillä ja metsäpalojen torjunta ja siihen liittyvä tutkimus merkittävimpiä tehtäviä metsäammattilaisten ja pelastusviranomaisten työkentässä. Kansainvälisissä metsäalan tehtävissä suomalaisetkin joutuvat usein tekemisiin metsäpalojen asiantuntemusta vaativien asioiden kanssa. Tämä kirja toivottavasti lisää niin metsäalan kuin metsäpalontorjunnan ammattilaisten tietämystä metsäpaloista ja metsien paloherkkyydestä.

Suomen kansallisen metsäohjelman mukaan metsäala tähtää vastuulliseksi biotalouden edelläkävijäksi. Ohjelman mukaan metsävarat ovat tärkein uudistuva luonnonvaramme, jota pyritään hoitamaan kestävästi. Metsäpaloihin liittyvissä asioissa joudutaan tasapainoilemaan taloudellisen ja ekologisen kestävyyden välillä. Metsäpaloissa tuhoutuu omaisuutta, mutta toisaalta tulella on merkityksensä metsien monimuotoisuuden säilyttämisessä. Tarvitaan hallitun tulen käytön strategiaa, jossa ekologiset tavoitteet voidaan saavuttaa vähin taloudellisin menetyksin.

Tämä kirja on osa sisäasiainministeriön pelastusosaston ja Metsäntutkimuslaitoksen 2000-luvun alussa käynnistynyttä metsäpaloyhteistyötä. Toivomme yhteistyön jatkuvan myös tulevaisuudessa ja tämän kirjan saavuttavan tavoitteensa ja hyödyttävän niin metsä- kuin pelastusalan toimijoita.

Hannu Raitio
ylijohtaja
Metsäntutkimuslaitos

Janne Koivukoski
valmiusjohtaja
sisäasiainministeriö

Esipuhe

Onko Suomessa todellinen riski suurpaloon? Miksi jokin kasvupaikka syttyy herkemmin kuin toinen? Miksi ja miten pintapalo nousee latvapaloksi? Miten sääolot ja metsikön rakenne vaikuttavat palon etenemiseen? Tämän kirjan tavoitteena on vastata näihin ja moniin muihin metsäpaloja koskeviin kysymyksiin. Tavoitteenamme on tarkastella metsiä tulen näkökulmasta. Jos salama iskisi nyt tähän, miten palo leviäisi – ja miten tuli voitaisiin ottaa hallintaan?

Kirjamme pyrkii kuvaamaan metsiemme tärkeimmät paloainekset, jakamaan ja luokittelemaan metsämme paloainestyyppeihin ja arvioimaan niiden palo- ja syttymisherkkyyttä. Esittelemämme paloherkkyysluokitus voidaan viedä osaksi metsien kuviotietoja, jolloin niitä voidaan helposti käyttää metsäpalontorjunnassa niin palojen sammuttamisen tehostamiseen kuin vaikkapa palojen sallimiseen siellä, missä ne eivät aiheuta todellista vahinkoa. Kirjan liitteenä olevan sanaston avulla pyrimme yhdenmukaistamaan metsäpaloterminologiaa.

Tämän kirjan synty on pitkän ja monivaiheisen työn tulos, johon on myötävaikuttanut lukuisa joukko pelastusalan ja metsäalan ammattilaisia. Metsäpaloyhteistyö alkoi vuonna 1999 sisäasiainministeriön pelastusosaston Harry Frelanderin aloitteesta. Heikkilä ja Vanha-Majamaa osallistuivat tuolloin pelastusosaston rahoituksella Ateenassa pidettyyn metsäpalokokoukseen. Käynnistyi tiivis yhteistyö ministeriön ja Metsäntutkimuslaitoksen (Metlan) välillä, jonka tuloksena saatiin tutkimusrahoitus Palosuojelurahastolta. Rahoituksella palkattiin projektisihteeriksi Timo Heikkilä ja tutkijoiksi Markku Larjavaara ja Heidi Tanskanen.

Metsäpalohankkeen tavoitteena oli tutkia ja selvittää Suomen metsien paloherkkyyttä ja tuottaa käytännön tietoa metsäpalojen torjunnan avuksi. Tutustuminen Ateenan kokouksessa mm. Välimeren seudulla tehtävään metsäpalotutkimukseen loi pohjan ja yhteydet osallistumiselle vuosina 2002–2008 kahteen laajaan EU-rahoitteiseen projektiin, SPREAD ja EUFIRELAB (www.eufirelab.org), Metlan johdolla, mutta yhteistyössä sisäasiainministeriön pelastusosaston ja Helsingin yliopiston Metsäekologian laitoksen kanssa. Palosuojelurahaston ja EU:n rahoitus takasivat palotutkimuksen jatkumisen ja Henrik Lindbergin palkkaamisen projektiin.

Syntyi lopulta kansallisesti laaja metsäpaloprojekti mm. Palosuojelurahaston, Metlan, Suomen Akatemian ja EU:n rahoituksella. Yhteistyöverkostoon kuuluivat Metlan ja sisäasiainministeriön pelastusosaston lisäksi mm. Helsingin ja Jyväskylän yliopistot, Ilmatieteen laitos, VTT, Metsähallitus, TAPIO, Geologian tutkimuskeskus, Hämeen ja Seinäjoen ammattikorkeakoulut sekä Pelastusopisto.

Tämän kirjan materiaali pohjautuu pääosin sisäasiainministeriön ja Metlan väliseen yhteistyöhön. Osa kirjan materiaalista perustuu koepolttoihin, joita tehtiin vuosina 2002–2003 lähes 70 kpl eri metsikkötyypeillä. Metlan ohella polttokohteita käyttöön antoivat Hämeen ammatillisen korkeakoulutuksen kuntayhtymä, UPM-Kymmene ja Metsähallitus. Stora Enso osallistui palokäytävien tekoon osalla kohteista.

Merkittävä osa kirjan materiaalia perustuu vuosina 2003–2004 tehtyihin metsien paloainesten kosteusseurantatutkimuksiin ja polttokokeisiin, jotka toteutettiin Evolla ja Kola-

rissa. Seurantojen suunnittelussa ja kehittämisessä Evolla Antti Kujalan, Tuija Toivasen ja Tomi Hulmin panos oli korvaamaton. Kolarissa kokeista vastasi Heikki Kauhanen. Ari Venäläinen ja Juha Tuomola Ilmatieteen laitokselta osallistuivat hankkeen sääaineistojen keruuseen ja metsäpaloindeksikysymysten arviointiin.

Metsikköjen koepoltot vaativat runsaasti työvoimaa. Evon ja Vesijaon ympäristössä Markku Larjavaara ja Heidi Tanskanen vastasivat paljolti polttojen järjestelyistä ja mittauksista ja Timo Heikkilä polttojen toteuttamisesta sekä niiden turvajärjestelyistä. Polttoihin osallistuivat mm. Olli Aaltonen, Timo Haapakoski, Keijo Leppänen, Hanne Liukko, Kauko Mäkipää, Markku Pastila, Pauli Pihlajamäki, Taneli Salonen, Anni Uusi-Kuitti ja Erkki Virtanen. Etenkin Antti Jäämaan johtaman Lammin tuolloisen palokunnan ja Pekka Helmisen osuus oli ratkaiseva. Kolarissa turvatoimista vastasivat Kolarin ja Kittilän palokunta. Kolarin polttoihin ja niihin liittyviin tutkimuksiin osallistuivat käytännössä lähes koko Kolarin tuolloisen tutkimusaseman henkilökunta: H. Kauhasen ohella Mika Akkanen, Kauko Havela, Irma Heikkilä, Jari Hietanen, Noora Hänninen, Reijo Kallunki, Anneli Kurkkio, Ahti Metsävainio, Ilpo Mäki, Arvo Mänty, Arvo Mäntyranta, Kimmo Nenämaa, Rauno Ovaskainen, Jouni Unga, Kuisma Ranta, Reijo Rauniomaa, Veijo Tiensuu, Aarre Vuontisjärvi, Unto Vuontisjärvi sekä Metsähallituksesta Ilkka Vaara.

Hannu Ilvesniemi antoi julkaisemattoman Biosoil-aineiston tekijöiden käyttöön. Kirjan valokuva-aineisto on pääosin peräisin Erkki Oksasen Metsäntutkimuslaitoksen kuva-arkistosta. Risto Viitala laati paloherkkyysluokitusta esittelevät teemakartat ja Päivi Junila toimitti käyttöömme metsäpaloindeksikarttoja. Kirjan elävän taiton viimeisteli Maija Heino. Hän myös viimeisteli kirjassa esitetyn grafiikan, joka pohjautuu pääosin H. Lindbergin ja H. Kauhasen kokoamiin Evon ja Kolarin kuivumisseuranta-aineistoihin.

Kirjan painatukseen saatiin rahoitus Palosuojelurahastolta.

Käsikirjoitusta kommentoivat Tuomas Paloposki, Ari Venäläinen, Seppo Virtanen, Petteri Vuorinen sekä Esa Ärölä ja metsäpalosanastoa Mike Jurvelius, Antti Jäämaa, Pentti Kurttila, Jorma Virtanen ja Seppo Virtanen. Englanninkielisen tiivistelmän kielentarkistuksen teki Kevin Ryan.

Kirjoittajaryhmä haluaa em. lisäksi kiittää hedelmällisestä yhteistyöstä vuosien varrella erityisesti seuraavia henkilöitä: Michelle de Chantal, Anders Granström, Esa Huhta, Ilmari Häkkinen, Leena Iisalo, Aimo Jokela, Juha Kaskinen, Janne Koivukoski, Hannu Kuhanen, Timo Kuuluvainen, Saara Lilja, Anne Luhtala, Juhani Mäkinen, Markku Nieminen, Mats Niklasson, Heikki Pajuoja, Veikko Peltonen, Rauli Perkiö, Pasi Puttonen, Ruut Rabinowitsch-Jokinen, Eric Raunio, Heikki Rimpiläinen, Kevin Ryan, Riitta Ryömä, Päivi Salpakivi-Salomaa, Katja Sidoroff, Raimo Sutinen, Heikki Suvanto, Pekka Tamminen, Ilkka Taponen, Tapani Tasanen, Jean-Charles Valette, Pekka Valtonen, Jari Varjo, Domingos Viegas, Pekka Vuori, Tuomo Wallenius, Juha Ylinen.

Hämeenlinnassa, Oulussa, Porvoossa ja Vantaalla 1.5.2011

Henrik Lindberg Timo V. Heikkilä Ilkka Vanha-Majamaa

Summary

Finnish forest fuels – towards improved fire management

In Finland forest fires have not been a major problem in recent decades. Since the 1960's the annually burned area has varied typically between 500 and 1000 hectares, which can be considered as quite low amount. However, prior to 1960's forest fires were much more common and harmful, and suppression of forest fires was one of the key tasks of forest authorities. In large parts of Southern Finland slash and burn agriculture and tar burning were common in 18th and 19th century. These resulted in a semi-wild fire regime with many wildfires. The former forest practices, combined with the increased need for industrial timber and a general concern for deforestation, led to the establishment of forest administration and education in 1859.

After Finland's 1917 independence, considerable forestry-related research and development was initiated in 1920´s and 1930`s. At this time scientific and development work was also carried out in forest fire suppression together with practical fire prevention work. Eino Saari published in 1923 a profound monograph of forest fires and their prevention in Finland, and also practical handbooks for foresters, fire-fighters and soldiers were available. The military connection in the development work was in many ways significant. During the World War II, the Finnish Army Headquarters wanted to be prepared for possible fire bombing of forests and performed a massive operation together with the Finnish Forest Research Institute in mapping and classifying forests by their fire risk. The result of the work was "Fire Defense Atlas", the first and largest fire risk classification of Finnish Forests (Fig. 2, Kuva 2). The Atlas covered the whole Finland. After the war Finnish authorities archived the maps, including maps from areas eventually lost in peace negotiations with Russia, for strategic political reasons. Their existence passed from memory. The maps were rediscovered in 2000, and are now available at National Archives (http://www.arkisto.fi/).

After WWII forest fires and their risks gradually started to decrease due to changes in legislation, effective fire suppression, building of the forest road network and changes in forest structure associated with intensive forest management. Clear-felling replaced selection felling as the most common felling method and eventually led to even-aged stands. Management with frequent thinning and clear forest compartments in different successional stages, and recently increased harvesting of logging residual for bioenergy have further reduced fire risk. Coincident with the reduced impact of fire on Finnish society there was a decline in scientific interest in fire management, behavior, and to some extent ecology. The main interest in fire research shifted to silvicultural aspects. In Siren`s (1955) classic work he linked the low productivity of raw-humus stands to absence of fire and strongly recommended prescribed burning as general forest regeneration method for old spruce-dominated forests. This led to an era of prescribed burnings from 1950`s to early 1960`s until they were replaced by mechanical scarification. The wide use of prescribed burnings was also seen in research, best summarized in Viro's (1969)

explicit monograph. Notable achievement was also Franssila's (1959) work, where he introduced functions based on meteorological data estimating fire risk. These forest fire indexes functioned as a basis of forest fire warning system thereafter.

During the last 15 years there has been a revival of forest fire research and development activities. The role and use of fire in biodiversity management has raised increased interest for fire research, but also future scenarios of global warming and land use issues suggest that forest fires can be a larger problem in the future – as they already are in many neighboring countries. It is notable however, that similar forest management actions as suggested by Agee and Skinner (2005) to lower fire risk in North-America, such as reduction of surface fuels, increasing the height to live crown and decreasing crown coverage already have been performed in Finland as normal procedures in even-aged forest management.

In 1996 the forest fire index system was renewed by the Finnish Meteorological Institute. The current index uses weather data from local field stations and estimates the moisture content of 6 cm thick duff surface layer. The index is interpolated to 10*10 km squares and is scaled to have values between 1.0 and 6.0. When index raises over 4.0, forest fire warning is announced in media.

During 2002–2008 a large project of joint fire research was carried out including restoration burnings, set of experimental burnings in various fuel types, field ignition tests and fuel moisture content monitories of the main Finnish forest fuels.

In this book we have summarized the recent research and development activities in a practical book for fire officials and foresters. We have also reviewed international fire literature, especially that which is applicable to boreal Fennoscandia. We also introduce an updated Finnish forest fire glossary.

In the book we have classified the Finnish forest fuels and described their characteristics and average fuel loads in different site types. We have constructed a hierarchical fire risk classification for different forest stands, which is based on common variables used in forest management (site type, age/development class, tree species, stand structure). We have described 15 fuel types and divided them into four classes (low, moderate, high, very high) according to flammability (Table 4, Taulukko 4) and crown fire risk (Table 5, Taulukko 5). Fuel types are described briefly in chapter 6.5. with photographs of each type.

In future development work these classes can be connected to modern forest management systems and thus provide e.g. thematic maps of fire risks (Fig. 58, Fig. 59, Kuva 58, Kuva 59) as well as on-line maps of current fire situations. In general, the knowledge and understanding of fuels, fuelbeds and their effect on flammability, fire risk, fire behavior, and fire effects will raise professional skills of firemen and their capability to perceive different forest fire operations and choose the best extinguishing tactics in different situations. Increase in these kind of professional skills are also useful in prescribed burnings, especially as their scope is currently widening to different site types and various fuel loads.

Sisällysluettelo

Alkusanat 5

Esipuhe 6

Summary 8

1 Johdanto 13
1.1 Kirjan tavoitteet 13
1.2 Taustaa 13

2 Syttyminen, palaminen ja palonjälki sekä niiden riippuvuus paloaineksista 17
2.1 Palo- ja syttymistapahtuma 17
2.2 Lämmön siirtymistavat 18
2.3 Paloainesten ominaisuudet 19
2.4 Metsäpalojen eri esiintymismuodot 21
2.5 Palon voimakkuus ja palon vaikuttavuus 27
2.6 Paloriskin ennakointi- ja arviointimenetelmät 30

3 Metsien paloainekset sekä niiden laadullinen ja määrällinen arviointi 33
3.1 Elävät ja kuolleet ainekset sekä puuainekset 33
3.2 Hienot ja karkeat ainekset 34
3.3 Paloainesten määrä ja jakautuminen 35

4 Palokerrokset ja paloainestyypit 37
4.1 Palokerrokset 37
4.2 Paloainestyypit 37

5 Suomen metsien paloainekset 40
5.1 Latvuskerros 40
5.2 Pensaskerros 46
5.3 Kenttäkerros 47
5.4 Maapuusto 51
5.5 Pohja- ja maakerros 53

6 Suomen paloainestyypit 63
6.1 Luokittelun perusteet 63
6.2 Käytetyt muuttujat 64
6.2.1 Kasvupaikkatyypit 64
6.2.2 Puuston määrä 67
6.2.3 Puuston kehitysluokka 67
6.2.4 Puulaji 68
6.2.5 Puuston rakenne 68
6.3 Erityiskohteet 69
6.3.1 Myrskytuhoalueet 69
6.3.2 Turvetuotantoalueet 70
6.4 Sovellus- ja kehittämismahdollisuudet 71
6.5 Paloainestyyppien kuvaukset 76
6.5.1 Kuivahkot, kuivat ja karukkokankaat 76
6.5.2 Tuoreet kankaat 77
6.5.3 Lehtomaiset kankaat ja lehdot 80

Metsäpalosanasto 83

Lähdeluettelo 101

1 Johdanto

1.1 Kirjan tavoitteet

Tämä kirja on tarkoitettu ensisijaisesti pelastusviranomaisten ja metsäammattilaisten käyttöön metsäpalojen torjunnan sekä kulotusten suunnittelun avuksi.

Kirjan tarkoituksena on esitellä lyhyesti suomalaisten metsien tärkeimmät paloainekset ja niiden ominaisuudet metsäpalontorjunnan sekä kulotuksen kannalta. Tässä kirjassa suomalaiset metsät luokitellaan paloainestyyppeihin, joiden tunnukset ovat yhteneviä metsätalouden ja metsäsuunnittelun vastaaviin luokituksiin. Paloainestyypit esitellään lyhyen sanallisen kuvauksen sekä valokuvien avulla. Tarkoituksena on lisäksi esitellä ja yhtenäistää aiheeseen liittyvää terminologiaa, joka toistaiseksi on ollut vaihtelevaa ja vakiintumatonta. Käsitteiden määrittelyssä on tukeuduttu lähinnä pohjoisamerikkalaiseen käytäntöön ja pääosin noudatettu sikäläisissä palosanastoissa (Glossary... 2007) esitettyjä määritelmiä ja terminologiaa. Monille termeille on kehitetty suomenkielinen vastine samoin kuin on pyritty selkeämmin määrittelemään melko kirjavaa suomalaista palosanastoa. Tästä syystä myös tekstin yhteydessä on esitetty metsäpalokäsitteiden englanninkieliset vastineet.

Koska kotimaista julkaistua tutkimustietoa aiheesta on vähän saatavilla, on kirjan laadinnassa tukeuduttu runsaasti kokemusperäiseen tietoon sekä ulkomaiseen, etenkin pohjoisamerikkalaiseen, tutkimustietoon, vaikka se ei kaikilta osin olekaan täysin Suomen oloihin sovellettavissa. Valtavasta alaa käsittelevästä tutkimuskirjallisuudesta on pyritty valikoimaan esimerkinomaisesti merkittävimpiä ja Suomen oloihin parhaiten soveltuvia julkaisuja.

Vuosina 2002–2003 toteutettiin Suomessa laaja koepolttojen sarja erilaisilla metsikkötyypeillä (Tanskanen ym. 2007), joka kattaa osan maamme paloainestyypeistä (kuva 1, taulukko 6, s. 82). Näistä poltoista saatuja tuloksia on hyödynnetty tämän kirjan laadinnassa, ja polttojen tulokset on lisäksi esitelty kuudennessa luvussa. Koepoltot sekä huomattava osa oppaan laadinnassa käytetystä muusta tutkimustiedosta, kuten metsien paloainesten kosteusseurannoista, kerättiin vuosina 2001–2004 laajassa yhteistutkimushankkeessa, jonka toteutuksesta vastasivat Palosuojelurahaston ja EU:n rahoituksella sisäasiainministeriön pelastusosasto sekä Metsäntutkimuslaitos. Tässä kirjassa esitetään yhteenveto hankkeen tutkimustuloksista. Koska em. hankkeeseen ei kuulunut turvemaiden koepolttoja, on turvemaiden luokittelu jätetty tämän kirjan ulkopuolelle, vaikka Suomen metsätalouden maasta suot kattavat lähes kolmanneksen.

1.2 Taustaa

Metsien paloainekset, niiden esiintyminen, ominaisuudet sekä runsaus eri kasvustotyypeillä ovat keskeisessä osassa niin metsäpaloihin liittyvässä tutkimuksessa kuin käytännön sovellutuksissa. Paloainesten ominaisuuksien tuntemisen ja luokittelun avulla



Kuva 1. Timo Heikkilä sytyttää 30 metrin polttolinjaa tulen käyttäytymisen havainnointiin (kuva: Metla / Ilkka Vanha-Majamaa).

voidaan arvioida metsäpaloriskiä, ennustaa palon käyttäytymistä, etenemisnopeutta ja palon intensiteettiä, sekä näihin perustuen valita erilaisiin palotilanteisiin kulloinkin sopiva sammutustaktiikka. Niissä maissa, joissa metsäpalot ovat merkittävä taloudellinen ja yhteiskunnallinen ongelma, paloainesten ominaisuuksien tuntemiseen perustuvat luokittelut ja mallit ovatkin keskeisimpiä metsäpalontorjunnan apuvälineitä. Kehittyneimmissä malleissa ja niihin pohjautuvissa asiantuntijajärjestelmissä voidaan erilaisten paloaineksista mitattavien tunnusten avulla arvioida ja ennustaa esim. palon leviämistä tai riskiä nousta latvapaloksi, sekä tuottaa niiden taustaksi monipuolista reaaliaikaista karttamateriaalia (esim. Canadian Wildland Fire Information System, http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca). Tällaisten mallien laadinta edellyttää runsaasti empiirisiä tausta-aineistoja, kuten paloainesten kosteusseurantoja, syttyvyyskokeita, sekä koepolttoja ja palojen seurantoja erilaisissa olosuhteissa ja erilaisilla kasvustotyypeillä, jotta erilaisia paloja simuloivat mallit olisivat luotettavia.

Suomessa tämänkaltainen tutkimus on ollut varsin vähäistä, eikä ylläkuvattujen kaltaisten mallien laadinta ole mahdollista eikä tarpeellistakaan. Sen sijaan yksinkertaisella luokittelulla, joka luonnehtisi tärkeimmät paloainekset ja paloainestyypit olisi käyttöä palojen käyttäytymisen sekä metsäpaloriskin ennustamiselle eri metsikkötyypeissä ja -rakenteissa. Tällaisia kuvitettuja oppaita käytännön metsäpalontorjunnan tueksi on laadittu jo pitkään Pohjois-Amerikassa (esim. de Groot 1993). Vuonna 2007 ilmestyi myös Suomessa sisäasiainministeriön julkaisema palokasvustoja kuvin esittelevä opaskorttisarja, joka perustui tässä kirjassa esitettäviin tuloksiin (Kasvusto-opas… 2007).

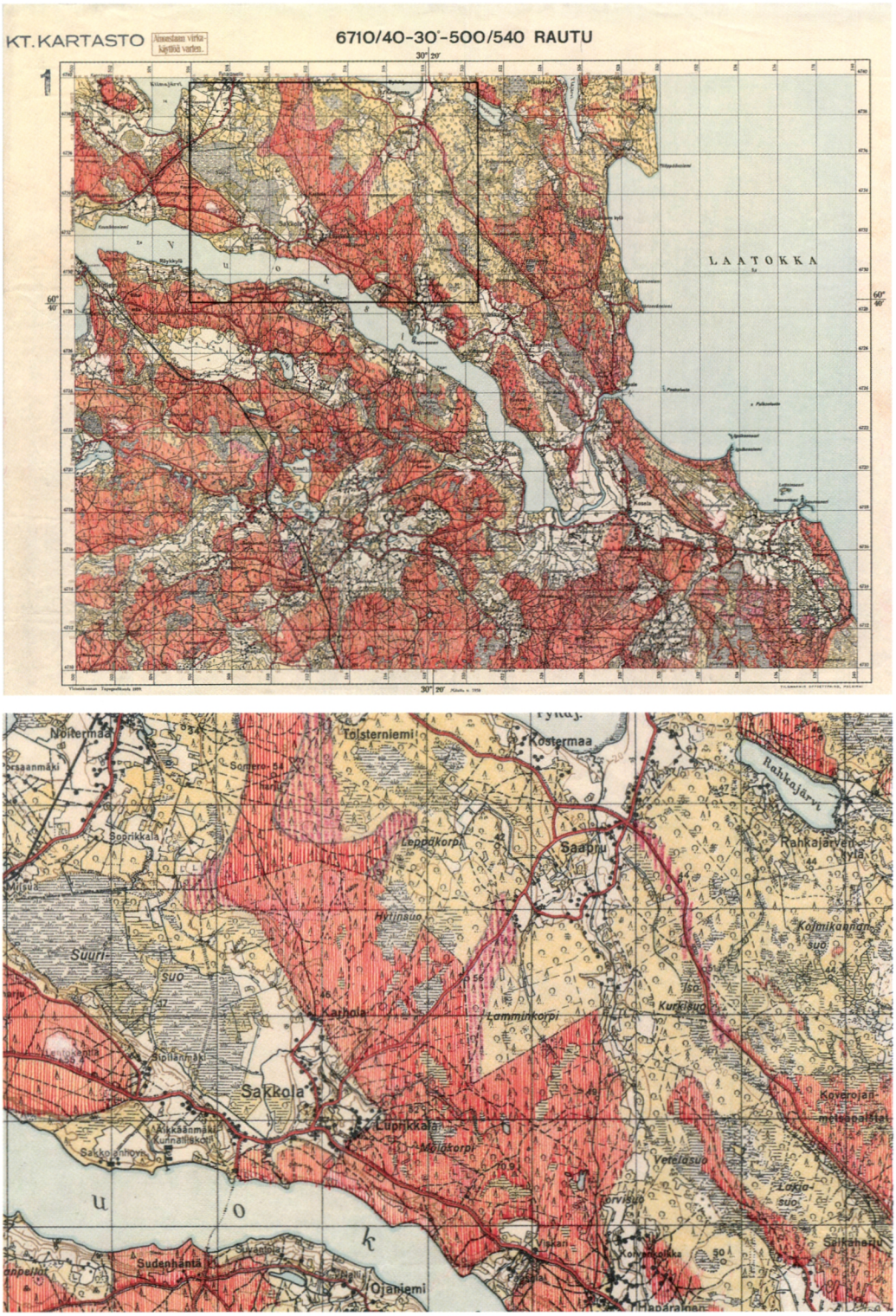
Suomessa metsäpalot eivät viime vuosikymmeninä ole olleet merkittävä ongelma, mutta aiemmin on tehty huomattaviakin metsien paloherkkyyteen ja metsäpalontorjun-

taan liittyviä kehittämistöitä. Metsävarojen loppumisesta oli suuri huoli jo 1800-luvun puolivälin aikana, mikä osaltaan johti metsähallinnon ja metsäopetuksen perustamiseen. Yhtenä suurena uhkana metsille nähtiin mm. kaskeamiseen ja tervanpolttoon liittyvä huolimaton tulenkäyttö, joka lisäsi metsäpaloja. Metsäpalojen torjuntaan kiinnitettiin runsaasti huomiota metsähallinnon ensi vuosikymmeninä. Vaikka pääpaino oli metsäpalojen tähystyksessä ja torjunnassa, myös metsien yleiseen paloherkkyyteen kiinnitettiin huomiota. Vuonna 1923 ilmestyneessä ensimmäisessä laajassa tieteellisessä metsäpaloja käsitelleessä tutkimuksessaan Eino Saari jakoi metsät seitsemään kasvupaikkaluokkaan, seitsemään ikäluokkaan ja kymmeneen puulajiluokkaan (Saari 1923). Tätä jakoa mukailtiin myöhemmin yleisesti metsäpalon torjuntaa käsitelleissä käytännön oppaissa (Laukkanen 1937). Jo näissä käytännön oppaissa tuotiin esiin erilaisten metsiköiden erilainen paloherkkyys, esim. männiköiden ja kuusikoiden erilaiset paloriskit, jotka on todennettu viimeaikaisissa tutkimuksissa (Tanskanen ym. 2005, 2006). Luokittelu oli kuitenkin luonteeltaan kuvailevaa, eikä sitä käytetty esim. käytännön kartoitustyössä.

Mittavin suomalainen paloherkkyysluokitus ajoittuu sotavuosille, jolloin välirauhan aikana aloitettiin ns. kulontorjuntakartaston laatiminen. Tavoitteena oli kartoittaa toisaalta kuloille alttiit ja toisaalta kulojen pysäytykseen soveliaat maastot sen varalta, että Suomi joutuisi uudelleen sotaan ja esim. metsiin kohdistuvien palopommitusten kohteeksi. Työ käynnistyi loppukesällä 1940 Metsätieteellisessä tutkimuslaitoksessa, nykyisessä Metsäntutkimuslaitoksessa, ja jatkui edelleen jatkosodan aikana. Maastotietojen hankinnassa käännyttiin kaikkien metsää ja maata omistavien sekä hallitsevien virastojen, laitosten ja yhtiöiden puoleen sekä pyydettiin näiltä karttoja metsätyyppitietoineen. Yksityismetsien osalta tiedot pyydettiin silloisilta metsänhoitolautakunnilta. Jo jatkosodan alussa materiaalia oli käytettävissä niin paljon, että uhanalaisimpien alueiden viranomaiset voitiin varustaa asianmukaisilla kartoilla. Kiivain työtahti oli keväällä 1941, jolloin töissä oli runsaasti yli sata kartanpiirtäjää. Jatkosodan aikana karttoja kopioitiin ja täydennettiin jatkuvasti, nyt Sotatalousesikunnan alaisena.

Kartat olivat pääosin mittakaavassa 1:100 000. Karttoihin on käsin piirretty eri väreillä ja merkinnöillä mm. erittäin paloherkät ja vähemmän paloherkät alueet, sekä palojen katkaisuun sopivat maastokohdat. Punaisella merkittiin kaikkein kuivimmat metsämaat ja viivoituksella vähemmän palonarat. Vihreällä merkittiin palon esteiksi soveltuvat maat, mm. avosuot, ja mosaiikkimaiset pienalueet viivoituksella. Järvet ja joet merkittiin sinisellä, tiet ruskealla ja voimajohdot omilla merkeillään. Periaate oli että palonarat ja palon estämiseksi soveltuvat alueet oli selvästi merkitty erilaisilla väreillä (kuva 2a ja b).

Sodan jälkeen Neuvostoliitolle luovutettavaksi määrätty karttamateriaali, joka kattoi myös Neuvostoliitolle menetetyt alueet, arkistoitiin ja julistettiin Suomessa salaiseksi 40 vuodeksi. Helsingin Yliopiston kirjaston muuton yhteydessä vuonna 2000 karttamateriaali löytyi, mukaan lukien karttojen laadintaan liittyvä kirjeenvaihto sekä tehdyt päätökset, ja aineisto siirrettiin Metsäntutkimuslaitoksen keskusarkistoon Vantaalle. Myöhemmin aineisto siirrettiin Kansallisarkistoon, jossa kartat ovat nyt digitoituina arkistolaitoksen digitaaliarkistossa (http://www.arkisto.fi/). Historiallisesti mielenkiintoisen materiaalin mahdollinen jatkokäyttö on edelleen avoin.



Kuva 2 a ja b. Kulontorjuntakartaston lehti Karjalan kannakselta (Rautu) ja yksityiskohta Sakkolasta (kuva: Kansallisarkisto, arkistolaitoksen digitaaliarkisto, http://www.arkisto.fi).

2 Syttyminen, palaminen ja palonjälki sekä niiden riippuvuus paloaineksista

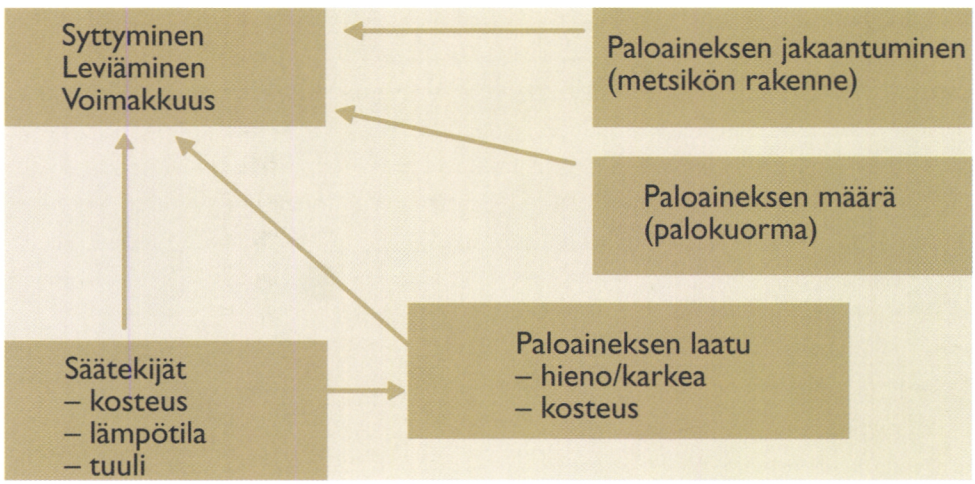
2.1 Palo- ja syttymistapahtuma

Palamisella ymmärretään lämpöä tuottavaa reaktiota, jossa paloaines yhtyy happeen. Eloperäisen aineen palamista edeltää kuivatislautumisen kaltainen *pyrolyysi*, jossa lämpö vaikuttaa orgaaniseen aineeseen muuttaen sen ominaisuuksia, jolloin mm. vapautuu kaasuja. Palot voidaan karkeasti jakaa *hehku-* ja *liekkipaloihin*, joissa jälkimmäisessä paloaineksesta vapautuvat kaasut ja höyryt palavat muodostaen valoilmiön eli *liekin*. Metsäpalot voivat esiintyä niin hehku- kuin liekkipaloinakin (Hyttinen ym. 2008).

Suomen olosuhteissa metsäpalo vaatii poikkeuksetta ulkoisen sytytyslähteen eli lisäenergiaa, joka nostaa pistemäisesti lämpötilan niin korkeaksi, että palaminen käynnistyy. Paloainesten ominaisuuksia kuvastavat *savu-, leimahdus-* ja *palamispisteet*, jotka kertovat alhaisimmat lämpötilat, joissa hehku- ja liekkipalo, sekä jatkuva palaminen käyvät mahdolliseksi. Mikäli paloaines syttyy ilman ulkoista sytytystä esim. lämpöä tuottavan eksotermisen reaktion kautta, puhutaan *itsesyttymisestä*. Itsesyttymistä ei tapahdu suomalaisten metsien paloaineksilla, mutta se on mahdollista esim. turveaumoissa.

Usein esitetyn *palokolmion* (*fire triangle*) mukaan *palamistapahtuma vaatii lämpöä, happea* sekä *paloainesta* (*fuel*). Metsien paloainekset ovat lähes poikkeuksetta ns. biomassapolttoaineita eli eloperäisiä aineksia. Palamisen yhteydessä puhutaan myös *katkeamattomuuden* tai *jatkuvuuden* (*continuity*) välttämättömyydestä etenevälle palotapahtumalle, mikä on erityisesti liekkipalojen edellytyksenä.

Palon syttymiseen, laatuun ja kehittymiseen vaikuttavat tekijät koostuvat siis sytytyslähteestä, paloaineksen ominaisuuksista, sekä ulkoisista olosuhteista, joista sää on keskeisessä asemassa (kuva 3).



Kuva 3. Metsäpalon syttymis- ja palamistapahtumaa säätelevät tekijät.

On olennaista ymmärtää, että syttymis- ja palamistapahtumaa säätelevät tekijät varsin harvoin ovat itsenäisiä ja toisistaan riippumattomia, vaan sidoksissa toisiinsa. Esim. sääolosuhteet vaikuttavat eri tavalla ja eri nopeuksilla erilaisten paloainesten syttymisominaisuuksiin (Päätalo 1998, Larjavaara 2005, Tanskanen 2007). Metsäpaloriskiä arvioitaessa on keskeistä tietää syttymis- ja palamiskäyttäytyminen erilaisissa olosuhteissa. Miten paloaineksen määrä ja laatu vaikuttavat syttymiseen ja palon leviämiseen? Miten paloaineksen yleinen jakautuminen sekä asettuminen pysty- ja vaakatasoon nähden metsässä vaikuttaa palon käyttäytymiseen? Miten sääolosuhteiden muutos vaikuttaa paloon? Miten topografia vaikuttaa paloon? Ja ennen kaikkea miten näiden yhdistelmät vaikuttavat paloon? Esimerkiksi latvapalon syntymiseen liittyy lähes aina jokin muutos näissä tekijöissä, mikä mahdollistaa palon siirtymisen latvuskerrokseen.

Aineen syttymiselle vaaditaan tietty lämpötila, jolloin palaminen tulee mahdolliseksi. Yleensä syttyvyyden metsässä laukaisee jokin ulkoinen, äkillinen lämpötilaa nostava tekijä kuten esim. salama, liekki, hehkuva aines tms., joka sytyttää metsän paloaineksen. *Syttymisellä* ja *syttyvyydellä* voidaankin ajatella tarkoitettavan niitä olosuhdeyhdistelmiä, jolloin ulkoisella sytytyslähteellä aikaansaadaan palamisreaktio, joka syttymisen jälkeen jatkuu ilman alkuperäisen sytytyslähteen vaikutustakin. Tämänkaltainen määritelmä on varsin lähellä palamis- eli palopisteen määritelmää. Esimerkiksi metsien kaikki orgaaniset ainekset ovat riittävän korkeassa kuumuudessa palavia, mutta syttyvyydessä on huomattavaa vaihtelua. Syttymiseen vaadittava lämpötila vaihtelee siten runsaasti, keskimääräisenä metsän paloainesten syttymislämpötilana kuivana on esitetty n. 250–400°C, jota korkeampi kosteus luonnollisesti nostaa.

Huomionarvoista on, että metsien *syttymis-* ja *paloriski* eivät ole sama asia. Syttymisriski tai -herkkyys kuvastaa tietyn paloaineksen tai paloainestyypin tai yleisemmin laajemman alueen keskimääräistä (mitä esim. suomalainen metsäpaloindeksi kuvastaa) herkkyyttä syttyä ulkoisesta sytytyslähteestä. Tärkeimpänä syttymisherkkyyteen vaikuttavana tekijänä on yleensä luonnollisesti paloaineksen kosteus. Syttymisherkkyys ei kuitenkaan sellaisenaan aina suoraan kuvasta palon käyttäytymistä, leviämisnopeutta, palointensiteettiä, tai palon aiheuttamia vahinkoja (esim. Tanskanen 2007). Syttymisriskiä laajempi ja epämääräisempi termi on paloriski, jolla pyritään monipuolisemmin kuvastamaan esim. jonkin metsikön palokäyttäytymiseen liittyviä ominaisuuksia. Syttymisriski ja paloriski vaihtelevat eri tilanteissa eivätkä siis aina ole samansuuruisia. Esim. kuivien, karujen metsiköiden syttymisriski on suuri, mutta yleensä palot ovat matalaintensiteettisiä ja helposti hallittavia. Tuoreiden, paljon biomassaa sisältävien metsiköiden syttymisherkkyys taas on alhaisempi, mutta korkeaintensiteettisen, rajun latvapalon mahdollisuus tietyissä sääolosuhteissa on suurempi, mikä vaikuttaa paloriskiin.

2.2 Lämmön siirtymistavat

Koska metsäpalon syttymisen ja palon leviämisen edellytyksenä on lämpötilan nousu, on tärkeää ymmärtää lämmön siirtymistavat, jotka perinteisesti jaetaan neljään eri tapaan (esim. Heikkilä ym. 2000).

Lämmön siirtymisessä lämpöä ja kuumia savukaasuja kulkeutuu palosta lähtevien kuumien ilmavirtauksien mukana palon etenemissuuntaan mm. vallitsevan tuulen suunnan ja sen voimakkuuden, sekä pinnanmuodostuksen ohjaamina.

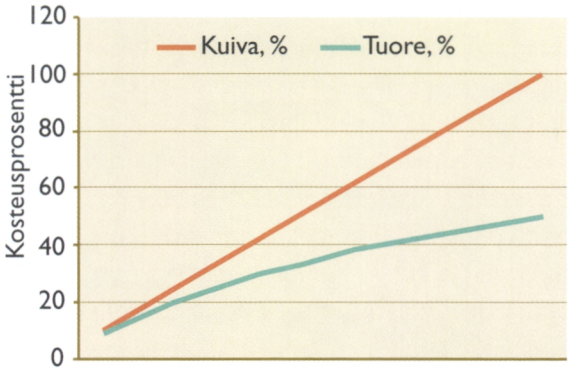
Lämmön säteily on ilmiö joka vaikuttaa palavasta lämpölähteestä joka suuntaan tasaisesti. Lämpösäteilyn voimakkuus on suoraan riippuvainen palon intensiteetistä. Kuumuuden voimakkuus vähenee suhteessa kohteen etäisyyden neliöön. Suurin osa metsäpalon leviämisestä tapahtuu lämpösäteilyn johdosta, jolloin palon ympärillä oleva paloaines saavuttaa ennen pitkää syttymislämpötilan ja syttyy lopulta palamaan.

Lämmön johtuminen. Lämpö voi siirtyä aineessa myös johtuen. Koska metsien paloainesten lämmönjohtavuus on varsin alhainen, ei lämmön johtumisella ole suurta merkitystä metsäpalojen leviämisessä.

Paloaineksen kulkeutuminen eli *massakulkeutuminen.* Tällä ilmiöllä tarkoitetaan paloainesten siirtymistä joko vierimällä, putoamalla tai palon synnyttämien voimakkaiden ilmavirtauksien mukana ilmateitse uuteen paikkaan palon ulkopuolelle. Jyrkillä rinteillä paloaineksia voi helposti lähteä vierimään rinnettä alas sytyttäen uusia paloja. Voimakkaissa paloissa ja erityisesti latvapalotilanteissa kuumat ilmavirtaukset nostattavat helposti paloaineksia ilmaan. Ne saattavat kulkeutua hyvinkin pitkälle varsinaisen palon ulkopuolelle sytyttäen uusia *heitepaloja* (heitteitä) eli *piste-* tai *pesäkepaloja* (spot fires).

2.3 Paloainesten ominaisuudet

Paloainesten ominaisuudet vaikuttavat syttymiseen ja palamistapahtumaan eri tavoin. Paloaineksen koostumus itsessään säätelee palamista riippuen siitä, kuinka paljon ja minkälaisia ainesosia paloaines sisältää. Lisäksi paloaines sisältää yleensä vettä, eli on vaihtelevan kosteaa. Kosteus jäähdyttää ainesta ja hidastaa palamistapahtumaa, koska palossa syntyvää lämpöenergiaa kuluu aineksen sisältämän veden höyrystymiseen eli kuivumiseen. Siten kosteus vaikuttaa metsäpaloainesten lämpöarvoa alentavasti. Korkea kosteus vaikeuttaa myös syttymistä ja usein estää sen, koska aineksen ollessa riittävän kostea ei ulkoisen sytytyslähteen energia riitä kuivattamaan ainesta. Aines saattaa myös syttyä hetkellisesti sytytyslähteestä, mutta ei korkean kosteuden vuoksi kykene leviämään, mikä on melko yleinen tilanne erilaisilla metsien paloaineksilla. Kosteus saattaa myös täyttää tietyissä paloaineksissa vapaata ilmatilaa ja estää tuulettumista ja hapen kulkeutumista. Paloainesten kosteus vaihtelee huomattavasti ja kosteusmuutokset saattavat olla hyvinkin nopeita tai hitaita aineksesta ja kuivumisolosuhteista riippuen. Paloaineksen kosteus onkin tärkeimpiä palo- ja syttymistapahtumaan vaikuttavia tekijöitä ja vastaavasti keskeisimpiä selittäjiä ennustettaessa esim. paloriskiä, palon käyttäytymistä ja palointensiteettiä. Metsien paloainesten syttymiskosteus vaihtelee, mutta kuolleilla aineksilla, sekä sammalilla ja jäkälillä se on noin 25–30 % (kuiva-ainesprosentti, Granström ja Schimmel 1998). Hyvin hienojakoiset ainekset voivat palaa kytemällä huomattavankin kosteina (Frandsen 1997). Kosteus on sidoksissa säätekijöihin ja esim. ilmankosteuden tiedetään vaikuttavan merkittävästi paloriskiin ja palon intensiteettiin. Metsien kuolleet paloainekset seuraavat vaihtelevalla viiveellä ilmankosteutta asettuen jossakin vaiheessa samaan ns. tasapainokosteuteen ilman kanssa. Kuivumisviivettä voidaan kuol-



Kuva 4. Kuiva- ja tuoreainesprosentin suhde.

leilla orgaanisilla aineksilla ennustaa melko luotettavasti niiden koon mukaan, mitä käytetään yleisesti perustana paloainesluokituksissa (ks. luku 5). Etenkin syttymisen kannalta keskeisten hienojen paloainesten kohdalla ilmankosteuden merkitys on suuri (ks. luku 5). Tästä syystä on esitetty että esim. alle 30 % ilmankosteuksilla paloriski kasvaa merkittävästi ja vastaavasti alenee yli 60 % kosteuksissa (Granström 2001).

Paloaineksen sisältämä kosteus ilmoitetaan kosteusprosenttina, jolloin aineksen sisältämää vesimäärän massaa verrataan paloaineksen massaan. Suhde voidaan ilmaista joko *gravimetrisesti* vesimassan määrän suhteena kuivan aineksen määrään (*kuiva-aineskosteusprosentti*), vesimassan määrän suhteena tuoreen aineksen määrään (*tuoreaineskosteusprosentti*) tai *volumetrisesti* vesimassan tilavuuden suhteena koko aineksen tilavuuteen (*tilavuuskosteusprosentti*). Metsäpaloihin liittyvässä kansainvälisessä kirjallisuudessa ja tutkimuksessa käytetään yleisimmin kuiva-aineskosteusprosenttia, mutta esim. bioenergiatutkimuksessa käytetään yleisesti tuoreaineskosteusprosenttia. Suomalainen metsäpaloindeksi taas perustuu tilavuuskosteusprosentin käyttöön.

Jos siis esim. 100 gramman painoinen ja tilavuudeltaan 200 kuutiosenttimetrin (0,2 litraa) ainesnäyte sisältää vettä 50 grammaa, on näytteen kuiva-ainesprosentti (50 g/50 g) * 100 = 100 %, kun taas tuoreainesprosentti on (50/100) * 100 = 50 %. Tilavuusprosentti taas on 25 % (50 cm^3/200 cm^3).

Alhaisissa kosteuksissa kuiva- ja tuoreainesprosenttien erot ovat melko pienet, mutta kasvavat suuremmissa kosteuksissa (kuva 4). Sen sijaan tilavuuskosteusprosentin suuruus riippuu ratkaisevasti näytteen sisältämästä ilmasta, johon vaikuttaa aineen tiiviys. Tiiviyteen voidaan vaikuttaa, ja se voi vaihdella huomattavasti. Tästä syystä tilavuuskosteutta käytettäessä erilaisten paloainesten vertailu on vaikeaa. Luotettavan tilavuuskosteuden määrittäminen edellyttää tilavuustarkkojen näytteiden ottoa, joten se sopii parhaiten homogeenisten materiaalien, kuten esim. turpeen kosteuden määrittämiseen.

Aineksen kosteusprosentti määritetään yleisimmin ja luotettavimmin keräämällä aineksesta näyte ja kuivaamalla se esim. 105°C lämpötilassa. Punnitsemalla näyte tuoreena ja kuivana saadaan laskettua vesimäärä sekä kosteusprosentti. Kuivaus-punnitusmenetelmä on yksinkertainen, mutta aikaa vievä sekä kuivausvälineistöä vaativa, joten sen käyttö rajoittuu lähinnä tutkimustyöhön. Perinteisen menetelmän rinnalle on kehitetty erilaisia nopeampia ja kenttäolosuhteisiin sopivia erilaisiin toimintaperusteisiin, kuten esim. sähkönjohtavuuteen perustuvia laitteita. Yleensä laitteet toimivat melko hyvin, mikäli määritettävä aines on kohtuullisen homogeenistä, mutta tällöinkin ne usein saattavat vaatia melko työlään kalibroinnin erikseen kullekin ainekselle. Erityisen ongelmallisia kosteuden kenttämittauksien kannalta ovat heterogeeniset, runsaasti ilmaa sisältävät ainekset, kuten esim. sammalet. Lisäksi on olemassa myös kenttäolo-

suhteisiin soveltuvia pienoisuuneja, jotka kuivaavat pienen näytteen nopeasti. Suomessa maastomittareita ei juuri ole kokeiltu ja kosteusprosenttien arviointi on rajoittunut lähinnä kokemusperäiseen tietoon. Sen sijaan esim. Pohjois-Amerikassa on runsaasti palo- ja metsäalan ammattilaisille suunnattuja kaupallisia kosteusmittareita. Monin paikoin käytetään lisäksi standardoituja sauvoja (*fuel moisture sticks, hazard rods*), joiden avulla voidaan arvioida paloaineksen kosteutta.

Paloaineksen kosteuden mittaaminen riittävän monesta paikasta metsäpaloriskin arvioimiseksi ei yleensä ole mahdollista. Tästä syystä paloaineksen kosteutta pyritään arvioimaan ja ennustamaan välillisesti muiden suureiden, kuten erilaisten säämuuttujien avulla. Nämä eri paloaineistojen ja palokasvustojen kosteusmallit ja niiden avulla laaditut erilaiset syttymisriskiä ja metsäpalon leviämistä selittävät metsäpaloindeksit ovat nykyään keskeisessä osassa metsäpalojen ennaltaehkäisyssä ja käytännön sammutustyössä. Toinen keskeinen ainesten syttyvyys- ja palo-ominaisuuksiin vaikuttava tekijä on aineen tiheys tai tiiviys, joka luonnollisesti on olennaisesti sidoksissa aineksen kosteuskäyttäytymiseen. Tiiviit ainekset pidättävät enemmän vettä ja siten kostuvat ja kuivuvat hitaammin. Lisäksi aineen tiiviys hidastaa olennaisesti hapen kulkeutumista aineksessa, mistä syystä tiiviit polttoaineet ovat palo- ja syttymiskäyttäytymiseltään usein poikkeavia, ollen herkkiä esim. tuulen vaikutukselle. Luonteenomaista tiiviille polttoaineille on palamisen eteneminen ilman avoliekkiä, kytemällä. Koska tiiviit ainekset ovat usein hienojakoisia, ne ovat herkkiä palotapahtuman kuivattavalle vaikutukselle ja tästä syystä kerran sytyttyään niitä on usein vaikea sammuttaa.

Paloainesten ja polttoaineiden energiamäärää kuvataan aineksen *lämpöarvolla* eli *energiatiheydellä.* Paloainesten energiamäärien arvioinnissa on järkevintä käyttää *tehollista* eli *alempaa lämpöarvoa senhetkisessä kosteudessa,* jolloin aineen sisältämä kosteus otetaan huomioon. Tämä vastaa polttoainetutkimuksessa käytettyä *toimituskostean* eli *saapumistilassa olevan polttoaineen lämpöarvoa* (Alakangas 2000). Täten *kalorimetrisestä* eli *ylemmästä lämpöarvosta* vähentyy veden höyrystymiseen ja höyrystymislämpöön käytettävä energia. Suomalaisten puuainesten tehollinen lämpöarvo kuivana on noin 18,5–21 mJ/kg (Nurmi 1997a) ja turpeen noin 21 mJ/kg (Taipale 1996). Aineksen kosteus vaikuttaa kuitenkin merkittävästi metsien paloainesten lämpöarvoihin, jolloin esim. 40 % kosteus (tuoreainesprosentti) alentaa tehollisen lämpöarvon noin puoleen kuivasta (Nurmi 1997a). Lisäksi on otettava huomioon, että lämpöarvot on ilmoitettu massayksikköä kohti. Ne eivät ota huomioon tiheyttä, jolla on suuri merkitys niin puuaineksissa kuin turpeessa. Tästä syystä toisinaan lämpöarvotkin on tarkoituksenmukaista ilmoittaa tilavuutta kohden, jolloin eri ainesten lämpömäärän vaihtelu on suurempaa tiheysvaihtelun vuoksi.

2.4 Metsäpalojen eri esiintymismuodot

Metsäpalot voidaan luokitella eri muotoihin sen mukaan, mitä metsän paloaineskerrosta ne pääosin kuluttavat. Eri metsäpalomuodot ovat paloriskin ja palontorjunnan kannalta varsin erilaisia, joten niiden käyttäytyminen sekä yhteys erilaisiin paloaineksiin, palokerroksiin ja paloainestyyppeihin on metsäpaloriskin arvioinnin kannalta keskeistä.



Kuva 5. Maapalo.

Kuva 6. Pintapalo.



Eri palomuodot esiintyvät usein samassa palossa eri olosuhteissa ja eri paloainestyypeillä. Palomuodot voivat esiintyä myös laajemmassa palossa vaihtelevasti, esim. siten että pintapalo, jona palaminen useimmiten alkaa, muuntuu latva- tai maapaloksi.

Maapalossa (*ground fire*) tuli etenee pohja- ja maakerroksessa (kuva 5). Maapalo on mahdollinen, mikäli maaperä sisältää orgaanisesta aineksesta koostuvan kerroksen (turve, kangashumus), ja palo etenee tätä kerrosta kuluttaen. Koska tällaiset ainekset ovat tiiviitä ja usein syttyvää materiaalia kosteampia, on maapalolle luonteenomaista hidas kytemällä tapahtuva hehkupalaminen. Turveainekset ovat hienojakoisia ja tiiviitä, joten maapalo kerran sytyttyään pystyy etenemään hitaasti kuivattamalla varsin kosteassakin aineksessa huomattavan pitkiä aikoja, kuukausia tai jopa vuosia. Maapalojen sammuttaminen perinteisin vesisammutusmenetelmin on hankalaa, koska vesi pidättyy varsinaisen palon yllä olevaan kerrokseen. Palo on myös vaikeasti havaittavissa tai suorastaan näkymättömissä, joten jäähdyttävän veden saaminen kaikkiin palopaikkoihin on vaikeaa ja epätodennäköistä. Hehkupaloissa myöskään katkeamattomuuden rikkomiseen perustuvat menetelmät, kuten sammutusjauheen käyttö, eivät toimi. Näistä syistä maapalon torjunnassa kannattaa vakavasti harkita palon rajaamista tietylle alueelle aineskatkojen avulla, etenkin kun maapalo itsessään harvoin on vaarallinen. Maapalon kiusallisuus perustuu ennen kaikkea sen paloa säilyttävään ominaisuuteen, jolloin palo voi myöhemmin suotuisissa olosuhteissa levitä pintapaloksi ja edelleen latvapaloksi.

Pintapalossa (*surface fire*) palo etenee polttaen kenttä- ja pohjakerroksen aineksia (kuva 6). Pintapaloissa palon eteneminen on yleisesti melko helposti ennustettavissa ja palon sammutus yleensä selkeätä. Koska syttymisherkimmät paloainekset ovat metsän pintakerroksen aineksia, alkavat useimmat metsäpalot yleensä pintapaloina.

Latvapalossa (*crown fire*) palo on noussut puiden latvustoon (kuva 7). Palon muuttuminen latvapaloksi edellyttää paloainesten pystysuuntaista jatkuvuutta, korkeaa pintapalon voimakkuutta, sekä useimmiten kovaa tuulta. Palon on pystyttävä siirtymään esim. pensaskerroksen, alikasvoksen tai kuivien alaoksien avulla latvukseen ja sen jälkeen edettävä puusta toiseen. Latvapalo vaatii riittävän tiheää latvuskerrosta, jotta paloaines olisi jatkuvaa, sekä/tai jatkuvuuden ylläpitämiseksi kovaa tuulta. Latvapalon syntyyn vaaditaan latvuksen riittävä kuumentuminen.

Useissa tilanteissa olosuhteet ovat sellaiset, että tuli paikoin nousee puusta pyrolyysissä irtoavien kohoavien palokaasujen avulla latvuksiin polttaen yksittäisiä puita tai puuryhmiä, mutta ei pysty leviämään laajemmin latvustossa. Tällöin voidaan puhua *soihtupalosta* (*torching*) tai *passiivisesta latvapalosta*, mikä osoittaa sen, että palolla on edellytys nousta latvuksiin, muttei latvusrakenteen tai vähäisen tuulen vuoksi kykene jatkamaan etenemistään siellä (kuva 8). *Aktiivinen latvapalo* sen sijaan etenee samanaikaisesti koko metsikössä, niin latvuksissa kuin alemmissa kerroksissa. Toisinaan puhutaan myös *itsenäisestä latvapalosta* (*independent crown fire*), jolloin tuli etenee erillään tai vauhdikkaammin latvuskerroksessa (van Vagner 1977, Alexander 2006). Latvapalon synnyn syynä saattaa poikkeuksellisten sääolosuhteiden ohella olla myös korkea paikallinen palon voimakkuus, joka saa aikaan latvapalolle tyypillisen oman paloilmaston. Nousevien lämpimien ilmavirtausten eli konvektioiden myötä syntyy *tulipyörteitä* (*fire whirls*), jotka lisäävät latva- ja heitepalojen riskiä. Tällainen liekin latvaan nostava kuumuus voi syntyä esim. puutavara-



Kuva 7. Latvapalo (kuva: Saara Lilja).



Kuva 8. Soihtupalo.



Kuva 9. Heitepalo (kuva: Metla / Jari Hietanen).

pinojen, latvusmassa- ja kantovarastojen tai rakennusten paloissa. Latvapalot jaetaankin joskus leviämissyyn mukaan yleisempiin *tuulivaikutteisiin paloihin* (*wind driven fires*) sekä *konvektiopaloihin* (*plume fires, convection fires*) (Rothermel 1991, Alexander 2006).

Latvapalon ennustaminen ja mahdollinen estäminen on metsäpalontorjunnan keskeisiä tavoitteita mutta myös vaikeimpia tehtäviä. Latvapalona leviävä metsäpalo on korkeaintensiteettinen ja lähes poikkeuksetta luonteeltaan vaarallinen. Latvapalo myös siirtää palavaa ainesta ilmavirtausten mukana (*spotting*) ja mahdollistaa palon leviämisen myös varsinaisen paloalueen ulkopuolelle *heitepaloina* (*spot fires*) (kuva 9). Latvapalon sammuttaminen on huomattavasti vaikeampaa kuin pintapalon, ja palontorjunnassa palon rajoittaminen ja ohjaaminen paikkoihin, joissa sammutus on mahdollista, on usein järkevämpää. Tällaisia paikkoja ovat luonteenomaisesti alueet, joissa paloaineksen jatkuvuus vähenee tai katkeaa. Latvapalontorjunnassa keskeistä on myös ennaltaehkäisy eli pintapalojen latvaan nousun estäminen.

Metsäpaloriskin asiantuntijajärjestelmissä käytetään nykyään yleisesti latvapaloriskin arvioinnissa erilaisia kynnysarvoja tai latvapaloriski-indeksiä. Latvapaloriski-indeksi muodostetaan niiden muuttujien avulla, joiden tiedetään vaikuttavan olennaisesti latvapaloriskiin: paloaineksen määrä ja laatu, välittäjäainesten määrä, tuuli, etäisyys latvuskerrokseen, latvuskerroksen tiheys sekä lehtien tai neulasten kosteus (van Wagner 1977, Alexander 1988, Alexander 2006).

Niin ikään heitepaloriskiä voidaan arvioida erilaisilla malleilla ja ennusteilla (esim. Albini 1979). Heitepaloriskin arvioinnissa olennaista on tietää minkälaisissa olosuhteissa kipinöitä syntyy, minkä kokoisia ne ovat, miten ne jäähtyvät ja kuinka pitkälle ne kulkeutuvat. Korkeaintensiteettisissä paloissa ilmavirtauksen mukana kulkeutuu laajempia kap-

paleita, jotka jäähtyvät hitaammin ja säilyttävät potentiaalisen sytyttämiskykynsä pitempään. Esim. senttimetrin läpimittainen kipinä aikaansaa heitepalon todennäköisesti, kun millimetrin läpimittainen kappale useinkaan ei johda välittömään sytytykseen (Alexander 2006). Isommat kappaleet säilyttävät liekehtivyyden pitempään kuin pienemmät, jotka jäähtyvät kyteviksi nopeammin (Siikanen 2009). Vaikka heitepalojen riski on merkittävä korkeaintensiteettisissä paloissa, voi jo keski-intensiteettisissä paloissa esiintyä kipinöiden leviämistä ja heitepaloriskiä, mikä on syytä huomioida sammutustaktiikassa.

2.5 Palon voimakkuus ja palon vaikuttavuus

Palon voimakkuudella eli *palointensiteetillä* (*fire intensity*) arvioidaan palon synnyttämää energiaa. Yleensä palon voimakkuus ilmaistaan *tulirintaman voimakkuutena* eli *tulirintaman intensiteettinä* (*fire front intensity*), energiana tai lämpömääränä pinta-ala- ja aikayksikköä kohti, esim. kcal/m^2/s tai kW/m^2/s (Byram 1959). Palointensiteettiä kuvaa melko hyvin liekinkorkeus (*flame height*), jolla tarkoitetaan yleensä palon kärjen keskimääräistä maksimikorkeutta. Liekinkorkeuden avulla palot voidaan maasto-olosuhteissa karkeasti luokitella esim. matalaintensiteettisiin (<1 m), keski-intensiteettisiin (1–3 m) ja korkeaintensiteettisiin (>3 m) paloihin (Andrews ja Rothermel 1982) (kuvat 10–12).

Palon voimakkuus määräytyy paloaineksen laadun (lämpöarvo, kosteus), määrän (palokuorma), jakautumisen ja vallitsevan sään yhteisvaikutuksesta. Yleisesti pätee, että mitä kuivempi ja tuulisempi sää, mitä suurempi ja kuivempi palokuorma ja mitä suurempi osuus palokuormasta on hienoja aineksia, sitä korkeampi on palointensiteetti. Koska palointensiteetin vaikutus palon etenemiseen, vaarallisuuteen ja torjuntastrategian valintaan on keskeinen, on intensiteetin arviointi olennaista metsäpalontorjunnassa (taulukko 1). Suomessa ei juuri ole tutkittua ja mitattua tietoa palojen voimakkuuksista, mutta yleisesti muualla tehdyt tutkimukset esim. palon intensiteetin ja liekinkorkeuden riippuvuudesta (Byram 1959, Andrews ja Rothermel 1982) soveltunevat suuntaa-antavasti myös meidän oloihimme (taulukko 1).

Taulukko 1. Tulen hallittavuus liekkien pituuden ja tulirintaman intensiteetin perusteella Andrewsin ja Rothermelin (1982) mukaan.

Liekin korkeus, m	Tulirintaman intensiteetti, kW/m^2	Tulen hallittavuus
< 1,2	< 345, matala	Tuli voidaan pysäyttää suoralla sammutushyökkäyksellä kärjestä tai sivuilta käsityövälineiden avulla. Käsintehdyn palokujan tulisi pysäyttää tulen eteneminen.
1,2–2,4	345–1720, kohtalainen	Palo on liian voimakas käsityövälineillä tehtävään sammutushyökkäykseen. Käsintehty palokuja ei ole luotettava. Suihkukalustolla ja ilma-aluksilla sammutus voi olla tehokasta.
2,4–3,3	1720–3450, korkea	Palon hallinta vaikeaa; soihtupaloja, latvapalo ja palosta leviävät erilliset heitepalot mahdollisia. Suora sammutushyökkäys palon kärkeen luultavasti tehoton.
> 3,3	> 3450, hyvin korkea	Latvapalo, heitepalot etumaastossa ja nopea leviäminen todennäköisiä. Suora sammutushyökkäys palon kärkeen tehoton.



Kuva 10. Matalaintensiteettinen palo (kuva: Metla / Jari Hietanen).



Kuva 11. Keski-intensiteettinen palo.



Kuva 12. Korkeaintensiteettinen palo.



Kuva 13. Palon vaikuttavuus voidaan arvioida palon jälkeen (kuva: Metla / Jari Hietanen).

Palon vaikuttavuudella (*palon vakavuudella*) (*fire severity*) arvioidaan sitä, kuinka voimakkaasti palo on vaikuttanut paloainestyyppiin (kuva 13). Palon vaikuttavuutta, jälkeä, arvioidaan yleisimmin *paloaineksen kulutuksena* (*fuel consumption*) (esim. tonnia/hehtaari). Mitä vaikuttavampi palo on ollut, sitä suurempi on ollut palossa palaneen aineksen määrä. Palon vaikuttavuutta kuvastaa myös helpommin arvioitava *palosyvyys* (*fire depth*), joka arvioi paloaineksen ohentumista palossa. Palosyvyys soveltuu hyvin sellaisten palojen arviointiin, joissa merkittävin osa paloaineksesta on kasautuneena maa- tai pohjakerrokseen. Useimmiten korkea palointensiteetti aikaansaa myös korkean palon vaikuttavuuden, muttei aina. Erityisesti kerrostuneilla paloainestyypeillä ainekset voivat poiketa kosteuskäyttäytymiseltään merkittävästi, jolloin kuivemmat kerrokset voivat palaa intensiivisesti tuottaen kovan lämmön, kun taas alla olevat kerrokset palavat heikommin tai eivät ollenkaan.

2.6 Paloriskin ennakointi- ja arviointimenetelmät

Eri metsiköiden paloriskiä on käytännössä mahdotonta jatkuvasti mitata. Tästä syystä metsäpalontorjunnan keskeisiä tehtäviä on pyrkiä välillisesti ennustamaan metsien syttymisriskiä ja palon käyttäytymistä ennaltaehkäisevän ja käytännön palonsammutuksen operatiivisen toiminnan tueksi. Arvioimalla paloaineksen määrää, laatua ja kosteutta sekä vallitsevia säätekijöitä, voidaan arvioida erilaisten metsiköiden syttyvyyttä, palon voimakkuutta sekä palon käyttäytymistä (kuva 14). Yhdistämällä tällaiset ennusteet paikkatietojärjestelmiin, voidaan laatia erilaisia reaaliaikaisia malleja ja ennusteita metsäpalontorjunnan tueksi.

Keskeisin ja vaikein tehtävä tällaisten mallien laadinnassa on jatkuvasti vaihtelevan paloaineksen kosteuden arviointi ja muutosten ennustaminen, johon pyritään erilaisilla

Kuva 14. Heikki Kauhanen seuraa tulen käyttäytymistä koepolton aikana (kuva: Metla / Ilkka Vanha-Majamaa).

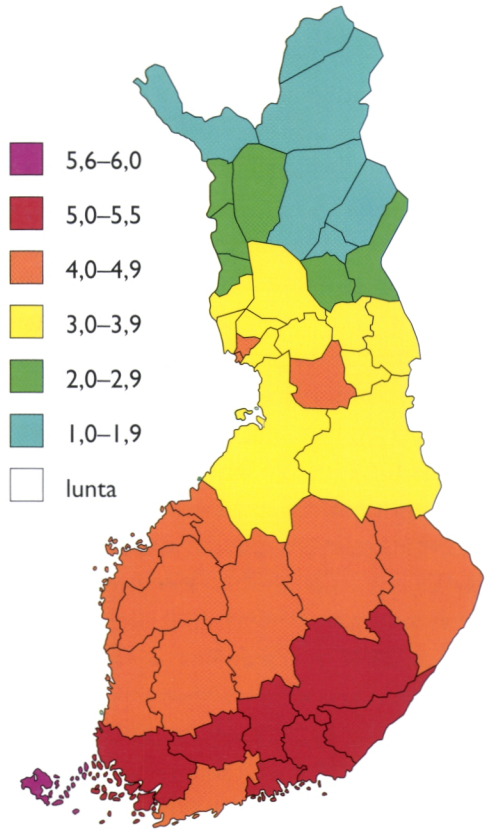


kosteusmalleilla ja niitä kuvastavilla metsäpaloindekseillä. Kosteusmallit voidaan jakaa empiirisiin ja prosessimalleihin (Matthews 2005). Empiirisissä malleissa kosteusmittaukset yhdistetään selittäviin muuttujiin tilastollisesti, jolloin mitattavilla säämuuttujilla voidaan arvioida erilaisten paloainesten kosteutta kuivumis- ja kostumisfunktioiden avulla. Prosessimalleissa taas pyritään paloaineksissa tapahtuvien fysikaalisten ilmiöiden, kuten höyrystymisen, avulla mallittamaan kosteuskäyttäytymistä. Käytössä olevissa metsäpaloindekseissä käytetään sekä prosessi- että empiirisiä malleja. Lisäksi eri puolilla maailmaa käytetään runsaasti yksinkertaisempia paloriskin arviointimenetelmiä, kuten taulukoita, kaavoja ja nyrkkisääntöjä (esim. Heikkilä ym. 2010).

Suomessa metsäpaloriskin arviointi kuuluu Ilmatieteen laitoksen viranomaistehtäviin. Aiemmin paloriskiä arvioitiin lähinnä ilmankosteuteen ja lämpötilaan perustuvilla funktioilla, joissa paloriskiä arvioitiin k-indeksillä (kulovaara), joka vaihteli 0,1 ja 0,5 välillä (Franssila 1958). Mikäli k-arvo nousi yli 0,3:n, annettiin kulovaroitus. Indeksi perustui empiirisiin sammal-, neulas- ja puusauvojen kosteusmittauksiin, ja se laskettiin sääasemien lämpötila- ja ilmankosteustietojen mukaan. Indeksiä täsmennettiin sademäärien mukaan: edellisen vuorokauden sademäärän tuli olla alle kaksi millimetriä. Mikäli metsäpalovaaran katsottiin olevan uhkaava, saattoi sisäasiainministeriö asettaa kulohälytystilan, jonka perusteena oli Ilmatieteen laitoksen tekemä riskiennuste.

Vuonna 1975 Suomessa korvattiin kaksitasoinen kulovaroitus/kulohälytysjärjestelmä *metsäpalovaroituksella*. Vuodesta 1996 on metsien paloriskiä ja metsäpalovaroituksen antoperustetta arvioitu Suomessa Ilmatieteen laitoksen kehittämällä ja ylläpitämällä *metsäpaloindeksillä* (Heikinheimo ym. 1996, Venäläinen ja Heikinheimo 2003), joka pyrkii ennustamaan säätekijöiden avulla aukean alueen kuuden senttimetrin paksuisen humus- ja karikekerroksen kosteutta (kuva 15). Indeksi on sidottu tilavuuskosteusprosenttiin, mikä vaikeuttaa sen soveltamista muihin paloaineksiin. Kosteuden ja säätekijöiden suhde perustuu empiirisiin mittauksiin. Indeksi lasketaan siten, että sääasemaverkosta saatavat säähavainnot interpoloidaan Suomen kattavaan 10*10 km hilaruudukkoon. Interpoloitujen säätietojen avulla lasketaan jokaisesta ruudusta tapahtuva haihdunta. Haihdunta kuivattaa maanpintaa. Pintaa kostuttavan sateen määrä saadaan kullekin ruudulle säätutkamittauksista. Indeksi saa arvoja välillä 1,0–6,0. Avotulen teon kieltävä *metsäpalovaroitus* annetaan indeksin saavuttaessa arvon 4,0. Indeksi on luonteeltaan keskimääräinen ja alueellinen eikä pysty huomioimaan paikallisia eroja esim. paloainestyyppien välillä tai sademäärissä (kuurosateet). Koska kosteusvaihtelu eri metsiköiden ja paloainesten välillä on suurta, ei indeksi sellaisenaan siten voi kuvata kaikkien metsiköiden kosteutta vaan keskimääräistä syttymisherkkyyttä (ks. luku 5). Joissakin tilanteissa 10 km alueellinen tarkkuus on karkea, ja sen vuoksi parhaillaan testataan mahdollisuutta tarkentaa laskennassa käytettävän hilaruudukon tarkkuus kymmenestä kilometristä yhteen kilometriin.

Suomalaisen metsäpaloindeksin kykyä paloaineksen kosteuden ennustajana on arvioitu viimeaikaisissa tutkimuksissa (Larjavaara 2005, Tanskanen ym. 2006, Tanskanen 2007) ja todettu sen yleisesti toimivan melko hyvin. On kuitenkin huomattu, että metsäpaloindeksin keskimääräisen luonteen vuoksi vaihtelua esiintyy melko runsaasti, minkä vuoksi etenkin kuivumistilanteissa useat metsiköt saavuttavat syttymiskelpoisen kuivuuspitoisuuden jo ennen kuin metsäpaloindeksin mukainen metsäpalovaroitusarvo



Kuva 15. Esimerkkikartta metsäpaloindeksin vaihtelusta. Metsäpalovaroitus on voimassa oransseilla, punaisilla ja violeteilla alueilla, joissa indeksin arvo on yli 4,0 (Lähde: Ilmatieteen laitos).

nousee metsäpaloriskiä osoittavaan lukemaan 4,0 (Tanskanen ym. 2005). Vastaavasti tuoreiden ja lehtomaisten kankaiden pohjakerroksen kosteuspitoisuus jää usein korkeillakin metsäpaloindeksin arvoilla alle syttymiskosteuden (Tanskanen ym. 2006). Lisäksi on syytä huomioida, että suomalainen metsäpaloindeksi on kehitetty nimenomaan syttymisherkkyyden ennustamiseen. Jo syttyneen metsäpalon käyttäytymisen ja esim. leviämisnopeuden ennustamiseen sitä ei ole tarkoitettu, eikä se siihen sellaisenaan sovellu, vaan siihen tarvitaan muita tietoja (Tanskanen 2007).

Yleismaailmallisesti tunnetuin ja levinnein paloriskin ennustamismenetelmä on kanadalainen metsäpaloindeksi (Canadian Forest Fire Weather Index), jossa eri paloainesten erilainen kosteuskäyttäytyminen on otettu huomioon jakamalla indeksi kolmeen osaan: hienoainesindeksiin (Fine Fuel Moisture Code), pohjakerrosindeksiin (Duff Moisture Code) ja syvemmän kangashumuksen indeksiin, ”kuivuusindeksiin” (Drought Code) (Van Wagner 1987). Hienoainesindeksin voidaan ajatella ennustavan nopeasti kuivuvien paloainesten, kuten hakkuutähteen, kuloheinän tai jäkälän syttyvyyttä. Pohjakerrosindeksin voidaan ajatella vastaavan lähinnä suomalaista metsäpaloindeksiä ja korkean kangashumusindeksin kuvaavan nimensä mukaisesti äärimmäistä kuivuutta, jolloin suuri osa kuolleesta orgaanisesta biomassasta on kuivaa.

Kanadalainen metsäpaloindeksi on käytössä useissa maissa ja sen mahdollinen soveltuvuus pohjoismaisiin oloihin on tutkimuksissa todettu hyväksi (Granström ja Schimmel 1998, Tanskanen ym. 2006). Kanadalainen metsäpaloindeksi sisältää lisäksi palon leviämistä ennustavan, tuulen voimakkuuden ja hienoainesindeksin avulla muodostettavan tulen leviämisindeksin (Initial Spread Index) sekä kosteusindeksien ja palokuorman avulla muodostettavan potentiaalisen palokuormaindeksin (Buildup Index), joka siis kuvastaa sitä osaa palokuormasta, joka on riittävän kuivaa palaakseen. Näiden kahden indeksin avulla muodostetaan varsinainen paloindeksi (Fire Weather Index), joka ennustaa palointensiteettiä. Kanadalainen metsäpaloindeksi on siis menetelmä, joka pyrkii hierarkkisesti yhdistämään merkittävimmät palon leviämiseen ja voimakkuuteen vaikuttavat tekijät. Tästä syystä se toimii myös pohjana reaaliaikaisten paloennusteiden laadinnassa metsäpalontorjunnan asiantuntijajärjestelmissä (Canadian Wildland Fire Information System, http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca).

3 Metsien paloainekset sekä niiden laadullinen ja määrällinen arviointi

3.1 Elävät ja kuolleet ainekset sekä puuainekset

Metsien paloainekset ovat pääsääntöisesti orgaanisia biomassa-aineksia, joiden merkittävimpinä muodostajina ovat elävät tai kuolleet kasvit, kasvien osat, niiden tuottamat yhdisteet sekä hajoamistuotteet.

Usein metsien paloainekset jaetaan niiden erilaisen kosteuskäyttäytymisen vuoksi kahteen pääluokkaan: *kuolleisiin* ja *eläviin* aineksiin (kuva16).

Kuolleet ainekset (*dead fuels*) seuraavat kosteusvaihtelussaan lähinnä aineksen kokoluokan mukaan vaihtelevalla viiveellä sääolosuhteita, ja niiden kosteus- ja syttyvyysvaihtelu on tästä syystä huomattavan suurta (5–200 %).

Elävät ainekset (*live fuels*) taas pystyvät omilla elintoiminnoillaan ja fysiologisilla sopeutumillaan pitämään yllä tiettyä elintoimintojensa vaatimaa kosteutta tiettyyn rajaan asti, vaikka sääolosuhteet vaihtelisivatkin. Tästä syystä elävien ainesten kosteusvaihtelu on vähäisempää kuin kuolleiden ainesten, eikä se ole yhtä kiinteästi sidoksissa ulkoisiin olosuhteisiin. Vaikka elävät ainekset ovat Suomen oloissa harvoin syttyviä, ei niiden merkitystä metsäpaloissa saa aliarvioida, sillä ne ovat latvapalojen tärkein paloaines. Huomionarvoista on etenkin se, että elävät havupuun neulaset sisältävät tuoreena runsaasti erilaisia helposti palavia öljymäisiä yhdisteitä kuten terpeenejä, joiden syttymispiste on usein kuivia aineksia korkeampi. Tällainen aines syttyy kuitenkin riittävän korkeissa lämpötiloissa lisäten palon intensiteettiä huomattavasti. On myös todettu, että suhteellisen pienet muutokset neulasten kosteusprosentissa saattavat alentaa neulasten syttyvyyttä ja siten lisätä latvapalon riskiä (Agee ym. 2002). Tämän vuoksi neulasten kosteus onkin merkittävä latvapaloriskiindekseissä käytetty muuttuja (Alexander 2006).



Kuva 16. Eläviä ja kuolleita aineksia.

On huomionarvoista, että osaan paloaineksista liittyy usein pitkäaikaisia muutosprosesseja, kuten hidas kuivuminen tuoreesta kuivaksi, jolloin jako elävään tai kuolleeseen ei ole tarkoituksenmukainen. Tästä syystä toisinaan puhutaan *puuaineksista* (*woody fuels*), jotka koostuvat puutuneista, ligniiniä ja selluloosaa sisältävistä soluista. Etenkin isomassaisille puuaineksille ovat luonteenomai-

sia juuri pitkät muutosprosessit tuoreesta ja kosteasta puuaineksesta kuivaan ja helposti syttyvään puuhun. Puun lahoamisprosessissa taas lahottajaeliöt hajottavat selluloosaa ja ligniiniä vaikeammin palaviksi hajoamistuotteiksi. Nämä kuivumis- ja lahoamisprosessit vaihtelevat huomattavasti eri ilmasto-olosuhteiden, puulajien sekä puukappaleiden koon mukaan. Lisäksi puuainekset sisältävät vaihtelevia pitoisuuksia erilaisia haitta- ja torjunta-aineita, jotka usein ovat herkästi palavia, kuten esim. monien havupuiden pihka ja terva.

Suomen oloissa jotkut keskeiset paloainekset, kuten tietyt sammalet ja jäkälät, ovat myös ongelmallisia sijoittaa elävä-kuollut luokitukseen. Kyse on elävistä kasveista tai sienistä, joilla kuitenkaan ei ole kehittyneempien kasvien kykyä ylläpitää tiettyä peruskosteutta. Niiden vesitalouden säätely on melko rajallista ja siten niiden kosteuteen vaikuttavat ympäröivät olosuhteet vaihtelevalla, joskus hyvinkin lyhyellä viiveellä. Niitä voidaankin pitää elävinä kasveina ja jäkälinä, jotka kuitenkin ovat kosteuskäyttäytymiseltään lähempänä kuolleita aineksia (Granström ja Schimmel 1998, Tanskanen 2007).

3.2 Hienot ja karkeat ainekset

Jako eläviin ja kuolleisiin aineksiin ei siis ole aina toimiva. Tästä syystä paloaineksia luokitellaan myös suoraan niiden kuivumisnopeuden mukaan, joka on metsäpaloriskiä arvioitaessa keskeinen suure. Luokituksia on erilaisia, mutta perusperiaate on sama: pienikokoisista osasista koostuvat ainekset, joilla on painoonsa nähden paljon pinta-alaa



Kuva 17. Karkeita aineksia.



Kuva 18. Hienoja aineksia.

kostuvat ja kuivuvat nopeasti. Ainekset voidaan esim. jakaa yksinkertaisesti *hienoihin* (*fine fuels*) ja *karkeisiin* (*coarse fuels*), joita ovat yli 6 mm:n läpimitan kokoiset ainekset (kuva 17). Hienot ainekset ovat nopeasti kuivuvia ja helposti syttyviä (kuva 18). Riittävän hienot ainekset kuivuvat niin nopeasti, että käytännössä ne palavat metsäpalossa aina niiden kosteudesta riippumatta, koska palo pystyy kuivattamaan ne. Koska hienot ainekset ovat metsäpalon syttymisen ja leviämisen kannalta olennaisessa roolissa, on niiden määrän ja ominaisuuksien tunteminen tärkeää. Hienoista syttymisherkistä aineksista käytetään toisinaan englanninkielisessä kirjallisuudessa kuvaavaa nimitystä *flash fuels* (*salamapaloainekset*).

Luokitus hienoihin ja karkeisiin aineksiin toimii hyvin etenkin kuolleilla puuaineksilla, mutta eläviin aineksiin se soveltuu huonommin kasvien kosteudensäätelykyvyn vuoksi. Luokitus on luonteeltaan kuvaileva, ja sitä on täydennetty esim. jakamalla puuainekset läpimittaluokkiin niiden vaatiman kuivumisajan mukaan. Pohjois-Amerikassa käytetään yleisesti neliportaista kuivumisaikaan (1, 10, 100 ja 1000 tuntia) ja läpimittaluokkiin perustuvaa jaottelua. Hienoimpiin *tunnin paloaineksiin* (*one hour fuels*) luetaan läpimitaltaan keskimäärin alle 6 mm (n. 1/4 tuumaa) ainekset, jotka kuivuvat alle tunnissa. Tätä 6 mm:n rajaa käytetään yleisesti hienojen ja karkeiden ainesten rajana.

3.3 Paloainesten määrä ja jakautuminen

Paloainesten määrä eli *palokuorma* (*fuel load*) on keskeinen muuttuja esim. paloriskiä tai palon intensiteettiä arvioitaessa. Palokuorma määrää palossa käytössä olevan poten-

tiaalisen energian, ja lisäksi palokuorman määrä vaikuttaa usein myös sen kosteuskäyttäytymiseen. Palokuorma ilmaistaan yleensä yksinkertaisesti massa/pinta-alasuhteena, esim. tonnia/hehtaari tai kilogrammaa/neliömetri.

Paloainesten arvioinnissa on lisäksi syytä ottaa huomioon aineen jakautumisen ja tiiviyden (*packing*) merkitys sen tuulettumiselle ja kosteuskäyttäytymiselle. Yleensä luokittelut perustuvat yksittäisten kappaleiden, esim. oksan, neulasen tai heinänkorren kosteuskäyttäytymiseen. Paloainekset ovat kuitenkin harvoin tasaisesti jakautuneina, vaan niiden määrä vaihtelee tilassa huomattavasti. Siten jos tietty aines esiintyy selkeästi esim. kasautumina (kuva 19), ei sen kosteusvaihtelun arvioinnissa aina voi suoraan soveltaa yksittäisten kappaleiden ennusteita (esim. heinänkorsi-heinäpaali, hakkuutähde-hakkuutähdekasa). Hakkuutähteen kosteus vaihtelee merkittävästi esim. yksittäisten oksien ja hakkuutähdevarastojen välillä. Käytännössä metsissä kuitenkin harvoin esiintyy puu- ja heinäaineksissa näin tiiviitä kasoja, vaan yleensä kasautumat ovat löyhiä. Sen sijaan pohja- ja maakerroksen paloainesten tiiviysvaihtelulla on olennainen merkitys esim. niiden syttyvyydelle.

Paloaineksen jakaantuminen metsän kolmiulotteisessa tilarakenteessa määrää myös aineksen jatkuvuuden, joka vaikuttaa ratkaisevasti palon etenemiseen ja käyttäytymiseen. Siten tietyt paloainekset saattavat olla erittäin helposti syttyviä, mutta ne esiintyvät epäsäännöllisesti tai pistemäisesti. Tällöin palo sammuu paloaineksen loppuessa tai pystyy siirtymään johonkin toiseen paloainekseen. Koska suomalaisten metsien paloainesten määrille on ominaista heterogeeninen, mosaiikkimainen vaihtelu, palaa metsäpalossa lähes poikkeuksetta useaa eri paloainesta. Tästä syystä yksittäisten ainesten jatkuvuuden ohella on mielekästä tarkastella eri paloaineksien jakautumista eri palokerroksiin.



Kuva 19. Palokuorman kasautumia ovat esim. ranka-, puu- tai risukasat, jotka saattavat olla myös riskikohtia palon latvaan nousulle.

4 Palokerrokset ja paloainestyypit

4.1 Palokerrokset

Metsien paloaineksille on usein luonteenomaista niin pysty- kuin vaakasuuntainen vaihtelu, mikä tekee metsien paloaineksien kokonaisuudesta heterogeenisen ja kerroksellisen (Sandberg ym. 2001). Tästä syystä metsien paloainesten luokittelu pelkästään niiden itsensä mukaisesti ei useinkaan ole tarkoituksenmukaista. Sama paloaines voi esiintyä metsän eri kerroksissa, jolloin sen rooli metsän paloherkkyydelle saattaa vaihdella. Lisäksi eri paloainekset ovat metsän tilarakenteessa usein sekaisin, ja palo etenee useita eri aineksia hyödyntäen.

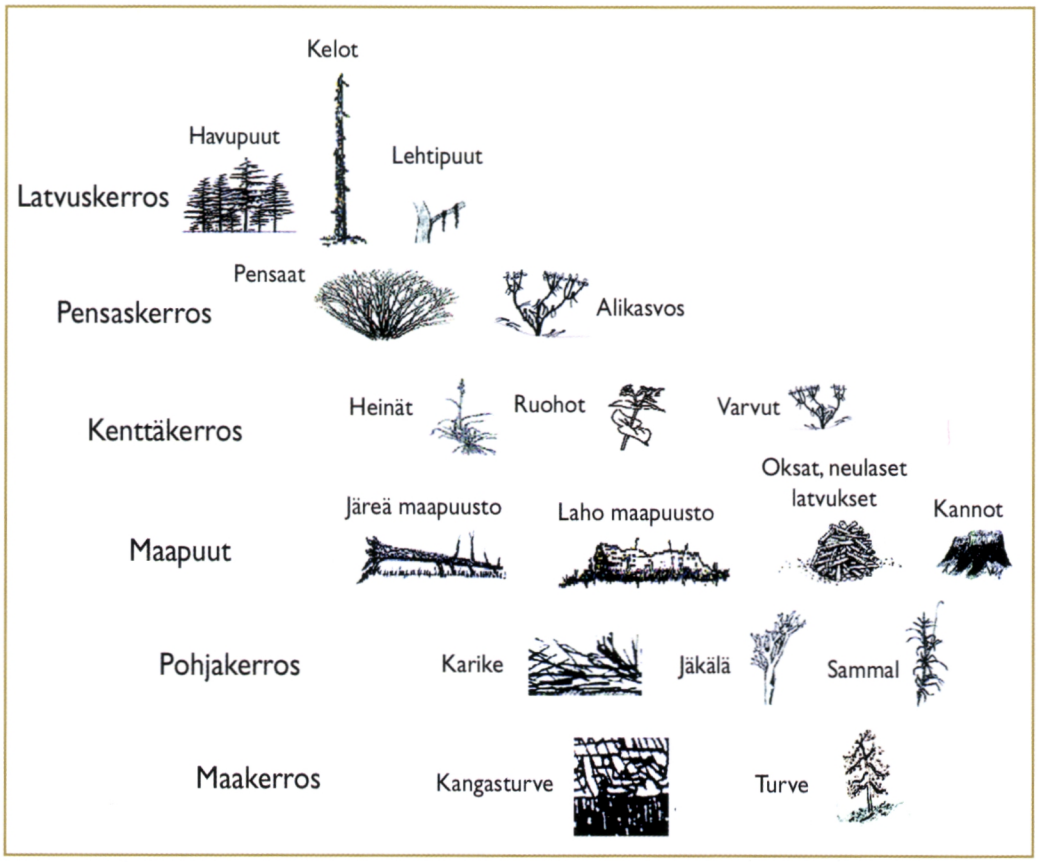
On siis järkevä jaotella pystysuunnassa metsä erilaisiin kerroksiin, jotka koostuvat erilaisten paloainesten yhdistelmästä. Useimmiten näitä kerroksia voidaan lisäksi luonnehtia kerroksen tärkeimmän paloaineksen mukaan.

Nämä palokerrokset (*fuel beds*), joita luonnehditaan niiden paloainesten mukaan, ovat: *maakerros, pohja-* ja *pintakerros* (*karike-, sammal- ja jäkäläkerros*), *kenttäkerros, pensas-* ja *taimikerros* ja *latvuskerros* (kuva 20). Paloainekset voidaan haluttaessa luokitella kerrosten mukaan: usein puhutaan *maan paloaineksista* (*ground fuels*), *pinta-aineksista* (*surface fuels*) ja *latvusaineksista* (*aerial fuels*) (Ottmar ym. 2007).

Metsän kerroksellisuuden vaihtelu vaikuttaa myös eri palomuotojen esiintymiseen. Eri kerrosten ominaisuuksien perusteella voidaan arvioida eri palomuotojen riskiä erilaisissa kerroksellisuusyhdistelmissä sekä myös eri palomuotojen muutosten todennäköisyyttä erilaisissa tilanteissa (kuva 20). Tällöin usein avainasemassa ovat kerrosten väliset rajapinnat ja jatkuvuus kerroksesta toiseen. Palontorjunnan kannalta keskeisinä pintapalosta latvapaloksi muuttumisen aiheuttajina puhutaankin ns. *välittäjäaineksista* (*ladder fuels*), jotka herkästi nostavat liekkiä alemmista kerroksista latvuskerrokseen (kuva 21).

4.2 Paloainestyypit

Paloaineksista sekä niiden muodostamista kerroksista koostuu metsikön *paloainestyyppi* (*fuel type*) tai *palokokonaisuus* (*fuel complex*). Paloainestyyppi on kokonaisuus johon vaikuttaa paloaineksien määrä ja laatu sekä niiden vaaka- ja pystysuuntainen jakautuminen. Erilaisten metsiköiden jaottelu näiden ominaisuuksien perusteella riittävän homogeenisiin luokkiin onkin paloriskin arvioinnin ja palontorjunnan kannalta keskeisin luokittelu.



Kuva 20. Metsän paloaineskerrokset ja palomuodot USA:ssa käytettävää luokittelua mukaillen (Sandberg ym. 2001). Alla metsäpalomuodot ja mitä paloaineskerroksia ne pääasiallisesti kuluttavat.

Latvapalo	Pintapalo	Maapalo
Latvuskerros	Pensas- ja alikasvoskerros	Pohjakerros
Pensas- ja alikasvoskerros	Kenttäkerros	Maakerros
	Pohjakerros	



Kuva 21. Välittäjäainekset, kuten alhaalle ulottuva oksisto, lupot ja naavat sekä alikasvos, helpottavat palon latvaan nousua (kuva: Metla / Ilkka Vanha-Majamaa).

5 Suomen metsien paloainekset

Luokittelussa esitellään metsien paloainekset ja niiden ominaisuudet kerroksittain. Paloaineksista esitellään tärkeimmät ja ne on yhdistelty tarkoituksenmukaisiin ryhmiin, jos ne eivät ominaisuuksiltaan merkittävästi poikkea toisistaan tai ovat merkittävyydeltään vähäisiä. Täten esim. havupuut ja lehtipuut käsitellään ryhminä.

Yhteenveto paloainesten ominaisuuksista ja merkityksestä on esitetty taulukossa 2. Paloainesten keskimääräiset määrät perustuvat aiempiin tutkimuksiin. Kehittyvien kaukokartoitusmenetelmien sekä eri biomassaositteita arvioivien mallien (esim. Lehtonen ym. 2004, Muukkonen ja Mäkipää 2006) avulla voidaan nykyään laatia metsävaratietoon pohjautuvia kuviokohtaisia arvioita paloainesten määristä.

5.1 Latvuskerros

Metsiin kuuluu vaihtelevan kokoinen ja -rakenteinen puusto, joka voi koostua yhdestä tai useasta puulajista. Metsän määritelmän mukaan metsä voi olla myös (tilapäisesti) puuton, jolloin latvuskerros puuttuu (esim. uudistusalat). Latvuskerroksen paloherkkyyteen vaikuttavat ratkaisevimmin latvuksen määrä, rakenne ja laatu (kuva 22).

Mitä enemmän puustoa on, sitä enemmän latvuskerroksessa on paloainesta. Paloaineksen riittävä määrä on latvapaloissa keskeisessä roolissa, koska palon leviämisen edellytyksenä on riittävä ja tasainen kerros, eli yksittäisten puiden latvusten on oltava lähellä toisiaan. Jos puusto on harvaa ja/tai aukkoista, ei tuli pysty leviämään latvuksesta toiseen. Metsäpalontorjunnan kannalta on olennaista kuinka sulkeutunut latvuskerros

Kuva 22. Metsän latvuskerrosta.



Taulukko 2. Yhteenveto paloaineksista.

	Kerros	Elävä tai kuollut puu	Hieno tai karkea	Kuivumisnopeus ja syttymisherkkyys	Jatkuvuus	Metsätyyppi	Puulaji	Kehitysluokka	Yleisyys ja merkitsevyys
Elävät neulaset	latvus, pensas	elävä	hieno	pieni/ kohtalainen	vaihtelee	kaikki	kuusi, mänty	taimikot, uudistuskypsät	suuri
Elävät lehdet	latvus, pensas	elävä	hieno	pieni	vaihtelee	L-KhK	lehtipuut	taimikot, uudistuskypsät	pieni
Varvut	kenttä	elävä	hieno	pieni	kohtalainen	Tk-KuK	kuusi, mänty	taimikot, uudistuskypsät	kohtalainen
Ruohot, heinät	kenttä	elävä	hieno	pieni	vaihtelee	L-KhK	lehtipuut, kuusi, mänty	kaikki	pieni
Poronjäkälät	pohja	elävä	hieno	suuri	vaihtelee	KhK-KrK	mänty	kaikki	kohtalainen, paikoin suuri
"Metsäsammalet"	pohja	elävä	hieno	kohtalainen	kohtalainen	Tk-KuK	kuusi, mänty	varttuneet, uudistuskypsät	suuri
Rahkasammalet	pohja	elävä	hieno	pieni	kohtalainen	suot	kaikki	kaikki	pieni
Muut sammalet	pohja	elävä	hieno	pieni	kohtalainen	L-LhK	lehtipuut, kuusi	kaikki	pieni
Kuollut, pieniläpimittainen puuaines ja neulaset	latvus pensas kenttä pohja	kuollut kuollut kuollut kuollut	hieno hieno hieno hieno	suuri suuri suuri suuri	vaihtelee vaihtelee vaihtelee vaihtelee	kaikki kaikki kaikki kaikki	kuusi kuusi kaikki kaikki	varttuneet taimikot aukeat aukeat	pieni kohtalainen suuri suuri
Kuollut, suuriläpimittainen puuaines	kaikki	kuollut	karkea	pieni	vähäinen	kaikki	kaikki	kaikki	pieni
Kuloheinä	kenttä	kuollut	hieno	suuri	vaihtelee	L-KhK	kaikki (etenkin lehtipuut)	etenkin aukeat	kohtalainen, paikoin suuri
Neulaskarike	pohja	kuollut	hieno	kohtalainen	vaihtelee	kaikki	kuusi, mänty	kaikki	pieni
Lehtikarike	pohja	kuollut	hieno	kohtalainen	vaihtelee	L-KhK	lehtipuut	kaikki	pieni
Turve	maa	kuollut	hieno	pieni	suuri	turvemaat	kaikki	kaikki	kohtalainen, paikoin suuri
Kangashumus	maa	kuollut	hieno	pieni	suuri	Tk-KuK	kuusi, mänty	kaikki	kohtalainen

Kasvupaikkatyyppien lyhenteet: L=lehto, LhK=lehtomainen kangas. Tk=tuore kangas, KhK=kuivahko kangas, KuK=kuiva kangas, KrK=karukkokangas (tarkemmin luvussa 6.2.1)



Kuva 23. Kuivahkon kankaan tasarakenteista metsää.

on, eli kuinka kiinteä ja jatkuva on yksittäisten puiden latvusten yhteys. Latvuskerroksen peittävyydellä (0–100 %) voidaan kuvata melko hyvin latvuskerroksen yhtenäisyyttä, ja sitä on käytetty esim. latvapaloriskin kuvaajana erilaisissa metsiköissä. Latvapaloriskiin vaikuttavat kuitenkin pelkän latvuskerroksen peittävyyden ohella myös latvuskerroksen rakenne sekä sääolot. Suomessa latvuskerroksen peittävyys ei kuulu metsäsuunnittelussa mitattaviin tunnuksiin. Latvuskerrosta voidaan kuitenkin jossain määrin kuvata metsätaloudellisilla tunnuksilla, kuten kuutiomäärällä tai pohjapinta-alalla. Nämä kuvaavat kuitenkin puun taloudellisesti arvokkaimman osan, rungon, ominaisuuksia, ja antavat vain suuntaa-antavan käsityksen latvuksesta. Metsätalouden tunnuksista runkoluku (kpl/ha) yhdistettynä edellisiin tunnuksiin tai keskiläpimittaan lienee metsäpalontorjunnan kannalta paras latvapaloriskin kuvaaja, koska se selkeimmin kuvaa metsikön suoranaista tiheyttä. Lähitulevaisuudessa metsäsuunnittelutiedon keruussa siirrytään laserkeilauspohjaiseen kaukokartoitukseen, mikä mahdollistaa latvuspeittävyyden arvioinnin metsällisen tiedonkeruun yhteydessä.



Kuva 24. Erirakenteista metsää.

Metsän rakenteella on niin ikään suuri vaikutus latvapaloriskiin. *Tasarakenteisessa* metsässä puut ovat keskimäärin melko samankokoisia, eli ne muodostavat yhtenäisen, samankorkuisen latvuskerroksen (kuva 23). Nuoremman ikävaiheen tasarakenteisessa metsässä paloherkkyys on usein suurempi, koska palo voi nousta matalammalla olevaan latvuskerrokseen myös vähäisemmällä liekinkorkeudella. Vanhemmissa metsissä latvuskerroksen ja alempien kerrosten väliin muodostuu epäjatkuvuuskohta, eikä tuli pääse nousemaan latvuksiin ilman poikkeusolosuhteita. Suomessa viime vuosikymmeninä harjoitetun metsänhoidon tuloksena ylivoimaisesti suurin osa metsistä on tasarakenteisia, mikä on osaltaan alentanut paloriskiä.



Kuva 25. Kaksijaksoista metsää.

Erirakenteisessa metsässä latvuskerros on selkeästi monikerroksellinen, eli metsässä on kaikenkokoisia puita. Tällöin latvuskerroksen voi ajatella muodostuvan koko metsikön korkeuden suuruiseksi (kuva 24). On luonnollista, että tällaisissa metsissä tulen siirtyminen pintapalosta latvapaloksi on helpompaa. Erirakenteisia metsiä on maassamme tällä hetkellä vähän, painottuen Pohjois-Suomeen ja luonnonsuojelualueille. Metsälainsäädännön uudistuminen ja metsänhoitopolitiikan muuttuminen sallivampaan suuntaan lähitulevaisuudessa saattaa lisätä erirakenteisten metsien määrää, joskin mahdollinen muutos tapahtuu hitaasti.

Kaksijaksoinen metsä muodostuu kahdesta erillisestä latvuskerroksesta, jolloin isomman ja yleensä vanhemman puustokerroksen alla on Suomen oloissa yleensä kuusi- tai mäntyvaltainen huomattavasti pienempi alikasvos (kuva 25). Kaksijaksoiset metsät periaatteessa lisäävät latvapalovaaraa, koska useimmiten kuusesta koostuva alikasvoskerros voi palaessaan nostaa liekin latvaan. Alikasvokset ovat kuitenkin usein aukkoisia ja epätasaisia, mikä vähentää paloriskiä. Lisäksi kuusialikasvokset esiintyvät useimmin rehevähköillä, koivuvaltaisilla mailla, joissa paloriski kasvupaikkatyypin ja ylemmän jakson lehtipuuvaltaisuuden vuoksi on matala.

Latvuksen laatu määräytyy melko pitkälle puulajin mukaan. Lehtipuiden lehdet ovat elävää paloainesta ja siten yleensä aina kosteita. Lehtipuihin ei myöskään synny samassa mitassa kuivia, syttymisherkkiä oksia kuin havupuihin, ja lehtipuiden puuaines myös oksissa on tuoretta ja nopeasti lahoavaa, jolloin kuivan oksan vaihe jää lyhyeksi. Lehti-



Kuva 26. Myrskyn kaatama tuulenkaatorytö.

puut eivät olekaan varsinaisesti paloherkkiä, vaan palavat ainoastaan riittävän korkeissa lämpötiloissa, vaikka koivujen hieno tuohi palaa rungonpinnoissa herkemminkin.

Havupuiden neulaset ovat huomattavasti lehtiä paloherkempiä. Vaikka tuoreet neulaset ovat kosteita, syttyvät ne tuoreinakin sisältämiensä yhdisteiden vuoksi. Neulasten lämpöarvo on siksi tuorekosteana melko korkea. On myös huomionarvoista, että neulasten kosteus vaihtelee siten, että uusimmat neulaset, jotka sijaitsevat oksien kärjissä ja siten latvuksen pintaosissa, ovat kosteampia kuin vanhimmat muutaman vuoden ikäiset neulaset (Agee ym. 2002). Havupuun latvuksen tyvi- ja sisäosissa on kuolevia ja kuivuvia neulasia. Yhdessä latvuksen alaosissa olevien kuolleiden oksien kanssa tämä mahdollistaa liekin nousun yksittäisiä puita pitkin latvaan. Tämänkaltaista soihtupaloa tapahtuu ennen muuta kuusella, joka suuren neulas- ja oksabiomassansa, ohuempien ja helposti kuivuvien oksiensa sekä alemmas ulottuvan latvuksensa vuoksi on puulajeistamme paloherkin.

Metsät sisältävät myös vaihtelevassa määrin erilaisia kuolleita tai kuolevia tai vaihtelevan kuivia pystypuita kuten keloja ja kuivasia (pystyynkuolleita havupuita), konkeloita (toisen puun varassa olevia puolittain kaatuneita puita) sekä pökkelöitä (pystyynkuolleita lehtipuita) (kuva 26). Nykymetsissä näitä yleensä on kuitenkin niukalti. Vaikka näiden osuus metsikön puustosta on pieni, niiden merkitys tulen mahdolliselle latvaan nousulle voi olla suuri.

5.2 Pensaskerros

Pensaat eivät varsinaisesti ole selkeä erillinen kasviryhmä, vaan pikemminkin sopimusvarainen ryhmä, joka määritellään mm. niiden korkeuden mukaan. Yleensä pensailla tarkoitetaan puuvartisia, yli puolen metrin korkuisia, haarovia kasveja, jotka eivät muodosta selkeää päärunkoa (esim. Päivänen 2006). Tätä pienemmät haarovat puuvartiset kasvit ovat varpuja ja päärunkoiset taas puita. Määritelmä on tulkinnanvarainen, ja Suomessa pensaskerrokseen luetaankin usein varsinaisten pensaiden ohella alle kahden metrin kokoiset puun taimet.

Tässä kirjassa pensaskerrokseen lasketaan kuuluvaksi 0,5–2,0 metrin korkuiset puuvartiset kasvit: varsinaiset pensaat, puiden taimet sekä isot varvut. Näin ollen Suomen oloissa voisikin puhua alikasvoskerroksesta tai pensas- ja taimikerroksesta (kuva 27). Tämä on perusteltua siksikin, että Suomessa metsäpaloriskin kannalta aidoilla pensailla ei ole kovinkaan suurta merkitystä, koska ne harvoin muodostavat yhtenäistä kerrosta ja ovat katajaa lukuun ottamatta lehtipensaita ja siten heikosti kuivuvia ja huonosti palavia. Lisäksi pensaiden runsaus keskittyy Suomessa etenkin rehevämmille maille, joissa metsäpaloriski on muutenkin pieni. Pensaskerroksen paloriski onkin sidoksissa kuusi- tai mäntyalikasvokseen (ks. edellinen luku). Näistä syistä Suomen oloissa raja pensaskerroksen ja puusto- tai latvuskerroksen välillä on liukuva.

Kataja (*Juniperus communis*) on pensaistamme paloherkin (kuva 28). Katajien alaosissa on säännöllisesti kuivia oksia ja neulasia, jotka ovat erittäin syttymisherkkiä. Samoin syttymisherkkiä ovat katajikoissa usein tavattavat kuolleet tai kuolevat katajat. Laajat, yhtenäiset katajikot, joita tavataan esim. saaristossa, lisäävät maastopaloriskiä merkittävästi.

Kuva 27. Pensas- ja taimikerrosta.





Kuva 28. Kataja – paloherkkä pensaamme. Palokoro männyn tyvellä kertoo menneestä metsäpalosta.

5.3 Kenttäkerros

Alle puolen metrin korkuiset kasvit muodostavat kenttäkerroksen, joka yhdessä pohjakerroksen kanssa muodostaa vyöhykkeen, jossa syttyminen sekä pintapalon leviäminen useimmiten tapahtuu (kuva 29). Kenttä- ja pohjakerroksen sekä maapuuston eri materiaalien välillä on huomattavia eroja niiden kosteuskäyttäytymisessä ja syttymisherkkyydessä. Kenttäkerros voidaan jakaa eläviin heiniin ja ruohoihin, varpuihin sekä kuolleeseen heinään eli *kuloheinään*.



Kuva 29. Kenttäkerroksen ruohoja ja heiniä.

Elävät heinät ja ruohot ovat tuoreita kasveja, joiden kosteuspitoisuus ei juuri vaihtele, joten ne eivät käytännössä koskaan ole syttymisherkkiä, mutta palavat kyllä riittävän korkeaintensiteettisessä palossa. Vaikka vihreisiin kasveihin kuuluvat kaikki yhteyttävät kasvit, tarkoitetaan metsäpaloterminologiassa vihreällä kasvillisuudella etenkin putkilokasvien tuoreita, vihreitä versoja ja verson osia, kuten puiden ja pensaiden lehtiä. *Vihertymisellä* (*green up*) tarkoitetaan siten kasvukauden alussa tapahtuvaa ruohojen ja heinien kasvua sekä puuvartisten kasvien lehtien puhkeamista, mikä vähentää metsäpaloriskiä. Ruohot ja heinät menestyvät Suomessa rehevimmillä kasvupaikoilla, ja niiden esiintyminen on useimmiten sidoksissa muihin metsäpaloriskiä alentaviin tunnuksiin, kuten lehti- tai sekapuustoon sekä ohueen kangashumus- ja sammalkerrokseen. Suurin osa ruohoista ja heinistä on yksivuotisia ja lakastuvia, joten niihin liittyy selkeä kausivaihtelu (ks. *kuloheinä*).

Varvut ovat puuvartisia alle puolen metrin korkuisia kasveja. Raja varpujen ja pensaiden välillä perustuu sopimuksenvaraiseen määritelmään ja useiden suomalaisten varpujen voidaan katsoa esiintyvän pensaina ja päinvastoin (Päivänen 2006). Varvut eivät tuoreina yleensä Suomessa ole syttyviä, eikä niiden kosteuspitoisuus juurikaan laske alle 50 prosentin, mutta pieniläpimittaista puuainesta sisältävinä ja toisinaan jatkuvina aineksina



Kuva 30. Kanervaa.



Kuva 31. Mustikan ja puolukan varvustoa.

ne saattavat palaa jo melko matalaintensiteettisissäkin paloissa nostaen siten liekin korkeutta. Kuivempien metsätyyppien kanerva (*Calluna vulgaris*) ja variksenmarja (*Empetrum nigrum*) ovat merkittäviä paloaineksia näillä tyypeillä (kuvat 30, 32), kun taas "vihreämmät" puolukka (*Vaccinium vitis-idaea*) ja etenkin mustikka (*Vaccinium myrtillus*) eivät ole yhtä paloherkkiä (kuva 31). Kuolleet, kuivuneet varvut (etenkin kanerva ja variksenmarja) ovat erittäin herkästi syttyviä ja korkealla intensiteetillä palavia, eli käyttäytyvät samoin kuin pieniläpimittainen kuollut puuaines. Laajat kuivuneet varvustot ovat kuitenkin harvinaisia metsissämme.



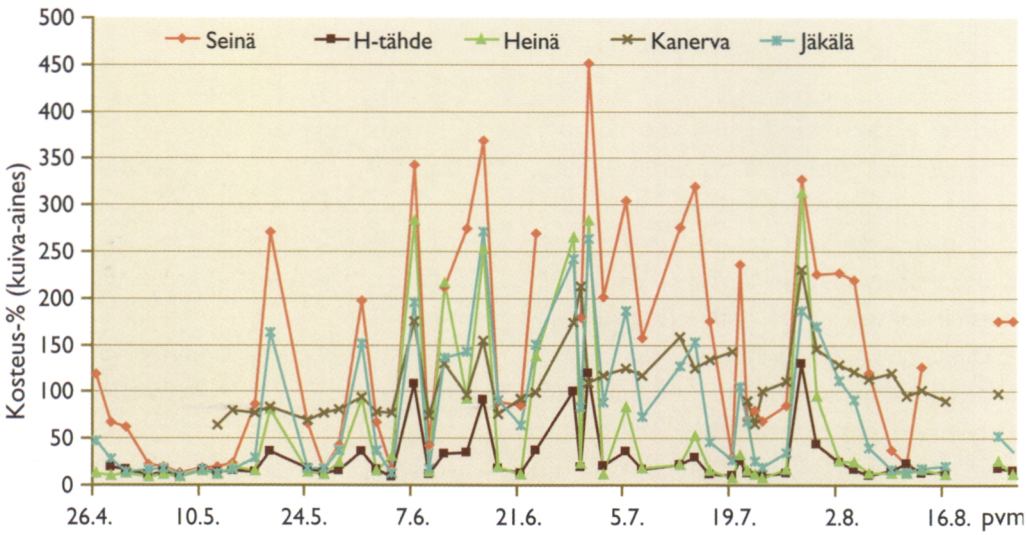
Kuva 32. Puolukkaa ja variksenmarjaa.



Kuva 33. Kuloheinää.

Kuloheinällä (kuva 33) tarkoitetaan edellisen kasvukauden kuolleita, kuivuneita heiniä ja heinämäisiä kasveja. Metsäolosuhteissa tärkeimmät heinälajit ovat erilaiset kastikat (*Calamagrostis*-suku) ja metsälauha (*Deschampsia flexuosa*). Suometsissä ja kosteilla niityillä myös sarat (*Carex*-suku) ovat runsaita. Ruohot yleensä lakastuvat eivätkä käytännössä tuota metsissä samassa mitassa paloainesta seuraavalle keväälle. Kuloheinä on tyypillinen "salamapaloaines", nopeasti tuulettuva ja helposti syttyvä, joka kuivuu yleensä suotuisissa olosuhteissa vähintään vuorokaudessa, usein jopa tunneissa (kuva 34).

Kuloheinän paloa useimmiten rajoittaakin pikemmin sen epäjatkuvuus kuin huonot palo-olosuhteet. Kuloheinä palaa useimmiten korkealla intensiteetillä ja nopeasti, mutta kausivaihtelun vuoksi heinä- eli ruohikkopalojen riski laskee nopeasti vihertymisen edistyessä ja tuoreiden heinänversojen peittäessä edellisvuotisen kasvuston. Heinäpalojen riskiaika vaihtelee runsaasti vuosittain, mutta pääsääntöisesti heinäpaloriski alkaa välittömästi lumen sulettua ja loppuu kesäkuun alkupuolella. Yleisen metsäpaloriskin kannalta



Kuva 34. Eri paloainesten kuivuminen avohakkuualalla (Lammi, Evo 2004, Metla, julkaisematon aineisto).

Aineksille voidaan myös arvioida karkeat syttymistodennäköisyydet esim. käyttämällä suuntaa-antavana raja-arvona 30 prosentin kosteutta, jolloin eri aineksille saadaan seuraavat määrät potentiaalisia syttymispäiviä mittauspäivistä (51):

Kuusen hakkuutähde (H-tähde)	38/51
Kuloheinä (Heinä)	35/51
Jäkälä	20/51
Seinäsammal (Seinä)	10/51
Kanerva	0/51

Kuvasta käy ilmi eri ainesten erilainen kosteuskäyttäytyminen. Kuusen hakkuutähde sekä kuloheinä hienoina kuolleina aineksina eivät pysty pidättämään vettä, joten ne kuivuvat nopeasti. Jäkälä kuivuu hieman hitaammin, mutta kuitenkin verrattain nopeasti. Seinäsammalta tarkasteltaessa huomataan sammalen tiiviistä kasvutavasta aiheutuva vedenpidätyskyky, jonka takia sammalen kuivuminen on huomattavasti hitaampaa. Kanerva on elävä aines, jonka kosteus ei kuivanakaan aikana laske alle 50 prosentin.

Jäkälän syttymisriski on siis noin kaksinkertainen ja hakkuutähteellä ja heinällä kolmin-nelinkertainen seinäsammaleeseen verrattuna. On kuitenkin huomattava, että nämä tulokset ovat vain esimerkinomaisia ja sidoksissa kesän 2004 sääoloihin. Esim. pitkinä kuivina jaksoina erot tasoittuvat.

huomionarvoinen on pitkä kuiva jakso esim. toukokuussa, jolloin vihertyminen ei vielä ole peittänyt kuloheinää, mutta kuivuus on jo kuivattanut pohja- ja maakerroksen.

Heinät ovat pääsääntöisesti valoa vaativia kasveja. Runsas heinien esiintyminen metsissä eli heinittyminen keskittyy siksi aukeille alueille, kuten uudistusaloille sekä valoisiin, usein nuoriin tai lehtipuuvaltaisiin tuoreisiin tai lehtomaisiin metsiin. Kuivimmilla ja karuimmilla metsätyypeillä heinien määrä on vähäinen.

Suomalainen maastopalovaroitusjärjestelmä pyrkii arvioimaan keväistä heinäpaloriskiä erityisellä *ruohikkopalovaroituksella*, joka perustuu ohuen humuskerroksen kosteuden arviointiin. Ruohikkopalovaroitus ei ole lakisääteinen, eikä varsinaisesti aseta rajoituksia, vaan pyrkii yleisesti kiinnittämään huomiota kuloheinikoiden korkeaan paloriskiin. Ruohikkopalovaroitus mielletään ensisijaisesti ehkä erilaisten joutomaiden paloriskin kuvaajaksi, mutta on syytä muistaa että metsissäkin on heinittyneitä alueita, joissa paloriski voi olla suuri.

5.4 Maapuusto

Puiden luonnollisen kuolemisen, erilaisten tuhojen sekä hakkuiden tuloksena metsissä on vaihtelevassa määrin erikokoista ja -ikäistä, kuivumis- ja syttymisominaisuuksiltaan vaihtelevasti kuollutta tai kuolevaa puuainesta. Metsäpaloriskin kannalta tärkein elementti on pieniläpimittainen, hieno puuaines, joka koostuu oksista ja neulasista. Oksa- ja neulasainesta syntyy laajemmassa mittakaavassa ennen kaikkea hakkuiden yhteydessä metsään jäävästä *hakkuutähteestä* (kuva 35).

Hienona puuaineksena hakkuutähde kuivuu nopeasti ja on helposti syttyvää, etenkin havupuiden hakkuutähde. Hakkuutähteestä suurin osa koostuu elävistä oksista ja neu-



Kuva 35. Hakkuutähdettä.

lasista, joiden osuus on 85–90 % (Hakkila 1991). Näistä neulasten osuus männiköissä on keskimäärin 20–25 % ja kuusikoissa 25–35 % (Hakkila 1991, Nurmi 1999b). Hakkuualalle jäävän hakkuutähteen määrä riippuu luonnollisesti korjattavan puuston määrästä ja laadusta. Keskimäärin männiköissä syntyy noin 100 kilogrammaa ja kuusikoissa noin 150–200 kilogrammaa hakkuutähdettä kuivamassana runkokuutiometriä kohti (Hakkila ym. 1998). Hehtaarikohtainen vaihtelu on männiköissä noin 15–30 tonnin ja kuusikoissa noin 20–60 tonnin luokkaa (Hakkila ym. 1998). Uusissa metsävaratiedon keruun menetelmissä voidaan arvioida kuviokohtaisesti biomassan kokonaismäärää ja biomassaosuuksien jakaantumista, mitä voidaan käyttää hyödyksi myös metsäpalontorjunnassa.

Vaikka hakkuutähdettä syntyy siis varsinkin päätehakkuissa runsaasti, ei sen jatkuvuus kuitenkaan yleensä riitä laajamittaiseen palon leviämiseen, etenkään koska hakkuutähde on nykyisten korjuutekniikoiden vuoksi useimmiten keskittynyttä. Sen sijaan palon syttymisen sekä palointensiteetin nousun kannalta hakkuutähteen runsaalla määrällä on selkeästi metsäpaloriskiä nostava vaikutus. Viime vuosina on hakkuutähteitä ja kantoja ruvettu lisääntyvässä määrin korjaamaan bioenergiaksi etenkin kuusivaltaisilta päätehakkuualoilta, mikä vähentää huomattavasti näiden alueiden palokuormaa.

Hakkuutähde kuivuu tuoreesta syttymiskuivaksi verrattain nopeasti, yleensä muutamissa viikoissa. Kuiva, pieniläpimittainen irrallaan oleva hakkuutähde seuraa ilmankosteutta ja reagoi pienellä viiveellä kosteusolosuhteisiin esim. kuloheinän tavoin kuivuen ja kostuen nopeasti. Tiiviit kasat säilyttävät kosteuden huomattavasti paremmin, ja kuivuminen on huomattavasti hitaampaa ja kosteusvaihtelu vähäisempää. Esim. hakkuutähdevarastojen kosteuspitoisuus on useimmiten yli 35 % (tuoreainesprosentti) (Nurmi 1999a, b).



Kuva 36. Järeää maapuustoa.

Hakkuutähteen lämpöarvo on jopa runkopuun lämpöarvoa korkeampi, mikä johtuu neulasten osuudesta sekä oksapuun korkeasta, ligniinipitoisen ja raskaan lylypuun osuudesta (Nurmi 1993, 1997). Puun eri osien ja eri puulajien väliset erot ovat kuitenkin melko pieniä, ja peittyvät kosteudesta aiheutuvan vaihtelun alle (Nurmi 1993). Pieniläpimittaisena hakkuutähde myös lahoaa nopeasti, keskimäärin muutamassa vuodessa, jolloin sen palamisominaisuudet heikkenevät merkittävästi pienentäen syttymisriskiä.



Kuva 37. Pökkelöt ja kannot voivat palaa pitkään.

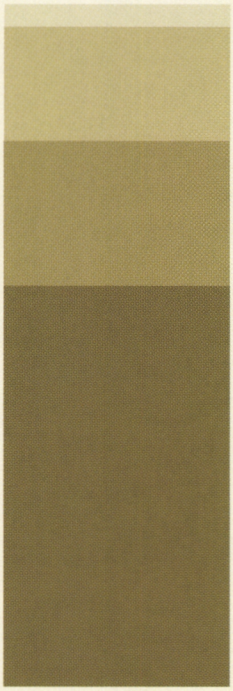
Metsään syntyy kuollutta maapuustoa sekä luontaisesti että metsien käsittelyn seurauksena. Aiemman metsänhoidon tuloksena maapuun määrä metsissä on keskimäärin varsin pieni, erityisesti Etelä-Suomessa, vain muutamia kuutioita hehtaarilla (Metsätilastollinen… 2009). Nykyisten metsänkäsittelyohjeiden tuloksena metsiin suositellaan nykyään jätettäväksi yksittäiset maapuut sekä pienehköt maapuukeskittymät. Tällaiset kaatuneet puut sisältävät luonnollisesti myös herkästi syttyvän oksiston ja neulasiston. Vaikka tällaisilla yksittäisillä puilla ja maapuuryhmillä ei niiden vähäisen määrän vuoksi välttämättä ole suurta merkitystä metsäpalon leviämiselle, voi niiden rooli paikallisesti olla merkittävä palointensiteetin ja liekinkorkeuden lisääjänä. Etenkin peitteisissä metsissä olevat kuivat maapuuryhmät voivat siten lisätä latvapaloriskiä.

Järeän maapuuston (kuva 36) merkitys metsäpalojen syttymisessä on vähäisempi. Ne palavat vaihtelevasti riippuen palon yleisestä intensiteetistä. Riittävän voimakkaassa palossa rungot kuitenkin hiiltyvät muodostaen suuren määrän hehkuvaa pintaa. Tällöin niiden sammutus voi olla vaikeaa ja työllistävää, mikä pätee myös kantoihin (kuva 37). Erityisesti runsaasti pihkaa tai tervaa sisältävät rungot ja kannot saattavat säilyttää tulta pitkään ja siten hankaloittaa sammutustyötä.

5.5 Pohja- ja maakerros

Metsikön alimmat kerrokset, pohja- ja maakerros, ovat Suomen oloissa ehkä keskeisin metsän paloriskiin vaikuttava kerros. Koska pohja- ja maakerros liittyvät elimellisesti yhteen muodostaen yhteenkuuluvan kokonaisuuden, käsitellään ne tässä yhdessä.

Suomalaiselle metsämaalle on ominaista viileän ja sateisen ilmaston sekä siitä aiheutuvan hitaan hajotustoiminnan vuoksi pitkän ajan tuloksena syntynyt kerroksellinen *podsolimaannos* (kuva 38). Siihen kuuluu kivennäismaan päälle muodostunut vaihtelevan paksuinen *kangashumus* eli *kangasturve* (kuvat 39 ja 40) ja sen päällä oleva sammal- tai jäkäläker-



Kuva 38. Suomalaisen podsoloituneen metsämaan perusrakenne.



Kuva 39. Kuivan kankaan podsolimaannos, jossa kangashumuskerros on ohut.



Kuva 40. Tuoreen kankaan podsolimaannos, jossa kangashumuskerros on paksumpi.



Kuva 41. Turvetta.

ros. Sammal- tai jäkäläkerroksen yläosassa tai sen päällä on lisäksi vaihtelevanpaksuinen ja usein epäyhtenäinen karikekerros (kuva 42). Rehevimmillä metsämailla, lehdoissa ja lehtomaisilla kankailla, podsoloituminen on heikkoa tai puuttuu kokonaan. Turvemailla, joita Suomen metsämaista on noin kolmasosa, pääosan maaprofiilista muodostaa suokasvien puutteellisen hajoamisen tuloksena syntynyt *turve* (kuva 41), joka vähittäin vaihettuu pohjakerroksen eläviin suokasveihin, tärkeimpänä ryhmänä rahkasammalet (*Sphagnum*-suku). Ojituksen tuloksena turvemaiden kuivuessa suokasvit korvautuvat kangasmaiden kasvillisuudella, ja turvekankaan pintaan muodostuu metsäsammaleinen pohjakerros, jonka seurauksena alkaa muodostua kangashumusta. Turvemaiden ojituksen aikaansaama kuivuminen on kuitenkin luonteeltaan erittäin vaihtelevaa johtuen mm. ojien määrästä ja laadusta, ojituksen iästä, alkuperäisestä suotyypistä sekä sijainnista. Metsäojitettuja soita on turvemaista hieman yli puolet, eikä määrä enää nouse, pikemminkin mahdollisesti hieman pienenee soiden ennallistamisen ja taloudellisesti kannattamattomien ojitusten kunnostamatta jättämisen myötä, vaikkakin ojitettujen soiden kehittyminen turvekankaiksi jatkuu (Vanha-Majamaa ja Reinikainen 2000). Vähäisen tutkimustiedon ja -toiminnan vuoksi sekä soiden pienen paloriskin vuoksi ei tässä kirjassa tarkemmin luonnehdita turpeen palo-ominaisuuksia, jotka on tarkemmin kuvattu muun muassa turvetuotantoalueiden palontorjuntaohjeissa (Torjutaan turvepaloja 2009). Turve on hienojakoinen, kuivana helposti syttyvä materiaali, joten ojitetuilla turvemailla maapalon riski on suuri. Erityisen riskialttiita ovat turvetuotantoalueet ja niitä ympäröivät metsät. Koska turve on syttymisriskiltään ja palokäyttäytymiseltään lähellä kangasturvetta, voidaan jäljempänä esitettyä kangasturpeen luonnehdintaa soveltaa myös turpeeseen.



Kuva 42. Kariketta.

Karike (kuva 42) muodostuu lähinnä puista putoavista aineksista, jotka kerrostuvat maan pintaan. Suomen oloissa karikkeen kasautuminen on melko vähäistä, ja usein karike ei edes muodosta selkeää mattomaista kerrosta. Muualla maahan kerrostuva runsas karike on usein olennaisimpia metsäpaloriskiä lisääviä tekijöitä. Lähinnä ainoastaan tiheissä kuusikoissa, joissa runsaan varjostuksen vuoksi kasvillisuus on vähäistä, voi neulaskarike muodostaa selkeästi erotettavan kerroksen. Muulloin karike sekoittuu yleensä muuhun kasvillisuuteen. Karike voidaan jakaa oksa-, neulas- ja lehtikarikkeeseen sen päämuodostajan mukaan. Suomalaisten havumetsien karike on yleensä sekakariketta, joka koostuu oksista, neulasista, kaarnasta ja kävyistä. Karikkeen biomassa vaihtelee melko vähän eri metsätyypeillä (6,7–8,3 t/ha) (taulukko 3). Etenkin hienojakoisen karikkeen, kuten



Kuva 43. Palava muurahaispesä – haaste jälkisammutukselle.

neulaskarikkeen, kasautumat (esim. muurahaispesät) syttyvät helposti ja saattavat jatkaa palamista pitkään, osin kytemälläkin (kuva 43).

Jäkälät, etenkin poronjäkälät (*Cladonia*-suku, kuva 44), ovat huomattava pohjakerroksen muodostaja kuivilla metsätyypeillä. Poronjäkälien peittävyys on Etelä-Suomessa keskimäärin muutamia prosentteja ja Pohjois-Suomessa 5–10 % (Nousiainen 2000). Jäkälien esiintyminen keskittyy kuitenkin selkeästi kuivimmille metsätyypeille, joissa niiden peittävyys on huomattavasti korkeampi. Kuivimpia kasvupaikkatyyppejämme, karukkokankaita, luonnehtiikin luonnonoloissa lähes yhtämittainen jäkäläkasvusto. Poronhoito ja paikoin jäkälänkeruu on kuitenkin merkittävästi vähentänyt poronjäkäliä Pohjois-Suomessa. Poronjäkäläkasvuston toipuminen esim. palosta tai voimakkaasta laidunnuksesta kestää verraten kauan, noin 20–40 vuotta (Ahti 1959).

Poronjäkälien varsi on hyytelöainesta, joka ei pysty varastoimaan vettä, mikä tekee jäkälistä vesitaloudeltaan ääreviä (Pech 1989). Jäkälien kosteuskäyttäytyminen muistuttaa lähinnä hienoja puuaineksia ja kuloheinää, eli ne kuivuvat nopeasti syttymiskosteuteen, suotuisissa olosuhteissa jopa tunneissa. Poronjäkälien haarat ovat ohuita, jopa alle 1 mm. Tästä syystä jäkälät reagoivat herkästi ja nopeasti ilmankosteuteen ja korkeilla (>60 %) ilmankosteuksilla jäkälien haarat muuttuvatkin nahkeiksi, mikä vähentää niiden syttymisherkkyyttä (Pech 1991). Poronjäkälät ovat kasvutavaltaan haarovia mikä tekee niistä aineksina ilmavia. Poronjäkälät ovatkin pääsääntöisesti kuivan sään vallitessa erittäin syttymisherkkiä ja palavat tyynissäkin oloissa. Ilmavan rakenteensa vuoksi poronjäkälät ovat kevyitä ja niiden muodostama palokuorma pienehkö, suurimmillaan karukkokankailla keskimäärin 1,2 t/ha (taulukko 3). Tästä syystä jäkäläkankaiden palot ovat yleensä matalaintensiteettisiä pintapaloja.

Sammalet ovat yleisin pohjakerroksen muodostajaryhmä. Metsien sammalkerroksen lajeista yleisimpiä ovat seinäsammal (*Pleurozium schreberi*), kerrossammal (*Hylocomium splendens*) ja kynsisammalet (*Dicranum*-suku) (kuvat 45–47), joita tässä kirjassa nimitetään yhteisnimellä *metsäsammalet* tai *kunttasammalet*. Ne muodostavat pääsääntöisesti etenkin tuoreiden ja kuivahkojen kasvupaikkojen metsille luonteenomaisen yhtenäisen, paksuhkon sammalmaton. Seinäsammal on näistä yleisin ja runsain. Sen peittävyys on Etelä-Suomen kuivahkoilla ja kuivilla kankailla noin 30 % ja tuoreilla kankailla hieman alempi. Pohjois-Suomessa se on runsaimmillaan tuoreilla kankailla (Mäkipää 2002). Kerrossammal on koko maassa runsaimmillaan tuoreilla kankailla, joissa sen peittävyys on noin 10 %. Kynsisammalten peittävyys on niin ikään noin 10 %. Kaikki metsäsammalet, etenkin kerrossammal, vähenevät jossain määrin uudistushakkuun ja sitä seuraavan maanmuokkauksen seurauksena. Kerrossammalen määrä on vähentynyt viime vuosikymmeninä, kun taas kynsisammalten runsaus on kasvanut (Mäkipää 2000, Mäkipää ja Heikkinen 2003). Aukeilla aloilla ja taimikoissa metsäsammalet vähenevät, mutta runsastuvat sukkession myötä varjostuksen kasvaessa. Lehtipuuvaltaisuus vähentää sammalkerroksen yhtenäisyyttä ja paksuutta. Metsissä kasvaa runsaasti myös muita sammalia, mutta niiden peittävyys on huomattavasti kolmea valtalajia pienempi. Lisäksi näiden lajien esiintyminen painottuu rehevimmille metsätyypeille, jossa sammalkerros ei muodosta samanlaista yhtenäistä mattoa kuin tuoreilla ja kuivahkoilla kankailla, eikä metsäpaloriski muutenkaan ole korkea (Tonteri ym. 2005).

Sammalkerroksen kokonaisbiomassa on korkeimmillaan tuoreilla, kuivahkoilla ja kuivilla kankailla, keskimäärin noin 2 t/ha (taulukko 3).

Sammalten vesitalous vaihtelee. Osalla sammalista on varrensisäisiä vedenjohtosolukkoja, joten ne pystyvät ainakin jossain määrin säätelemään vesipitoisuuttaan (Proctor 1982). Rahkasammalilla on erityisiä rahkasoluja, jotka varastoivat vettä. Suurin osa sammalista, kuten metsäsammalet, eivät pysty sisäisesti aktiivisesti säätelemään vesitalouttaan kuten putkilokasvit, vaan niiden vesipitoisuus vaihtelee jäkälien tavoin ympäristöolosuhteiden mukaan. Sammalet pystyvät kuitenkin kasvutapansa vuoksi pidättämään vettä passiivisesti huomattavasti jäkäliä paremmin, mikä hidastaa niiden kuivumista (Proctor 1982). Pääsääntöisesti sammalten vedenpidätyskyky selittyy sammalkasvuston tiheydellä. Tiiviysvaikutusta lisäävät sammalen varsia reunustavat varsilehdet ja joidenkin sammalten varsia reunustava ns. juurtumahuovasto. Juurtumahuovaston ja varsilehtien avulla sammalten kapillaarinen vedenpidätyskyky nousee, ja osa sammalista pystynee jopa nostamaan vettä tyvestä latvaan, vaikkakin heikosti (Carleton ja Dunham 2003). Näistä syistä sammalten vedenpidätyskyky on eri lajeilla hyvinkin erilainen.

Metsäsammalista seinä- ja kerrossammal ovat kosteuskäyttäytymiseltään melko samanlaisia (Busby ja Whitfield 1978). Sen sijaan kynsisammalkasvusto on patjamaisen tiivis, ja sen vedenpidätyskykyä lisää usein runsas juurtumahuovaston määrä (Peterson ja Mayo 1975). Tästä syystä kynsisammal kuivuu selvästi seinä- ja kerrossammalta hitaammin (kuva 48), vähentäen sen syttymisherkkyyttä. Toisaalta kynsisammalkasvustot sisältävät runsaasti biomassaa, joten tarpeeksi suotuisissa olosuhteissa, esim. kovassa tuulessa, ne voivat palaa korkealla intensiteetillä.



Kuva 44. Poronjäkäliä.



Kuva 45. Seinäsammal.



Kuva 46. Kynsisammal.



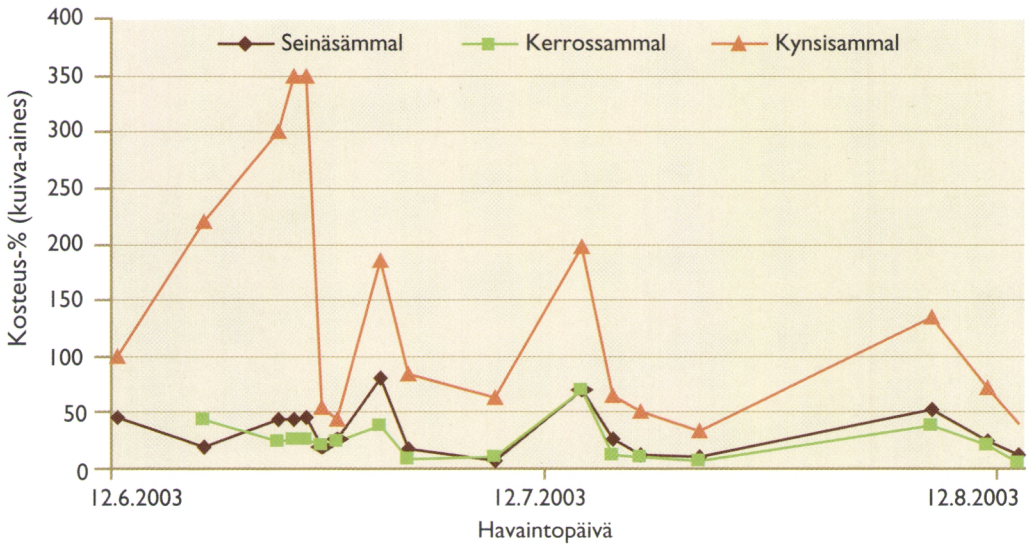
Kuva 47. Kerrossammal.

Vaikka sammalten ja jäkälien välillä on selkeitä eroja niiden kosteuskäyttäytymisessä, on kuitenkin muistettava, että käytännössä metsien sammalmatto on lähes aina mosaiikkimaisesti sekakasvustoinen, joten yksittäisten sammallajien paloherkkyys ei liene yleisen paloriskin kannalta kovin olennaista, toisin kuin koko sammalkerroksen. Koska seinäsammal on metsäsammalista yleisin ja runsain, lienee järkevintä käyttää haluttaessa sen ominaisuuksia sammalkerroksen kuvaajana, kuten viimeaikaisissa suomalaisissa tutkimuksissa on tehty (Larjavaara ym. 2004, Tanskanen ym. 2006).

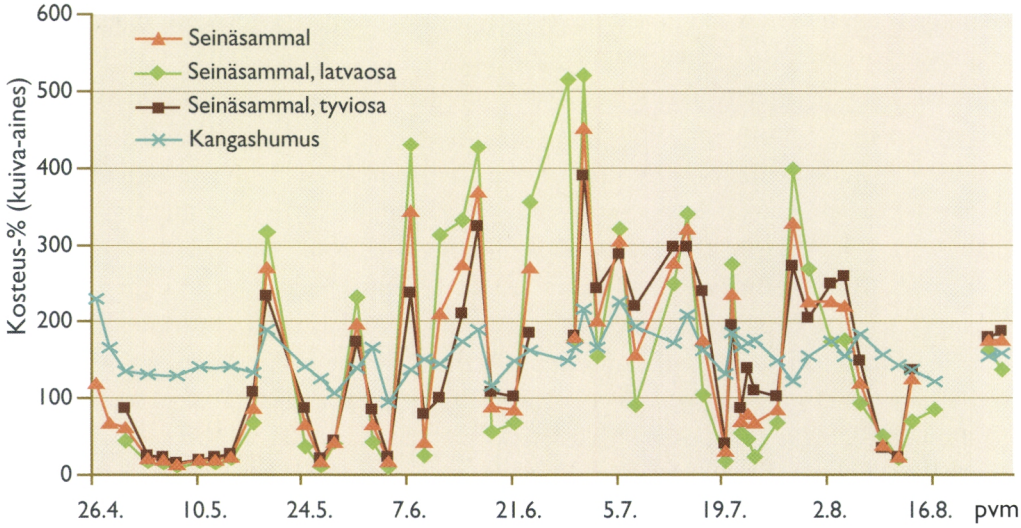
Sammalkerroksen alla on osittain hajonneista kasvinjäänteistä koostuva *kangashumus* eli *kangasturve*, joka vaihettuu asteittain sammalkerrokseen muodostaen kivennäismaan pinnalle vaihtelevan paksuisen huopamaisen kerroksen. Sen koostumus ja paksuus vaihtelee huomattavasti (Tamminen 1991, Lauren 1999). Sammal/jäkäläkerroksen ja pohjamaan muodostama kokonaisuus on kosteusvaihtelultaan ja syttymisherkkyydeltään ongelmallinen, koska sille on ominaista suuri kosteusvaihtelu. Sammalkerroksen pintaosat kuivuvat nopeasti, kun taas sen alempi kerros ja kangashumus hitaasti (kuva 49).

Kuivan ja kostean aineksen raja on jyrkkä (Bjor 1965, Vasander ja Lindholm 1985), usein sormillakin tunnisteltavissa, mitä ominaisuutta esim. metsäammattilaiset ovat käyttäneet sopivaa kulotusajankohtaa arvioitaessa.

Tästä syystä syttymisherkkyyden arviointi voi olla hankalaa, koska esim. koko sammalkerrokselle annetut arvot eivät kuvasta pintakerroksen kosteutta (kuva 49). Usein kuitenkin 30 prosentin kosteutta pidetään karkeana syttymisherkkyyden rajana sammalkerrokselle ja kangashumukselle (Granström ja Schimmel 1998), joskin orgaanisten ainesten syttymiskosteuksissa esiintyy huomattavaa vaihtelua (Frandsen 1997). Suuremmissa kosteuksissa kangashumus voi palaa, mutta tällöin se vaatii lisälämpöä, esim. hakkuutähteiden palamista (Sandberg 1980). Tällöin kytevän maapalon riski kasvaa. Humuskerroksen kosteudella voidaan myös ennustaa humuskerroksen palosyvyyttä (Sandberg



Kuva 48. Kolmen eri sammallajin kuivuminen avohakkuualalla (Lammi, Evo, 2003, Metla, julkaisematon aineisto).



Kuva 49. Seinäsammalen, seinäsammalen latvaosan, tyviosan sekä kangashumuskerroksen (seinäsammal, humus) kosteusvaihtelu kuivahkon kankaan avohakkuualalla (Lammi, Evo, kesällä 2004, Metla, julkaisematon aineisto).

Syttymisherkät päivät (sammalen kosteus < 30 %):

Seinäsammal, latvakerros	12/51
Seinäsammal, tyvikerros	9/51
Seinäsammal, koko kerros	10/51
Kangashumus, koko kerros	0/51

Kuvasta käy selkeästi esiin kangashumuksen kuivumisen hitaus ja kosteusvaihtelun tasaisuus. Kesällä 2004 humus ei edes aukealla alalla kuivunut missään vaiheessa alle 100 prosentin, joten humuksen kuivuminen 20–30 prosentin kosteuksiin vaatii poikkeuksellisen pitkän kuivan jakson. Vastaavasti sammalkerroksen pintakerros on käyttäytymiseltään äärevä kostuen ja kuivuen verrattain nopeasti.

1980, Hille ja Ouden 2005, Hille ja Stephens 2005), millä on suuri merkitys esim. kulotustavoitteita arvioitaessa. Sammalen pintakerros voi kuitenkin olla kuivaa jo huomattavasti suuremmissa kosteuksissa. Sammalen syttymisherkkyys ei kuitenkaan tästä syystä aina kuvasta merkittävää metsäpaloriskiä, koska syttyminen ei siis aineksen heterogeenisen kosteuden vuoksi välttämättä johda riittävän korkeaintensiteettiseen metsäpaloon.

Jäkälien tavoin sammalet reagoivat nopeasti ilmankosteuteen (Proctor 1982). Tästä syystä (samoin kuin esim. vähäisten sateiden kostuttamana) kerrostuminen voi olla myös päinvastaista kuin kuivumisprosessissa, eli pintakerros saattaa esim. yökosteuden vuoksi olla tilapäisesti kosteampi ja syttymätön, mutta voi kuivua hyvinkin nopeasti. Sammalten ja jäkälien syttymiskosteutta voi näistä syistä karkeasti arvioida tunnustelemalla versojen ”rapsahtelevuutta” (Granström ja Schimmel 1998).

Kangasturpeen paksuus vaihtelee kasvupaikkatyypistä, puustosta ja ilmastosta riippuen (Tamminen 1991, Lauren 1999). Paksuimmillaan kerrokset ovat viileissä ja kosteissa olosuhteissa, joissa alla oleva maaperän vedenpidätyskyky on suuri, puusto varjostava ja ilmasto kosteanviileä. Kehittyneimmät kerrokset ovatkin siten tuoreiden kankaiden kuusikoissa, etenkin Pohjois-Suomessa, jossa ne paksuimmillaan voivat olla yli 10, tai jopa yli 15 cm (Siren 1955), mutta periaatteessa lähes kaikissa kangasmetsissä on jon-

kun paksuinen kerros. Keskimäärin humuskerroksen paksuus tuoreilla ja kuivahkoilla kankailla vaihtelee viiden sentin molemmin puolin (Tamminen 1991). Kuivilla ja karukkokankailla kerros on ohuempi samoin kuin lehtomaisilla kankailla, joilla humuskerros on usein epäsäännöllisempi ja paloherkkyyden kannalta vähämerkityksellisempi. Lehdoissa kangashumusta ei juuri muodostu, vaan orgaaninen aines ja kivennäismaa ovat sekoittuneita.

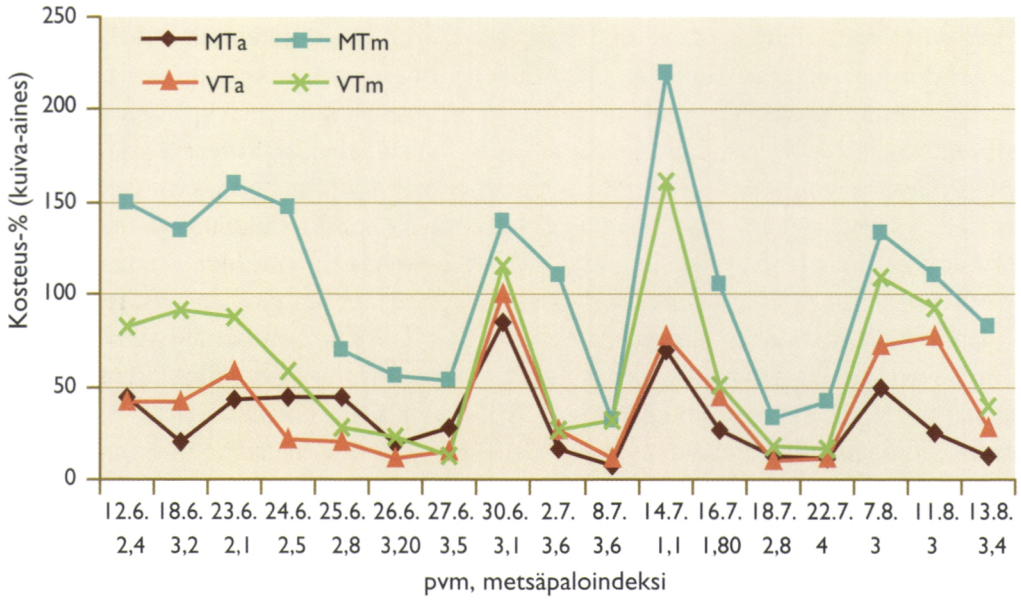
Humuskerroksen biomassa on kuivahkoilla, tuoreilla ja lehtomaisilla kankailla noin 50–60 t/ha, kuivilla kankailla noin 45 t/ha ja karukkokankailla noin 35 t/ha (taulukko 3). Lehdoissa humuskerros on epämääräinen tai puuttuu kokonaan. Vaikka lehdoissa ja lehtomaisella kankaalla humuksen massa on korkea, se on enemmän sekoittunutta kivennäismaahan ja siten vähemmän kangasturvemaista, mikä vähentää paloriskiä.

Sammalkerros ja kangashumus ovat siis vaihtelevia ja niiden paloherkkyys onkin usein vaikeasti arvioitava. Paksun orgaanisen kerroksen omaavat (paksukerroksiset) metsät kuivuvat hitaasti, mutta toisaalta pitkäaikaisen kuivuuden seurauksena niiden suurempi palokuorma voi palaa korkealla intensiteetillä. Paksukerroksisissa metsissä on myös merkittävä maapalon riski, etenkin pitkien kuivien kausien aikana. Tällöin humuksen kosteus laskee alle 50 prosentin (Frandsen 1987). Ohutkerroksiset metsät taas kuivuvat nopeammin, ja aiheuttavat useimmin helpommin hallittavan matalaintensiteettisen pintapalon. Tiiviinä materiaalina sammalkerroksen syttyminen ja palon leviäminen siinä ovat lisäksi varsin riippuvaisia tuulesta. Vuonna 2004 kasvihuoneolosuhteissa tehdyissä kokeissa poltettiin pieniä sammalnäytteitä erilaisissa kosteuksissa ja tuulennopeuksissa. Kokeissa havaittiin tuulen nopeuden lisäävän olennaisesti sammalten syttymisherkkyyttä. Etenkin kynsisammalen syttymisessä tuulella todettiin olevan ratkaiseva merkitys, mikä johtunee kynsisammalen tiiviistä ja patjamaisesta kasvutavasta. Ilmavampi jäkälä oli vähemmän herkkä tuulen vaikutukselle (Metsäntutkimuslaitos, julkaisematon aineisto). Huomionarvoista on myös paksun ja heterogeenisen maakerroksen eri osien erilainen herkkyys erilaisille syttymistavoille. Nopeasti kuivuvien pintakerrosten syttyminen avoliekillä selittyy lähinnä pintakerroksen kosteudella, johon tuuli vaikuttaa huomattavasti (Lawson ym. 1994, Lawson ja Dalrymple 1996), kun taas syvemmän kerroksen syttymiseen hehkusytytyksenä vaikuttavat materiaalin ominaisuudet ja kos-

Taulukko 3. Karikkeen, pohjakerroksen, kenttäkerroksen ja humuskerroksen keskimääräiset biomassat (tonnia/hehtaari) eri kasvupaikkatyypeillä (Metla, Biosoil-hanke, julkaisematon aineisto).

Biomassa tonnia/ha	Lehtomainen kangas	Tuore kangas	Kuivahko kangas	Kuiva kangas	Karukko-kangas
Karike	7,33	6,73	6,84	7,21	8,29
Sammalet	0,58	1,42	2,06	2,04	0,81
Jäkälät	0,00	0,01	0,20	0,40	1,20
Humuskerros	57,0	59,0	52,0	45,0	35,0
Varvut	0,26	0,98	1,21	2,51	1,01
Ruohot	0,15	0,04	0,02	0,00	0,00
Heinät	0,45	0,27	0,19	0,03	0,01

teus (Lawson ym. 1997). Syvempien kerrosten hehkusyttyminen voi tapahtua varsin korkeissakin kosteuksissa (50–100 %) (Frandsen 1997), mikä selittyy osittain materiaalin hienojakoisuudella, osittain ilman viilentävän vaikutuksen ja hukkalämmön puuttumisena (Frandsen 1997). Esimerkiksi salama voi sytyttää orgaanisen kerroksen syvältä varsin kosteissakin olosuhteissa, jolloin palo voi säilyä kytemällä pitkään ja suotuisissa olosuhteissa muuntua avoliekkiseksi pintapaloksi ja mahdolliseksi latvapaloksi (Anderson 1993). Koska sammalkerroksen ja kangasturpeen kuivuminen on hidasta, vaihtelee samanpaksuisen kerroksen kosteus huomattavasti metsiköittäin (Tanskanen ym. 2006). Puustoisimmissa metsiköissä runsas varjostus vähentää säteilyenergian lämmittävää vaikutusta ja vaimentaa tuulta (kuva 50). Huomionarvoista on myös se, että metsiköiden sisällä voi kosteusvaihtelu olla huomattavaa (Chrosciewicz 1989).



Kuva 50. Seinäsammalkerroksen keskimääräinen kosteusvaihtelu sekä metsäpaloindeksin arvo neljällä eri metsikkötyypillä (Lammi, Evo 2003, Metla, julkaisematon aineisto).

MTa= tuoreen kankaan aukea ala
MTm= tuoreen kankaan varttunut kuusivaltainen metsikkö
VTa= kuivahkon kankaan aukea ala
VTm= kuivahkon kankaan varttunut mäntyvaltainen metsikkö

Syttymisherkät päivät:

MTa	9/17
MTm	0/17
VTa	9/17
VTm	6/17

Kuusikoiden alhainen syttymisherkkyys on ilmeinen. Lisäksi käy ilmi, että vaikka ainoastaan yhtenä päivänä metsäpaloindeksi nousi metsäpalovaroituksen kynnysarvoon 4, niin syttymisherkkiä kosteuksia mitattiin jo huomattavasti alemmissa indeksin arvoissa, jopa hyvin alhaisia alle 10 prosentin kosteuksia.

6 Suomen paloainestyypit

6.1 Luokittelun perusteet

Metsät jaetaan seuraavassa luokittelussa erilaisiin paloainestyyppeihin. Paloainestyyppi on metsäpaloriskin ja palon käyttäytymisen kannalta jokseenkin homogeeninen yksikkö, jonka paloaineksien koostumuksen, määrän ja rakenteen tulee olla riittävän yhtenäinen. Paloainestyyppi määräytyy siis kullekin tyypille luonteenomaisen kasvillisuuden mukaan (mukaan lukien puusto), johon vaikuttavat luonnon omat prosessit ja harjoitettu metsänhoito.

Paloainestyyppiin vaikuttavat tärkeimmät tekijät voidaan jakaa maaperään, puustoon ja ilmastoon. Ilmastoa ei kuitenkaan tässä luokittelussa käytetä, joten samoja tyyppejä sovelletaan koko Suomen alueelle. Paloainestyypit haluttiin määritellä vakiintuneiden metsätaloudessa käytettyjen muuttujien mukaan, jotta tarvittaessa voidaan hyödyntää metsäsuunnittelun yhteydessä kerättävää kuviotietoa. Paloainestyypit muodostettiin kasvupaikkatyypin, puulajin ja kehitysluokan avulla, ja niitä voi täydentää puuston määrää kuvaavalla muuttujalla, kuten tilavuudella tai runkoluvulla. Nykyiset suunnittelu- ja paikkatietojärjestelmät mahdollistavat tarvittaessa nopeat kuviokohtaiset tiedon haut. Yleisesti voidaan kuitenkin todeta, että tässä esitetyt tyypit ovat luonteeltaan karkeita ja kuvailevia, eivätkä kovinkaan tarkasti pysty ennustamaan monien paloherkkyyden kannalta keskeisten muuttujien, kuten hienon paloaineksen, määrää tai jatkuvuutta.

Keskeistä on kuitenkin ymmärtää niitä syttymis- ja paloriskin vaihtelusuuntia, joita eri muuttujat kuvaavat, ja joiden avulla paloainestyypit on laadittu. *Kasvupaikkatyypit* kertovat etenkin pohja- ja kenttäkerroksen kasvillisuudesta, metsikön yleisestä kuivuudesta, ja kuvastavat syttymisherkkyyttä: eli mitä kuivempi ja karumpi tyyppi, sen suurempi syttymisherkkyys.

Kehitysluokka kuvaa metsikön kehitysvaihetta, joka vaikuttaa varjostuksen kautta säteilymäärään ja siten metsikön kuivumiseen ja syttymisherkkyyteen: aukeat alueet kuivuvat nopeammin ja ovat syttymisherkempiä. Toisaalta muuttuvat säteilyolosuhteet vaikuttavat myös kasvillisuuteen, jonka nopea kehitys alentaa syttymisherkkyyttä etenkin tuoreilla ja lehtomaisilla kasvupaikkatyypeillä, joskin keväällä kuloheinän runsas määrä saattaa hetkellisesti lisätä syttymisriskiä. Kehitysluokkaa voidaan täsmentää puuston määrällä ja puulajilla, jotka kuvaavat palokuorman määrää ja laatua ja siten etenkin latvapalomahdollisuutta. Etenkin *puulajilla* voidaan täsmentää syttymisherkkyyttä ja paloriskiä. Lehtipuuvaltaisuus vähentää yleisesti syttymisherkkyyttä ja paloriskiä, mäntyvaltaisuus lisää syttymisherkkyyttä, mutta useimmiten vähentää latvapaloriskiä kun taas kuusivaltaisuus vähentää syttymisherkkyyttä ja lisää latva- ja maapaloriskiä. Lisäksi etenkin latvapaloriskiä voidaan täsmentää metsän rakenteella. *Tasarakenteisissa* metsissä (kuva 23) latvapaloriski on pienin, *kaksijaksoisissa* (kuva 25) riski on suurempi ja suurimmillaan se on *erirakenteisissa* metsissä (kuva 24). Kunkin paloainestyypin syttymis-, latvapalo- ja maapaloherkkyyttä on arvioitu neliportaisella järjestysasteikolla: pieni-kohtalainen-suuri-erittäin suuri (taulukot 4–5, s. 82). Luokitus

on kokemusperäinen eikä perustu mitattuihin tunnuksiin. Neliportaisuuteen päädyttiin mm. siksi, että viimeaikaisissa metsäpalontorjuntaan liittyvissä ohjeissa on usein käytetty neliluokkaista asteikkoa. Luokittelu on luonnollisesti edellyttänyt kompromisseja ja rajanvetoja, koska käytetyt muuttujat esiintyvät luonnossa jatkumoina, mikä on hyvä muistaa luokitusta sovellettaessa.

6.2 Käytetyt muuttujat

6.2.1 Kasvupaikkatyypit

Suomessa metsäkasvupaikkojen viljavuuden luokittelu pohjautuu aluskasvillisuuden perusteella määriteltäviin metsätyyppeihin (Hotanen ym. 2008). Koska luokittelu pohjautuu aluskasvillisuuteen, se antaa myös melko hyvän kuvan metsätyyppien kasvillisuuden rakenteesta, mitä voidaan käyttää hyväksi paloherkkyyden arvioinnissa.

Metsämaat jaetaan turvemaihin ja kivennäismaihin. Turvemaiden pääasiallinen maalaji on eloperäisestä materiaalista koostuva turve, kun taas kivennäismaiden maalajit ovat rapautumisen perusteella syntyneitä ja jääkauden kerrostamia lajittumattomia moreeneja tai lajittuneita maalajeja, kuten hiekkaa tai soraa. Kivennäismaiden kasvupaikkatyypit jaetaan kuuteen pääluokkaan eli *pääkasvupaikkatyyppiin: lehtoihin, lehtomaisiin kankaisiin, tuoreisiin kankaisiin, kuivahkoihin kankaisiin, kuiviin kankaisiin* ja *karukkokankaisiin.* Koska kasvilajien esiintyminen ja runsaussuhteet Suomessa vaihtelevat huomattavasti maantieteellisesti, on Suomi jaettu ns. metsäkasvillisuusvyöhykkeisiin, joissa kullekin kasvupaikkatyypille on kuvattu omat metsätyyppinsä, jotka on nimetty niitä luonnehtivien kasvilajien mukaan (lyhenteet on johdettu nimikkokasvilajien tieteellisistä nimistä). Siten esim. tuoreen kankaan metsätyyppinä Etelä-Suomen metsäkasvillisuusvyöhykkeellä on mustikkatyyppi (*Myrtillus*-tyyppi, MT) ja Pohjanmaa-Kainuun vyöhykkeellä variksenmarja-mustikkatyyppi (*Empetrum-Myrtillus*-tyyppi, EMT).

Rehevimmillä tyypeillä, lehdoissa ja lehtomaisilla kankailla (kuva 51), ruohokasvillisuus on vallitsevaa, sammalkerros aukkoinen ja yleensä muiden kuin kunttasammalten vallitsema ja kangashumus ohut ja epäsäännöllinen. Lehdoissa maannos on usein *ruskomaannosta*, jossa kivennäismaa ja orgaaninen aines ovat sekoittuneet pinnasta multamaiseksi ainekseksi. Lehtomaisilla kankailla maannos on usein heikosti podsoloitunutta (kerrostunutta), ja kangashumuskerros on yleensä ohut ja heikosti kehittynyt, vaikka sekoittunutta humusta massana voi olla runsaasti. Näiden tyyppien syttymisriski on pieni, joskin keväällä kuloheinän määrä voi olla runsas, mikä lisää tällaisten metsiköiden paloherkkyyttä ennen kuin tuore heinä kasvaa tilalle. Korkeaintensiteettisissä latvapaloissa tällaisetkin metsiköt voivat palaa, mikäli latvuskerros on latvapalon leviämiselle sovelias, sääolosuhteet paloa suosivat ja palo riittävän voimakas. Paloriski ei tällöin liity kasvupaikkaan, vaan poikkeukselliseen, yleensä muualta alkaneeseen suurpaloon ja siihen liittyvään latvuskerroksen paloon.

Tuoreiden kankaiden (kuva 52) kenttäkerros on yleensä puustoisissa metsiköissä voimakkaan varjostuksen takia varpuvaltainen, mustikan ja puolukan muodostama. Pohja-

Kuva 51. Lehtomainen kangas.

Kuva 52. Tuoreen kankaan tasarakenteinen kuusikko.





Kuva 53. Kuiva kangas.

kerros on sammalvaltainen ja pääosin metsäsammalista koostuva. Kangashumuskerros on paksu ja selvästi erottuva. Aukeilla aloilla, sekä nuorissa ja lehtipuuvaltaisissa metsissä varpu- ja sammalkerros ovat niukempia, ja niiden tilalla kasvaa runsaammin erilaisia heiniä ja ruohoja. Tuoreen kankaan paloherkkyys vaihteleekin runsaasti puuston mukaan. Aukeat alat ja nuoret metsät eivät ole kovin syttymisherkkiä, joskin heinittyneillä aloilla runsas kuloheinän määrä lisää keväisten ruohikkopalojen riskiä. Vanhemmat havupuuvaltaiset metsiköt ovat periaatteessa syttymisherkkiä, mutta runsaan varjostuksen vuoksi vaativat pitkän kuivuuden, jotta sammalkerros kuivuu syttymiskosteuteen (Tanskanen 2007). Tuoreilla kankailla on maapaloriski, etenkin silloin kun sammal ja humuksen päällyskerros ovat riittävän kuivia. Tuoreet kankaat kuivuvat kuitenkin hitaasti, joten niiden yleinen syttymisherkkyys on alhainen. Tuoreiden kankaiden puustot ovat usein kuusivaltaisia, ja riski palon leviämiselle suotuisissa olosuhteissa latvapaloksi on merkittävä. Latvapaloriski on kuitenkin sidoksissa ensisijaisesti puustoon, ei kasvupaikkaan.

Kuivahkoilla kankailla (kuva 23) vallitsevina varpuina ovat puolukka, kanerva ja mustikka. Kunttasammalten muodostama sammalkerros on yhtenäinen ja poronjäkäliä tavataan yleisesti, mutta niiden peittävyys on vähäinen. Kangashumuskerros on keskimäärin hieman ohuempi kuin tuoreilla kankailla. Kuivahkot kankaat kuivuvat melko nopeasti ja ovat kohtalaisen syttymisherkkiä. Etenkin kuusivaltaisina kuivahkot kankaat muistuttavat tuoreita kankaita palo-ominaisuuksiltaan. Koska kuusivaltaisia kuivahkon kankaan metsiä on vähän ja ne vielä usein luokitellaan tuoreiksi kankaiksi, ei niitä ole eroteltu omaksi tyypikseen, vaikka se asiallisesti olisikin ollut perusteltua. Palon intensiteetti ja latvapaloriski ovat sidoksissa puustoon. Kuivahkot kankaat ovat useimmiten mäntyval-



Kuva 54. Karukkokangas.

taisia ja latvapaloriski on yleensä pienehkö. Kuitenkin tiheissä nuorissa männiköissä sekä runsaasti kuusialikasvosta sisältävissä metsiköissä riski on suurempi, samoin kuin kuusivaltaisissa metsiköissä.

Kuivien ja karukkokankaiden (kuvat 53 ja 54) kenttäkerros on kanerva-variksenmarjavaltaista. Kangashumuskerros on ohut, etenkin karukkokankailla. Sammalten ohella jäkälät ovat häiriöttömästi kehittyneissä metsiköissä runsaita pohjakerroksessa, karukkokankailla vallitsevia. Aukeat alat eivät juurikaan heinity. Kuivat kankaat ja karukkokankaat kuivuvat metsätyypeistämme nopeimmin ja ovat varsin syttymisherkkiä. Koska näiden metsiköiden palokuorma on yleensä vähäinen ja puusto harvaa, ovat tällaisten metsiköiden palot yleensä matalaintensiteettisiä pintapaloja.

6.2.2 Puuston määrä

Puuston määrää kuvataan pohjapinta-alalla ja tilavuudella, tai etenkin nuoremmissa metsissä ja taimikoissa runkoluvulla. Puuston määrä vaihtelee niin iän, kasvupaikan, harjoitetun metsätalouden, kuin satunnaisten tekijöiden vuoksi runsaasti.

6.2.3 Puuston kehitysluokka

Puuston kehitysvaihetta voidaan kuvata metsikön iällä tai metsikön kokoa, puutavaralajikertymää ja metsänhoidollista vaihetta kuvaavalla kehitysluokalla. Paloherkkyysluokituksen kannalta kehitysluokan käyttö on perustellumpaa, koska se antaa jossain määrin

havainnollisemman kuvan metsikön puuston todellisesta kehitysvaiheesta. Sitä voidaan edelleen tarkentaa puuston määrällä ja puulajisuhteilla. Kehitysluokka on eräänlainen yhdistetty metsän ikä-, koko-, rakenne- ja käyttöluokitus. Kehitysluokan avulla voidaan karkeasti arvioida puuston kokoa ja sitä kautta kasvillisuussuhteita, sekä varjostus- ja kuivumisolosuhteita, samoin kuin esim. latvapaloriskiä. Eri metsäalan organisaatioiden käyttämät kehitysluokitukset vaihtelevat jonkin verran, mutta paloainestyyppien laadinnassa on noudatettu laajimmin käytettyä yksityismetsätalouden soveltamaa luokitusta, jossa metsät jaetaan kahdeksaan eri kehitysluokkaan: *aukeat alat, pienet taimikot, varttuneet taimikot, nuoret kasvatusmetsät, varttuneet kasvatusmetsät, uudistuskypsät metsät, siemen- ja suojuspuustot*. Paloainestyypeissä näistä on muodostettu kolme luokkaa: *1. aukeat alat ja pienet taimikot* (sisältävät myös pensaikot sekä siemen- ja suojuspuustot), *2. varttuneet taimikot ja nuoret kasvatusmetsät* sekä *3. varttuneet metsät* (varttuneet kasvatusmetsät ja uudistuskypsät metsät). Aukeat alueet ja taimikot kuivuvat nopeasti, ja hakkuutähteet lisäävät paloriskiä, mutta etenkin rehevimmillä kasvupaikkatyypeillä runsastuva heinä- ja ruohokasvillisuus vähentää syttymisherkkyyttä, samoin kuin metsäsammalten väheneminen (Schimmel 1993, Tanskanen 2007, Schimmel ja Granström 1997). Keväisin kuloheinän määrä on runsas. Varttuneiden metsien kasvillisuus on yleensä varpuvaltaisempi ja sammalkerros yhtenäisempi, mutta kuivuminen hitaampaa etenkin kuusivaltaisissa metsiköissä. Pääsääntöisesti kuitenkin avoimet alueet ovat palotai ainakin syttymisherkempiä kuin varttuneet metsiköt, mutta vakavan, korkeaintensiteettisen metsäpalon syntyyn tarvitaan puustoisempia metsiköitä.

6.2.4 Puulaji

Puulaji vaikuttaa metsäpaloriskiin välillisesti vaikuttaen kasvillisuuteen ja välittömästi latvapaloriskin kautta. Lehtipuuvaltaiset metsät ovat valoisia ja niiden kasvillisuus on usein havumetsiköitä ruoho- ja heinävaltaisempi. Lehtipuiden latvus ei myöskään ole paloherkkä. Kuusivaltaiset metsät ovat varjoisimpia ja niiden kasvillisuus on ainakin tuoreilla kankailla varpuvaltaisempaa ja sammalkerros yhtenäisempi. Kuusen neulasmäärä on suuri, oksisto sisältää aina pieniläpimittaisia kuivia oksia, ja latvus ulottuu vanhoissakin puissa alas asti. Näistä syistä kuusi on puulajeistamme paloherkin. Kuusikoiden kenttä- ja pohjakerros on kuitenkin varjostusolosuhteiden vuoksi usein hitaasti kuivuvaa, ja siksi kuusikoiden syttymisherkkyys ei ole kovin korkea. Männiköt ovat vähäisemmän varjostuksen vuoksi syttymisherkempiä, mutta latvapaloriskiltään pienempiä.

6.2.5 Puuston rakenne

Metsän kehitysluokka ei välttämättä kerro aina riittävästi paloherkkyyteen vaikuttavasta metsän rakenteesta, joten tarvittaessa sitä voidaan käyttää lähinnä tarkentavana muuttujana. Metsän rakenne vaikuttaa etenkin latvapaloriskiin. Tasarakenteisissa metsissä latvapaloriski on pienin, kaksijaksoisissa suurempi ja erirakenteisissa suurin (ks. tarkemmin luku 5.1).

6.3 Erityiskohteet

6.3.1 Myrskytuhoalueet

Voimakkaan myrskyn, trombin tai syöksyvirtauksen seurauksena saattaa metsien puustoa kaatua laajemmalta alueelta tai kapealta kaistaleelta, joko osittain tai täysin lakoon. Vaikka palokuorma sinänsä ei myrskytuhon kohtaamalla alueella lisäänny puiden kaatumisen seurauksena, niin paloaineksien suhteet muuttuvat ratkaisevasti palon intensiteettiä nostavaksi. Mitä enemmän puustoa on kaatunut täysin maanpintaan kasautuneena rytönä, sitä suuremmat edellytykset ko. kohteessa on erittäin voimakasintensiteettisen palon syntymiseen. Vaikka puusto olisi kaatunut myrskyn seurauksena pääosin vain konkeloon, muodostaa se jo selkeän lisäriskin mm. latvapalon syntymiselle palotilanteessa. Myrskytuhoalueiden palokuorma koostuu niin nopeasti kuivuvista hienoaineksista kuin hitaammin kuivuvista järeistä puuaineksista (kuva 55). Siten myrskytuhoalueen paloherkkyys nousee melko pian, jo muutamissa viikoissa, tai viimeistään seuraavana kesänä. Korkean paloriskin aika kestää joitain vuosia, kunnes neulasten maatuminen ja puuaineksen lahoaminen vähentää paloherkkyyttä. Myrskytuhoalueisiin liittyy usein hyönteisten ja sienten aiheuttamia seuraamustuhoja, jolloin kuollutta puuta saattaa syntyä runsaasti useina vuosina. Palontorjunnan kannalta olisi suotavaa, että myrskytuhoalueet raivattaisiin mahdollisimman pian kaatuneesta puustosta ja oksistosta.

Kuva 55. Myrskytuhoissa syntyy hienojen ja järeiden paloainesten kasautumia, mikä lisää paloriskiä ja palon intensiteettiä.



6.3.2 Turvetuotantoalueet

Suomessa on kuivattu tarkoituksellisesti suuri määrä turvesoita kaivamalla niille ojaverkosto, jonka avulla soille luontaisesti kuuluva vesi on saatu johdettua pois. Kuivatuksen tarkoituksena on ollut suoalueen saaminen joko tehokkaamman metsän kasvatuksen käyttöön tai turveteollisuuden käyttöön turvetuotantoalueena (kuva 56).

Metsäpalojen esiintyminen näillä kuivatuilla suoalueilla on tullut kuivatuksen seurauksena mahdolliseksi. Ennen kuivatusta suurin osa suoalueista toimi metsäpalojen luontaisina rajoituslinjoina niiden luontaisen kosteuden tai vetisyyden ansiosta.

Tulen käyttäytyminen kuivatulla tai riittävän kuivaksi pinnastaan kuivuneella suolla poikkeaa jossain määrin tulen käyttäytymisestä kivennäismailla. Turvetuotantoalueiden paloriskeistä ja palontorjunnasta on vastikään julkaistu kattava opas (Torjutaan turvepaloja 2009).

Pääsääntöisesti palo käyttäytyy kuivatulla suoalueella siten, että se etenee tavanomaisena pintapalona suon pinnassa olevassa varvikossa ja kasvustossa. Pintapalon mentyä ohitse alkaa palo porautua turpeen sisälle varsinaiseksi maapaloksi. Palo etenee turpeen sisälle useista kohdin suhteellisen hitaasti kytevinä palopesäkkeinä, joista saattaa maan pinnalle näkyä ainoastaan lievää savunmuodostusta, mutta ei välttämättä aina sitäkään. Mikäli kyteville palopesäkkeille ei tehdä mitään sammutustoimenpiteitä, palo saattaa edetä ja kyteä maanalaisissa pesäkkeissään viikkoja, jopa kuukausia. Vähäiset sateetkaan eivät saa pesäkkeitä sammumaan. Pesäkkeiden sammuttaminen ei myöskään onnistu välttämättä suon pintaa kastelemalla, koska tavallinen vesi ei imeydy riittävän syvälle turpeen sisälle. Ainoastaan ns. ”märkä vesi” eli vesi, jonka pintajännitystä on vähennetty kostutteella (esim. pesuaine), mahdollistaa veden imeytymisen riittävän syvälle palopesäkkeisiin asti. Sammuttamisen nopeuttamiseksi pesäkkeet pitäisi ensin kaivaa auki ja sitten kastella. Turvealueen sammuttaminen on aina erittäin työlästä ja hidasta. Paksu-



Kuva 56. Turvetuotantoalueilla voi syntyä kenttä- tai aumapaloja.

pohjaisen kuntta- tai turvemaan paloalueella oleva puusto alkaa yleensä kaatua itsekseen maahan muutamien päivien tai viikkojen jälkeen palosta, mikäli maapalopesäkkeitä ei saada sammumaan. Maanalaiset pesäkkeet etenevät vähitellen pidemmälle ja polttavat hiiltymällä puiden juuriston, jolloin ne eivät enää pysy pystyssä.

Turvetuotannossa kuivatun ja pintakasvustosta raivatun turvekentän pinnasta "kuoritaan" kuivien poutajaksojen vallitessa kuivaksi muuttunut turpeen pintakerros talteen erityiskoneilla. Koneiden keräämä turvejauhe kasataan yleensä turvetuotantoaleen reunamille nk. turveaumoiksi välivarastointia varten. Näillä teollisen toiminnan piirissä olevilla turvetuotantoaloilla voi kaikista niille määrätyistä varotoimista huolimatta syntyä turvepaloja joko *kenttäpalona* tai *aumapalona*.

Kenttäpalossa tuli etenee kuivan turvekentän pinnassa osin heikosti liekehtien, muodostaen samalla voimakasta savua. Kovan tuulen vallitessa kentän pinnasta irtoava hienojakoinen turvepöly saattaa levittää paloa tuulen mukana erittäin nopeasti. Kentän pinnassa kulkeneen palon jälkeen syntyy palaneen alueen sisälle kyteviä palopesäkkeitä, joista hitaasti hiiltyvä turvepalo alkaa porautua turvekentän sisälle, mikäli pesäkkeitä ei huolella sammuteta heti. Usein turvetuotantoalueelta alkanut kenttäpalo on kovan tuulen vallitessa levittäytynyt tuotantoalueen reunoista lähimetsään ja jatkanut siellä etenemistään varsinaisena metsäpalona.

Aumapalo syntyy pääsääntöisesti itsesyttymisilmiön seurauksena turveaumoiksi muodostettujen korkeiden turvevarastokasojen sisältä. Itsesyttyminen tapahtuu pitkän kehityksen tuloksena lämpötilan kohotessa turveauman sisällä turpeen syttymispisteeseen. Aumapalo on vältettävissä oikealla varastointitekniikalla ja aumojen sisäisen lämpötilan määräaikaisella tarkkailulla. Aumapalo on periaatteessa samankaltainen hitaasti kytemällä turpeen sisällä tapahtuva palamisilmiö, josta edellä on kerrottu turvemaan sisällä kytemällä etenevästä maapalosta. Aumapalon sammuttaminen edellyttää yleensä palopesäkkeen raivaamista esille turveauman sisältä, sekä huolellista kastelua ja märän veden käyttöä.

6.4 Sovellus- ja kehittämismahdollisuudet

Tähän kirjaan koottua tietoa viimeaikaisesta koe- ja tutkimustoiminnasta voidaan toivottavasti käyttää käytännön apuna. Ymmärrys metsien erilaisista paloaineksista ja paloainestyypeistä toivottavasti lisää metsä- ja pelastusalan ihmisten ammattitaitoa. Lisäksi viimeaikoina kertynyt tutkimustieto ja kehittyvät metsäalan kaukokartoitus- ja paikkatietojärjestelmät mahdollistavat halutessa käytännön sovellutusten kehittämisen.

Metsäpalojen torjunnassa muualla maailmassa yleistyvään metsäpaloja ennaltaehkäisevään metsänhoitoon ei Suomessa ole tarvetta. On huomionarvoista, että esim. viime aikoina Pohjois-Amerikassa esitetyt metsäpaloriskiä alentavat toimenpiteet, kuten selkeä ero eri latvuskerrosten välillä, poistuman talteenotto ja latvuksen sulkeutumisen estäminen (Agee ja Skinner 2005), ovat Suomessa pääosin toteutuneet muista syistä vakiintuneina metsänhoidon menetelminä jo aikaisemmin. Onkin todennäköistä, että Suomen selkeä tasarakenteinen kuviometsätalous säännöllisine harvennuksineen ja pienentyneine kuvioineen yhdistettynä tiheään metsäautotieverkkoon on osasyy siihen,

miksi Suomessa metsäpalojen vuosittainen pinta-ala on vähentynyt merkittävästi viime vuosikymmeninä ja laajat suurpalot ovat olleet harvinaisia.

Suomessa käytössä olevaa metsäpaloindeksiä voitaisiin täsmentää viimeaikaisten tutkimustulosten mukaisesti (Tanskanen ym. 2006) kalibroimalla sitä ottamaan paremmin huomioon erilaisten metsiköiden erilainen syttymisherkkyys, jolloin sen paikallinen soveltuvuus paranisi. Niin ikään metsäpaloindeksiä voitaisiin kehittää ottamalla huomioon paloainesten erilainen kosteussisältö, sekä poistamalla tarpeettomat kosteuden ala- ja ylärajat (Tanskanen ym. 2005, Larjavaara 2007).

Metsäpalojen sammutuksessa palon käyttäytymisen ymmärtäminen, edes pääpiirteittäin, on keskeinen perusedellytys tavoiteltaessa mahdollisimman nopeata ja tehokasta palon etenemisen katkaisua sekä palon lopullista sammuttamista. Ennen kaikkea päätöksissä, jotka koskevat sammutustaktiikkaa, on tietämys lähiympäristön paloainestyypeistä niihin sisältyvine riskeineen ensiarvoista.

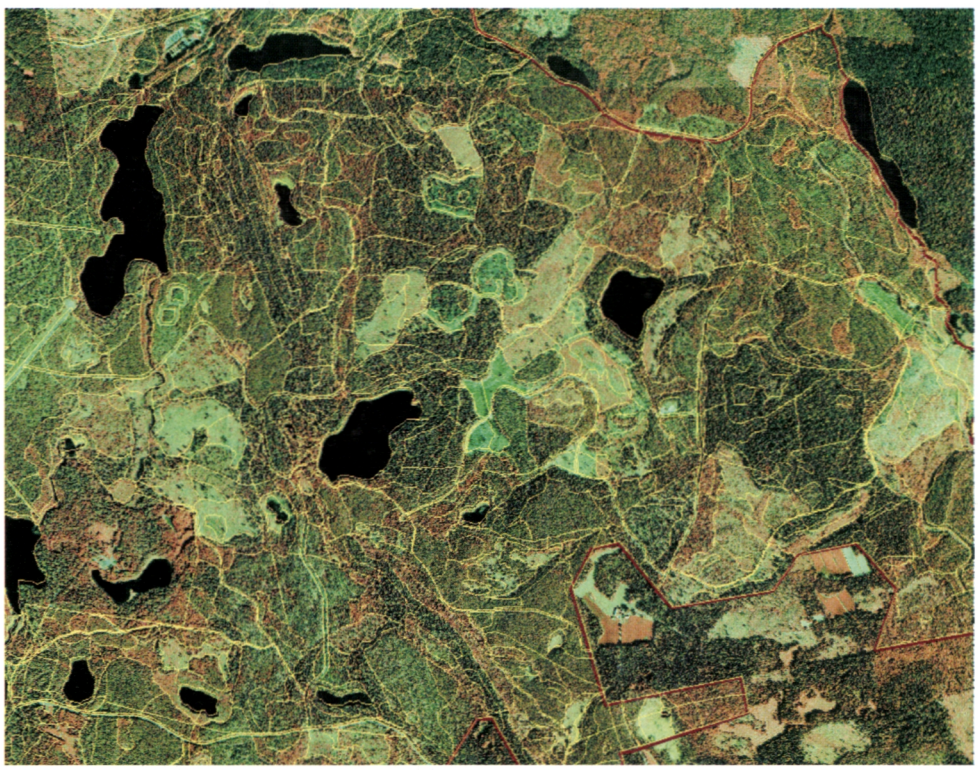
Sammutustaktiikan onnistumiseen vaikuttaa olennaisesti sammutustyön johdon tekemän tilannetiedustelun ja paloainesanalyysin perusteella tehty tilannearvio palon sen hetkisestä ja tulevasta käyttäytymisestä. Metsäpalontorjunnan kannalta on ratkaisevaa onko sammutustyötä johtavilla henkilöillä riittävästi asiantuntemusta arvioida metsien koostumusta ja rakennetta, sekä niiden paloaineksia tilannepaikalla, mikä tehdään yleensä nopeasti suoritettavan tiedustelun perusteella. Epäonnistuminen paloainesten ja metsien rakenteen tunnistamisessa saattaa johtaa pahimmassa tapauksessa siihen, että metsäpalo saattaa muuttua hetkessä pintapalosta latvapaloksi, täysin sammutustyön johdon tilannearviosta poiketen. Tällöin sammutustaktiikassa joudutaan tekemään nopeasti isojakin muutoksia.

Suomeen on sotien jälkeisen metsätalouden järjestelyn tuloksena syntynyt mosaiikkimainen selkeästi erottuvien metsäkuvioiden rakenne, joka näkyy esim. ilmakuvilta karttoja selkeämmin (kuva 57). Metsäsuunnittelun tuloksena metsät ovat suurelta osin kuvioitu metsätalouskartoiksi, ja kuvioilta on kerätty runsaasti erilaista tietoa. Palontorjunnan tueksi voitaisiin tuottaa teemakarttoja esim. paloherkkyydestä tai latvapaloriskistä (kuvat 58 ja 59), jotka tarvittaessa olisivat käytössä metsäpalon torjunnassa. Viime vuosina on karttunut runsaasti tutkimustietoa niin palojen leviämisnopeuksista kuin keskimääräisistä palokuormista erilaisissa metsiköissä. Nopeasti kehittyvä ja yleistyvä laserkeilaustekniikka tuottaa jo lähitulevaisuudessa entistä kattavampaa, tarkempaa ja monipuolisempaa luonnonvaratietoa metsistä, mikä yhdistettynä metsien sisältämän biomassan arviointimallien kehittymiseen tarjoaa runsaasti mahdollisuuksia kehittää esim. palokuorman ja paloriskin arviointia. Yhdistämällä tiedot kuviokohtaisiin tunnuksiin ja täydentämällä niitä muualla tehdyillä tutkimuksilla voitaisiin arvioida esim. palojen etenemisnopeutta, liekinkorkeutta ja palonvoimakkuutta eri olosuhteissa. Kyseisen kaltainen paikkatietojärjestelmiin sidottu työkalu olisi hyödyllinen apuväline metsäpalojen hallinnassa, ja sen laadintaa voidaan pitää seuraavana tavoitteena metsäpalontorjuntaa ja tulen käytön hallittua strategiaa kehitettäessä.

Paloherkkyysluokitus onkin mahdollista viedä osaksi metsällisiä kuviotietoja. Tällöin metsäpalon syttyessä ja kuviotietojen ollessa palontorjujien käytössä olisi mahdollista arvioida eri sääolosuhteissa metsäpalon leviämisriskit ja laatia torjuntasuunnitelma entis-

tä paremmin. Paloherkkyysluokitus mahdollistaa alueellisten palontorjuntasuunnitelmien laatimisen myös etukäteen metsäpalotilanteihin varautumiseksi. Erityisesti mahdollisten riskikohteiden kartoittaminen olisi keskeistä. Vastaavasti alhaisen palokuorman paloainestyypeillä, joissa palojen tiedetään olevan matalaintensiteettisiä, voitaisiin harkita palon rajoittamista luonnollisiin rajoihin ja välttää "tarpeeton" yhteiskunnalle kallis sammutustyö. Sammutustaktiikan valinnassa voitaisiin myös huomioida metsäkuvioiden taloudellinen arvo. Aukeilla alueilla, nuorissa taimikoissa sekä matalaintensiteettisissä harvojen männiköiden pintapaloissa taloudelliset menetykset ovat usein huomattavasti pienemmät kuin aktiivisen sammutustyön kustannukset. Vaikka sammutustyön kustannukset ja vaurioituneen puuston korvaus tai uudelleenviljelykustannukset lankeavat täysin eri toimijoiden maksettavaksi, voitaisiin silti miettiä olisiko kokonaisedun kannalta joissain tilanteissa järkevämpää valita palon rajoittaminen välittömän sammuttamisen taktiikan sijaan.

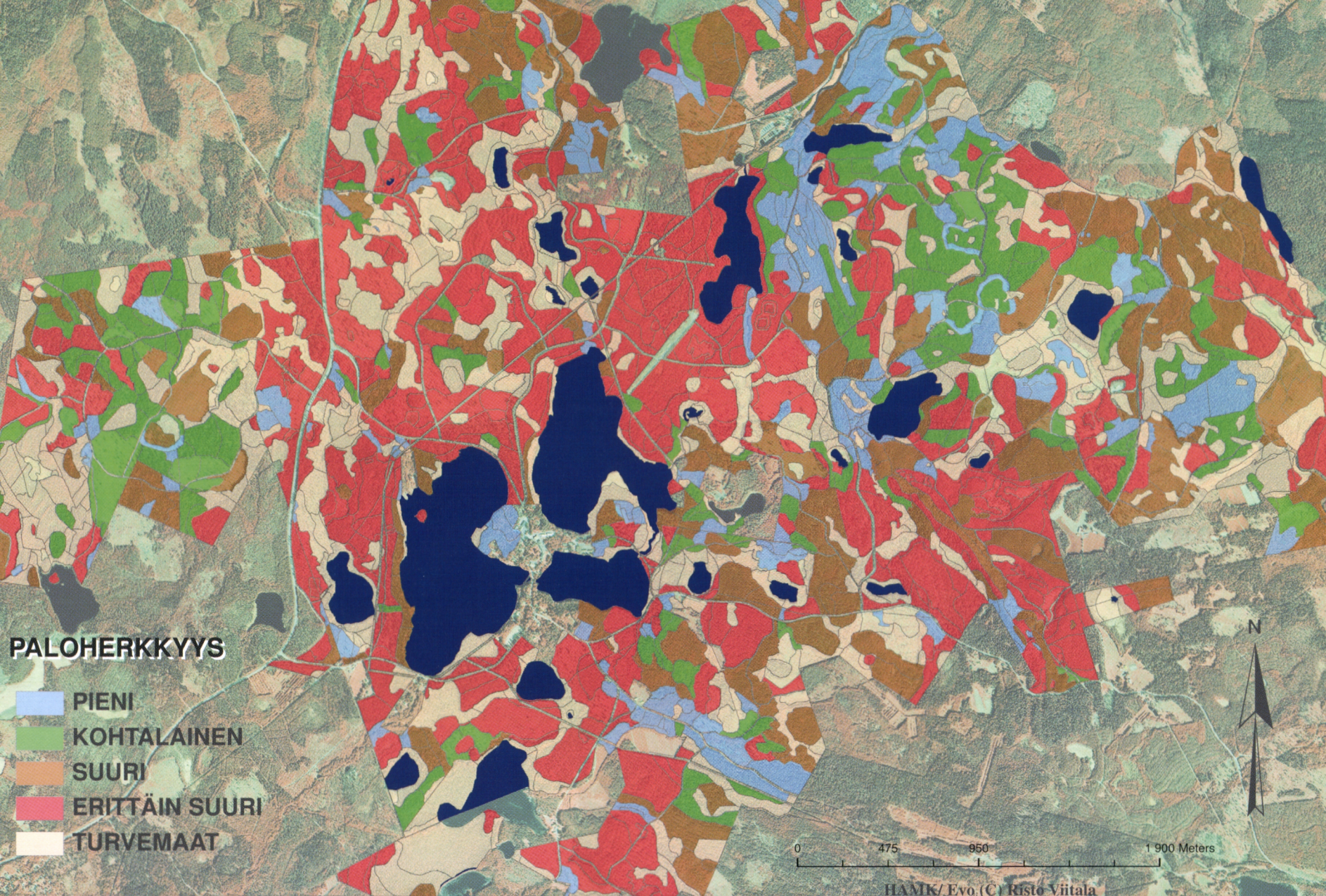
Useat maastopalot ovat luonteeltaan pikemmin riesa kuin todellinen vaara. Riskin ja nopean sammutustarpeen realistinen arviointi säästäisi työtä ja resursseja. Oikea riskinarviointi voisi usein johtaa kevyempään kalustoon perustuvan helpomman sammutustaktiikan lisäämiseen. Metsäpalojen käyttäytymisen ennakointi voisi tulevaisuudessa mahdollistaa myös riskittömien tai vähäriskisten palojen leviämisen sallimiseen esim. suojelualueilla.

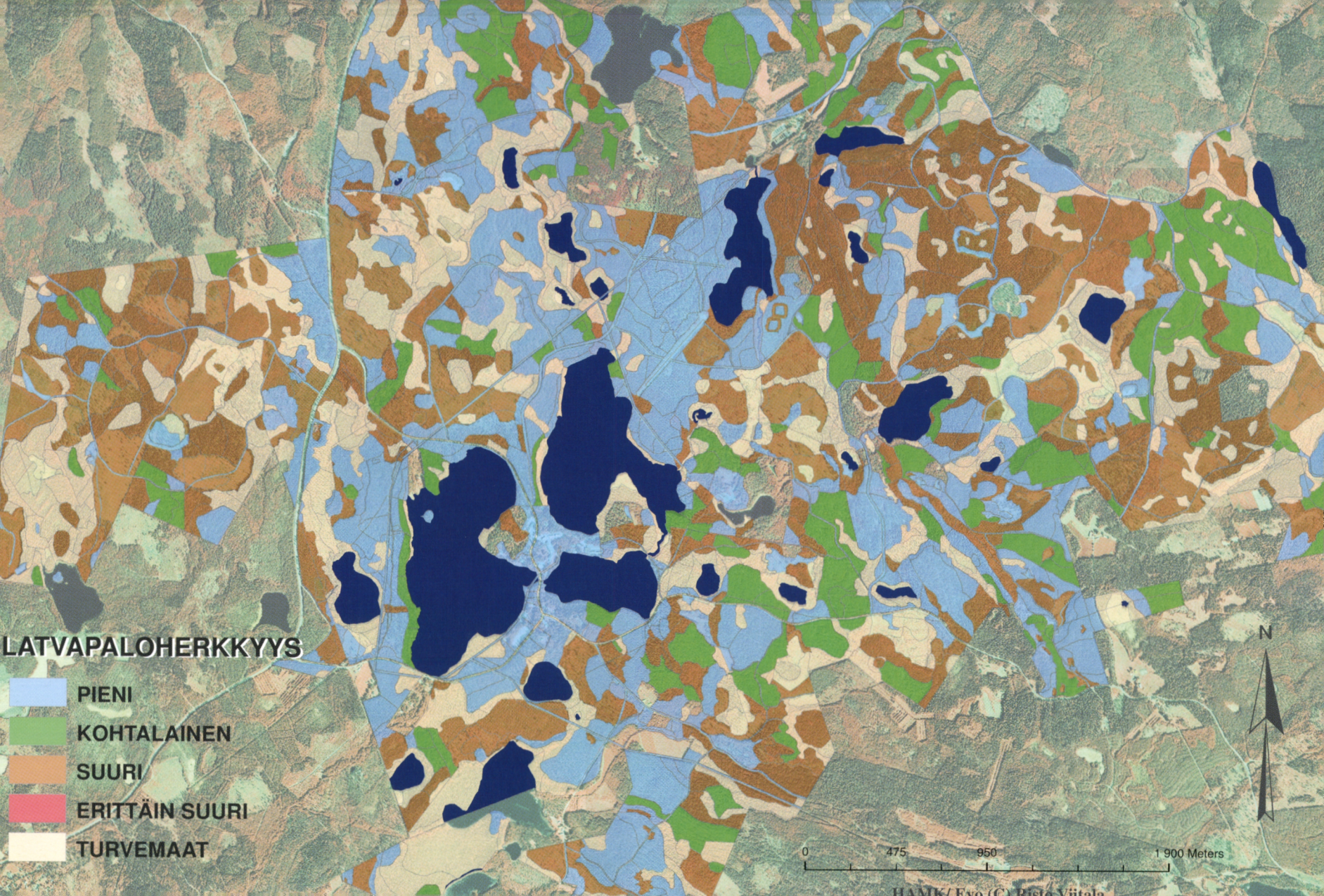


Kuva 57. Metsätalouskartan kuviojako ilmakuvaan yhdistettynä (Evon opetusmetsä, Lammi, Hämeenlinna) (kuva: Risto Viitala).

Kuva 58. Metsätaloussuunnitelman pohjalta laadittu kuvioittainen paloriskikartta tämän kirjan luokituksen mukaan (sama alue) (kuva: Risto Viitala).

Kuva 59. Latvapaloriskikartta (sama alue) (kuva: Risto Viitala).


PALOHERKKYYS
PIENI
KOHTALAINEN
SUURI
ERITTÄIN SUURI
TURVEMAAT
N
0
475
950
1 900 Meters
HAMK/ Evo (C) Risto Viitala


LATVAPALOHERKKYYS
PIENI
KOHTALAINEN
SUURI
ERITTÄIN SUURI
TURVEMAAT
N
0
475
950
1 900 Meters
HAMK/ Evo (C) Risto Viitala

6.5 Paloainestyyppien kuvaukset

6.5.1 Kuivahkot, kuivat ja karukkokankaat (Kk)

Yleisluonnehdinta: Kuivia, useimmiten karkeita, vettä läpäiseviä hiekka- tai soramaita, hiekkamoreeneja tai kallioalueita. Puusto mäntyvaltaista. Nopeasti kuivuvia ja syttymisherkkiä metsiä. Palot yleensä hitaasti eteneviä, matalaintensiteettisiä pintapaloja. Tavataan koko maassa, mutta etenkin karummat tyypit painottuvat Pohjois-Suomeen ja hiekkakankaille.

a) Kuivahkojen, kuivien ja karukkokankaiden aukeat alueet ja pienet taimikot (0–10 v. hakkuusta) (KkA) (kuva 60)

Kangashumus: ohuehko, 1–5 cm
Pohjakerros: seinä- ja kynsisammalvaltainen, karuimmilla tyypeillä jäkälävaltainen, mikäli ovat säästyneet porolaidunnukselta
Kenttäkerros: niukka, varpuvaltainen
Heinittymisherkkyys: vähäinen, kuivahkoilla kankailla paikoin kohtalainen
Pensas/alikasvoskerros: niukka
Latvuskerros: puuttuu
Hakkuutähteet: mäntyvaltaisia

Syttymisherkkyys: erittäin suuri
Latvapaloriski: pieni
Maapaloriski: pieni
Yleinen paloriski: kohtalainen



Kuva 60. Kuivan kankaan aukea alue.

b) Kuivahkojen, kuivien ja karukkokankaiden taimikot ja kasvatusmetsät (KkT) (kuva 61)

Kangashumus: ohuehko, 1–5 cm
Pohjakerros: yhtenäinen, seinä- ja kynsisammalvaltainen, karuimmilla tyypeillä jäkälävaltainen, mikäli ovat säästyneet porolaidunnukselta
Kenttäkerros: niukka, varpuvaltainen
Heinittymisherkkyys: vähäinen
Pensas/alikasvoskerros: mäntyvaltainen, tiheys vaihtelee
Latvuskerros: puuttuu
Hakkuutähteet: määrä vaihteleva

Syttymisherkkyys: erittäin suuri
Latvapaloriski: kohtalainen
Maapaloriski: pieni
Yleinen paloriski: kohtalainen



Kuva 61. Karukkokankaan taimikko.

c) Kuivahkojen, kuivien ja karukkokankaiden varttuneet metsät (KkV) (kuva 62)

Kangashumus: ohuehko, 1–5 cm
Pohjakerros: yhtenäinen, seinä- ja kynsisammalvaltainen, karuimmilla tyypeillä jäkälävaltainen, mikäli ovat säästyneet porolaidunnukselta
Kenttäkerros: niukka, varpuvaltainen
Heinittymisherkkyys: vähäinen
Pensas/alikasvoskerros: niukka, toisinaan kuusialikasvos
Latvuskerros: mäntyvaltainen, yleensä tasarakenteinen ja harvahko
Hakkuutähteet: määrä vaihteleva



Kuva 62. Kuivan kankaan varttunut metsä.

Syttymisherkkyys: erittäin suuri
Latvapaloriski: pieni, runsaasti alikasvosta sisältävissä metsiköissä suurempi
Maapaloriski: pieni, kuivahkoilla kankailla kohtalainen
Yleinen paloriski: kohtalainen

6.5.2 Tuoreet kankaat (Tk)

Yleisluonnehdinta: Monimuotoisia metsiköitä, useimmiten keskikarkeilla ja topografialtaan vaihtelevilla moreenimailla. Kasvillisuuden ja puuston koostumuksessa huomattavaa vaihtelua johtuen maantieteellisestä vaihtelusta ja harjoitetusta metsänhoidosta. Tämän vuoksi paloherkkyydeltään heterogeenisiä. Heikommin kuivuvia ja vähemmän syttymisherkkiä kuin kuivemmat kasvupaikkatyypit, mutta enemmän biomassaa sisältävinä korkeaintensiteettisten palojen mahdollisuus varttuneissa metsissä suotuisissa sääolosuhteissa huomattava. Aukeat alat heinittyviä.

a) Tuoreen kankaan aukeat alueet ja pienet taimikot (0–10 v. hakkuusta) (TkA) (kuva 63)

Kangashumus: paksuhko, vaihteleva, 5–10 cm
Pohjakerros: vaihteleva, seinä-, kerros- ja kynsisammalvaltainen, aukkoinen
Kenttäkerros: ruoho- ja heinävaltainen
Heinittymisherkkyys: suuri
Pensas/alikasvoskerros: niukka
Latvuskerros: puuttuu
Hakkuutähteet: kuusi-, koivu- ja mäntyhakkuutähteitä, määrä vaihtelee huomattavasti mm. bioenergian korjuun vuoksi



Kuva 63. Tuoreen kankaan aukea alue.

Syttymisherkkyys: suuri, etenkin runsaasti hakkuutähdettä sisältävillä aloilla, sekä keväällä heinittyneillä aloilla
Latvapaloriski: pieni
Maapaloriski: pieni
Yleinen paloriski: kohtalainen

b) Tuoreen kankaan havupuuvaltaiset taimikot ja kasvatusmetsät (TkHT) (kuva 64)

Kangashumus: paksuhko, vaihteleva, 5–10 cm
Pohjakerros: seinä-, kerros- ja kynsisammalvaltainen
Kenttäkerros: ruoho-varpuvaltainen
Heinittymisherkkyys: kohtalainen
Pensas/alikasvoskerros: niukka
Latvuskerros: puuttuu
Hakkuutähteet: määrä vaihteleva

Syttymisherkkyys: kohtalainen
Latvapaloriski: suuri
Maapaloriski: pieni
Yleinen paloriski: kohtalainen



Kuva 64. Tuoreen kankaan mäntyvaltainen kasvatusmetsä.

c) Tuoreen kankaan lehtipuuvaltaiset taimikot ja kasvatusmetsät (TkLT) (kuva 65)

Kangashumus: paksuhko, vaihteleva, 5–10 cm
Pohjakerros: niukka, aukkoinen, seinä-, kerros- ja kynsisammalvaltainen
Kenttäkerros: ruoho-heinä-varpuvaltainen
Heinittymisherkkyys: kohtalainen tai suuri
Pensas/alikasvoskerros: niukka
Latvuskerros: koivuvaltainen
Hakkuutähteet: määrä vaihteleva

Syttymisherkkyys: pieni, keväällä paikoin suurempi
Latvapaloriski: pieni
Maapaloriski: pieni
Yleinen paloriski: pieni



Kuva 65. Tuoreen kankaan lehtipuuvaltainen kasvatusmetsä.

d) Tuoreen kankaan varttuneet tasarakenteiset mäntyvaltaiset metsät (TkMäV) (kuva 66)

Kangashumus: paksuhko, vaihteleva, 5–10 cm
Pohjakerros: seinä-, kerros- ja kynsisammalvaltainen, yhtenäinen
Kenttäkerros: ruoho-varpuvaltainen
Heinittymisherkkyys: kohtalainen
Pensas/alikasvoskerros: niukka
Latvuskerros: mäntyvaltainen
Hakkuutähteet: määrä vaihteleva

Syttymisherkkyys: suuri
Latvapaloriski: kohtalainen
Maapaloriski: kohtalainen
Yleinen paloriski: kohtalainen



Kuva 66. Tuoreen kankaan varttunut tasarakenteinen mäntyvaltainen metsä.

e) Tuoreen kankaan varttuneet tasarakenteiset kuusivaltaiset metsät (TkKuV) (kuva 67)

Kangashumus: paksuhko, vaihteleva, 5–10 cm, Pohjois-Suomessa jopa yli 15 cm
Pohjakerros: seinä-, kerros- ja kynsisammalvaltainen, yhtenäinen
Kenttäkerros: ruoho-varpuvaltainen
Heinittymisherkkyys: pieni
Pensas/alikasvoskerros: niukka
Latvuskerros: kuusivaltainen
Hakkuutähteet: määrä vaihteleva

Syttymisherkkyys: kohtalainen
Latvapaloriski: suuri
Maapaloriski: kohtalainen
Yleinen paloriski: kohtalainen



Kuva 67. Tuoreen kankaan varttunut tasarakenteinen kuusivaltainen metsä.

f) Tuoreen kankaan varttuneet tasarakenteiset lehtipuuvaltaiset metsät (TkLV) (kuva 68)

Kangashumus: vaihteleva, 5–10 cm
Pohjakerros: niukka, aukkoinen, seinä-, kerros- ja kynsisammalvaltainen
Kenttäkerros: ruoho-heinä-varpuvaltainen
Heinittymisherkkyys: kohtalainen
Pensas/alikasvoskerros: niukka
Latvuskerros: koivuvaltainen
Hakkuutähteet: määrä vaihteleva

Syttymisherkkyys: pieni, keväällä paikoin suurempi
Latvapaloriski: pieni
Maapaloriski: kohtalainen
Yleinen paloriski: pieni



Kuva 68. Tuoreen kankaan lehtipuuvaltainen metsä.

g) Tuoreen kankaan sekapuustoiset ja/tai erirakenteiset metsät (TkEr) (kuva 69)

Kangashumus: paksuhko, vaihteleva, 5–10 cm, Pohjois-Suomessa jopa yli 15 cm
Pohjakerros: seinä-, kerros- ja kynsisammalvaltainen, yhtenäinen tai aukkoinen
Kenttäkerros: ruoho-varpuvaltainen
Heinittymisherkkyys: pieni
Pensas/alikasvoskerros: vaihteleva
Latvuskerros: vaihteleva
Hakkuutähteet: määrä vaihteleva

Syttymisherkkyys: kohtalainen
Latvapaloriski: erittäin suuri
Maapaloriski: kohtalainen
Yleinen paloriski: kohtalainen



Kuva 69. Tuoreen kankaan erirakenteinen metsä.

6.5.3 Lehtomaiset kankaat ja lehdot (Lk)

Yleisluonnehdinta: Yleensä hienojakoisilla mailla sijaitsevia ruoho- ja heinävaltaisia kasvupaikkoja, joilla varvuista kasvaa runsaana vain mustikka. Pohjakerroksessa metsäsammalet eivät yleensä muodosta yhtenäistä kasvustoa, humuskerros heikosti kehittynyt ja etenkin lehdoissa lähes olematon, orgaaninen aines sekoittunut kivennäismaahan mullaksi tai mullakseksi. Paloherkkyydeltään vähäisiä, tiheissä ja/tai erirakenteisissa kuusikoissa latvapalomahdollisuus, keväällä ruohikkopaloriski suuri etenkin aukeilla aloilla.

a) Lehtomaisen kankaan ja lehdon aukeat alueet ja pienet taimikot (0–10 v. hakkuusta) (LkA) (kuva 70)

Kangashumus: ohut, 0–5 cm
Pohjakerros: epäyhtenäinen, vaihteleva, ohut
Kenttäkerros: ruoho- ja heinävaltainen
Heinittymisherkkyys: erittäin suuri
Pensas/alikasvoskerros: niukka
Latvuskerros: puuttuu
Hakkuutähteet: kuusi-, koivu- ja mäntyhakkuutähteitä, määrä vaihtelee huomattavasti mm. bioenergian korjuun vuoksi

Syttymisherkkyys: pieni, keväällä heinittyneillä aloilla suuri
Latvapaloriski: pieni
Maapaloriski: pieni
Yleinen paloriski: pieni



Kuva 70. Lehtomaisen kankaan aukea alue.

b) Lehtomaisen kankaan ja lehdon taimikot ja kasvatusmetsät (LkT) (kuva 71)

Kangashumus: ohut, 0–5 cm
Pohjakerros: epäyhtenäinen, vaihteleva, ohut
Kenttäkerros: ruoho- ja heinävaltainen
Heinittymisherkkyys: suuri
Pensas/alikasvoskerros: vaihteleva
Latvuskerros: puuttuu
Hakkuutähteet: määrä vaihteleva

Syttymisherkkyys: pieni, keväällä heinittyneillä aloilla suuri
Latvapaloriski: kohtalainen
Maapaloriski: pieni
Yleinen paloriski: pieni



Kuva 71. Lehtomaisen kankaan taimikko.

c) Lehtomaisen kankaan ja lehdon varttuneet havupuuvaltaiset metsät (LkHV) (kuva 72)

Kangashumus: ohut, 0–5 cm
Pohjakerros: epäyhtenäinen, vaihteleva, ohut
Kenttäkerros: ruoho, heinä- ja varpuvaltainen
Heinittymisherkkyys: kohtalainen-suuri
Pensas/alikasvoskerros: niukka
Latvuskerros: vaihteleva
Hakkuutähteet: määrä vaihteleva

Syttymisherkkyys: pieni
Latvapaloriski: suuri (kuusikoissa)
Maapaloriski: pieni
Yleinen paloriski: pieni



Kuva 72. Lehtomaisen kankaan varttunut tasarakenteinen kuusivaltainen metsä.

d) Lehtomaisen kankaan ja lehdon varttuneet lehtipuuvaltaiset metsät (LkLV) (kuva 73)

Kangashumus: ohut, 0–5 cm
Pohjakerros: epäyhtenäinen, vaihteleva, ohut
Kenttäkerros: ruoho- ja heinävaltainen
Heinittymisherkkyys: kohtalainen-suuri
Pensas/alikasvoskerros: niukka
Latvuskerros: vaihteleva
Hakkuutähteet: määrä vaihteleva

Syttymisherkkyys: pieni, keväällä heinittyneillä aloilla suuri
Latvapaloriski: pieni
Maapaloriski: pieni
Yleinen paloriski: pieni



Kuva 73. Lehdon varttunut koivuvaltainen metsä.

e) Lehtomaisen kankaan ja lehdon erirakenteiset metsät (LkEr) (kuva 74)

Kangashumus: ohut, 0–5 cm
Pohjakerros: epäyhtenäinen, vaihteleva, ohut
Kenttäkerros: ruoho- ja heinävaltainen
Heinittymisherkkyys: kohtalainen-suuri
Pensas/alikasvoskerros: vaihteleva
Latvuskerros: vaihteleva

Syttymisherkkyys: pieni, keväällä heinittyneillä aloilla suuri
Latvapaloriski: suuri (kuusivaltaisissa metsissä)
Maapaloriski: pieni
Yleinen paloriski: pieni



Kuva 74. Lehtomaisen kankaan erirakenteinen metsä.

Taulukko 4. Eri paloainestyyppien syttymisherkkyys.

Lyhenne	Pieni	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
KkA				
KkT				
KkV				
TkA				
TkHT				
TkLT				
TkMäV				
TkKuV				
TkLV				
TkEr				
LkA				
LkT				
LkHV				
LkLV				
LkEr				

Taulukko 5. Korkeaintensiteettisen latvapalon riski eri paloainestyypeillä.

Lyhenne	Pieni	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
KkA				
KkT				
KkV				
TkA				
TkHT				
TkLT				
TkMäV				
TkKuV				
TkLV				
TkEr				
LkA				
LkT				
LkHV				
LkLV				
LkEr				

KkA	Kuivahkojen, kuivien ja karukkokankaiden aukeat alueet
KkT	Kuivahkojen, kuivien ja karukkokankaiden taimikot ja kasvatusmetsät
KkV	Kuivahkojen, kuivien ja karukkokankaiden varttuneet metsät
TkA	Tuoreen kankaan aukeat alueet
TkHT	Tuoreen kankaan havupuuvaltaiset taimikot ja kasvatusmetsät
TkLT	Tuoreen kankaan lehtipuuvaltaiset taimikot ja kasvatusmetsät
TkMäV	Tuoreen kankaan varttuneet, tasarakenteiset mäntyvaltaiset metsät
TkKuV	Tuoreen kankaan varttuneet, tasarakenteiset kuusivaltaiset metsät
TkLV	Tuoreen kankaan varttuneet, tasarakenteiset lehtipuuvaltaiset metsät
TkEr	Tuoreen kankaan erirakenteiset metsät
LkA	Lehtomaisen kankaan ja lehdon aukeat alueet
LkT	Lehtomaisen kankaan ja lehdon taimikot ja kasvatusmetsät
LkHV	Lehtomaisen kankaan ja lehdon varttuneet havupuuvaltaiset metsät
LkLV	Lehtomaisen kankaan ja lehdon varttuneet lehtipuuvaltaiset metsät
LkEr	Lehtomaisen kankaan ja lehdon erirakenteiset metsät

Taulukko 6. Pintapalon etenemisnopeudet ja liekinkorkeudet eräillä paloainestyypeillä Etelä-Suomessa, perustuen Hämeessä 2002–2003 ja Länsi-Lapissa 2003 tehtyihin koepolttoihin. Koepoltot tehtiin heikkotuulisissa olosuhteissa.

	Nopeus km/h	Keskimääräinen liekin korkeus, m	Suurin liekin korkeus, m
KkA	0,04	1,1	3
KkT	0,05	1,3	7
KkV	0,05	1,1	7,3
TkA	0,03	1,2	5,5
TkHT	0.03	0,9	5,5
TkLT	Ei polttoja		
TkMäV	Ei polttoja		
TkKuV	Ei edennyt		
TkLV	Ei polttoja		
TkEr	Ei polttoja		
LkA	Ei polttoja		
LkT	Ei polttoja		
LkHV	Ei polttoja		
LkLV	Ei polttoja		
LkEr	Ei polttoja		

Metsäpalosanasto

Tähän sanastoon on pyritty keräämään metsäpalojen ja metsäpalojen torjunnan keskeinen sanasto. Tavoitteena on ollut toisaalta yhtenäistää suomalaista metsäpaloterminologiaa sekä toisaalta esitellä keskeisiä kansainvälisiä metsäpalotermejä kääntämällä tai kehittämällä niille suomenkieliset vastineet. Käsitteiden määrittelyssä on tukeuduttu lähinnä pohjoisamerikkalaiseen käytäntöön ja pääosin noudatettu sikäläisten palosanastojen määritelmiä.

Sanasto on osittain myös yhdistelmä palo- ja pelastusalan sekä metsäalan terminologiasta. Sanaston liian paisumisen estämiseksi on koostamisessa tehty seuraavia rajauksia ja linjauksia: Yleinen paloterminologia sekä fysikaaliset termit on pääosin jätetty pois (esim. palaminen, pyrolyysi, syttymispiste, lämpöarvo, hehkupalo, liekki, konvektio). Metsätalouden käsitteistä mukaan on otettu sellaiset, jotka ovat keskeisiä metsäpalojen torjunnassa kuten esim. metsän rakenteeseen liittyvät termit. Varsinaiset puustotunnukset (esim. ikä, pohjapinta-ala ja kuutiomäärä on jätetty pois). Pois on niin ikään jätetty sammutuskalustoon kuuluva terminologia (esim. hosa, oksaliitin, työletku, reppuruisku, kellupumppu) sekä kansatieteellinen tai historiallinen tulen käyttöön liittyvä terminologia (esim. kaskiterminologia).

Mikäli käsitteillä on useita synonyymejä, on määritelmä esitetty ensisijaisen sanan yhteydessä, johon mahdolliset synonyymit sanastossa viittaavat. Ensisijaisen termin yhteydessä on myös esitetty englanninkielinen termi tai vastine. Joissakin tapauksissa, kun kyse on puhtaasti suomalaisesta termistä, jolle ei ole luontevaa englantilaista vastinetta, ei vastinetta ole esitetty.

Metsäpalotermit eivät aina ole yksiselitteisiä. Englanninkielinen ja suomalainen paloterminologia eivät välttämättä vastaa toisiaan, jolloin termin suora englanninkielinen käännös voi tarkoittaa todellisuudessa eri asiaa. Myös metsäpaloterminologiassa ja yleisessä paloterminologiassa käsitteiden määritelmät voivat olla toisistaan poikkeavia. Lisäksi niin metsä- kuin pelastusalalla käsitteiden määritelmät vaihtelevat jonkun verran lähteittäin. Näistä syistä osassa termien määrittelyissä on jouduttu tekemään valintoja alan kirjallisuudessa esiintyvien toisistaan poikkeavien määritelmien välillä. Näissä valintatilanteissa olemme pääsääntöisesti pyrkineet valitsemaan metsäpaloalalla vakiintuneimman ja selkeimmän määritelmän. Mikäli määritelmällä on poikkeavia merkityksiä tai merkittäviä vivahde-eroja on nämä pyritty mainitsemaan termin seliteosassa.

Tärkeimpinä lähteinä on käytetty seuraavia teoksia:

Forest Fire Management Glossary of FAO 2005. United Nations. Food and Agriculture Organization

Glossary of Wildland Fire Terminology 2007. National Wildfire Coordinating Group Incident Operations Standards Working Team.

Palo- ja pelastussanasto 2006. (TSK 33). Sanastokeskus TSK ry.

Scott, J. H. and Reinhardt, E.D. 2007. FireWords Version 1.0: Fire Science Glossary [electronic]. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (http://www.fs.fed.us/fmi).

Tuhat tärkeää termiä. Metsäsanasto 2006. Metsäkustannus.

A

aktiivinen latvapalo (active crown fire)
metsäpalo, jossa tuli leviää latvuskerroksessa samanaikaisesti kuin muissakin paloaineskerroksissa (vrt. passiivinen latvapalo, itsenäinen latvapalo)

alikasvos (understorey)
metsän selvästi pääpuustoa lyhyempi puusto (vrt. kaksijaksoinen metsä)

alkusammutushyökkäys ks. ensi-isku

aumapalo (stockpile fire)
palo, joka on syttynyt turvetuotantoalueen varastoauman pinnalla tai auman sisällä
ⓘ *Auman sisällä olevat palot syttyvät pääsääntöisesti syksyllä, joskus myös talvella mikrobiologisen toiminnan aiheuttaman itsekuumentumisen seurauksena ja itsesyttymisenä. Auman sisällä tapahtuva palaminen tapahtuu aina kytemällä, jolloin palon havaitsemiseen voi kulua runsaasti aikaa.*

B

biomassa (biomass)
eloperäisen aineksen kokonaispaino tietyllä pinta-alalla
ⓘ *Voidaan ilmaista tuore- tai kuivapainona.*

E

eloperäinen aines (organic material) / **orgaaninen aines**
aines, joka on peräisin eliöistä tai niiden tuotteista ja joka sisältää hiilipohjaisia yhdisteitä

elävä paloaines (living fuel)
yleensä suhteellisen korkean kosteuspitoisuuden omaavat kasvien elävät osat
ⓘ *Elävät paloainekset eivät helposti syty palamaan ennen kuin ne ovat kuivuneet esim. lähestyvän palorintaman kuumuuden vaikutuksesta. Jotkut elävät paloainekset, varsinkin sammalet ja jäkälät, käyttäytyvät kuolleiden paloainesten tapaan.*

ennallistamispoltto (restoration burning)
luonnonhoidollinen kulotus, jolla pyritään metsikön luonnontilaistamiseen sekä paloympäristön aikaansaamiseen
ⓘ *Ennallistamispolttoja tehdään yleensä luonnonsuojelualueilla ja niissä poltetaan myös pystypuustoa.*

ensi-isku (initial attack) / **alkusammutushyökkäys**
palon hallintaanottoyritys, jonka ensimmäiset paikalle tulevat pelastusyksiköt tai ilma-alukset tekevät palon sammuttamiseksi

epäsuora hyökkäys (indirect attack) / **epäsuora sammuttaminen / epäsuora sammutushyökkäys / epäsuora sammutustaktiikka**
sammutustaktiikan menetelmä, jossa tulirintamaa ei pyritä sammuttamaan suoraan

vaan ohjailemaan, rajoittamaan ja supistamaan paloa rajoituslinjojen avulla
ⓘ *Epäsuoraa sammuttamista käytetään silloin, kun suora sammutus ei ole tehokasta, mahdollista tai turvallista, esim. yleensä latvapaloissa. Suoraa ja epäsuoraa sammuttamista käytetään usein myös rinnan metsäpalon sammutuksessa.*

eri-ikäisrakenteinen metsä (uneven-age-structured forest) / **eri-ikäinen metsä**
metsä, jossa on kaikenikäisiä puita, jotka eivät ole keskittyneet tiettyihin ikäluokkiin
ⓘ *Eri-ikäisrakenteiset metsät ovat useimmiten myös erirakenteisia ja siksi eri-ikäisrakenteinen ja erirakenteinen käsitetään usein samaksi termiksi.*

erirakenteinen metsä (uneven-structured forest)
metsä, jossa on kaikenkokoisia puita, jotka eivät ole keskittyneet tiettyihin kokoluokkiin (vrt. eri-ikäisrakenteinen, tasarakenteinen, kaksijaksoinen metsä)
ⓘ *Erirakenteisessa metsässä latvapaloriski on usein suuri.*

este (palon) (barrier)
mikä tahansa maastossa oleva este palon leviämiselle
ⓘ *Yleensä alue, mistä puuttuu palava materiaali tai sitä on hyvin vähän.*

H

hakkuutähde (logging slash)
hakkuualalle runkopuun korjuussa jäävä puuston tähdeaines: neulaset, oksat ja latvukset
ⓘ *Hakkuutähde on suurelta osin hienoa, nopeasti kuivuvaa paloainesta. Hakkuutähteen määrä on vähentynyt viime vuosina päätehakkuualoilla, koska se korjataan usein energian lähteeksi (ks. latvusmassa).*

heinikkopalo ks. **ruohikkopalo**

heitepalo (spot fire) / **pistepalo** / **pesäkepalo**
palonalku, joka on syttynyt pääpalon ulkopuolelle sinne lentäneestä kipinästä tai kekäleestä
ⓘ *Metsäpalon synnyttämät kuumat ylösnousevat ilmavirtaukset voivat lennättää kipinöitä ja kekäleitä pitkiäkin matkoja tuulen alle.*

hieno paloaines (fine fuel) / **kevyt paloaines**
nopeasti kuivuvia ja syttymisherkkiä paloaineksia, kuten pienet oksat, neulaset, jäkälät, sammalet, kuivuneet varvut ja heinät sekä maahan pudonneet lehdet ja kävyt
ⓘ *Kuivat, kevyet paloainekset syttyvät herkästi ja palavat nopeasti; ks. salamapaloainekset.*

humus (humus)
maatumisessa muodostunut, eloperäinen kasvi- ja eläinaines, joka on saavuttanut tasapainotilan, eli ei enää hajoa
ⓘ *Humusta esiintyy kangashumuskerroksessa, turpeessa, kivennäismaahan sekoittuneena sekä myös vesistöissä huuhtoutumisen seurauksena.*

I

itsenäinen latvapalo (independent crown fire)
metsäpalo, joka etenee puuston latvuksissa itsenäisesti, mahdollisesti eri vauhtia kuin alempien paloaineskerrosten palo, eikä tarvitse välttämättä alempien paloaineskerrosten lämpöenergiaa leviämiseen

J

jälkisammutus (mop(ping)-up/post extinguishing)
sammutustoiminnassa varsinaisen sammutuksen jälkeiset toimenpiteet, joiden avulla pyritään estämään palo- tai kulotusalan uudelleen syttyminen ja palon leviäminen
ⓘ *Jälkisammutukseen kuuluu alueen reunojen sekä pesäkemäisten kohtien, esim. kytevien kantojen ja muurahaispesien sammutus.*

jälkivartiointi (post watching)
palon tai kulotuksen jälkeinen vartiointi, jolla varmistetaan, ettei palo pääse syttymään uudelleen ja leviämään kytevistä pesäkkeistä

jäähdyttäminen (cooling)
palon sammuttaminen lämpötilaa laskemalla (esim. vesisammutus)

K

kaksijaksoinen metsä (two-storey forest) / **kaksikerroksinen metsä**
metsä, jossa kaksi kooltaan toisistaan poikkeavaa tasarakenteista puustojaksoa muodostaa selvästi toisistaan erottuvat latvuskerrokset
ⓘ *Kaksijaksoisen metsän puustojaksot voivat olla samanikäisiä tai eri-ikäisiä sekä saman tai eri puulajien muodostamia.*

kangashumus (raw humus, mor) / **kangasturve / raakahumus**
kasvillisuudesta epätäydellisen hajoamisen tuloksena muodostunut osittain maatuneesta humuksesta koostuva, vaihtelevanpaksuinen, selvästi erottuva, huopamainen kerros metsämaan pinnassa
ⓘ *Kangasturve on suurimmalle osalle suomalaisista kangasmaista tyypillinen ja varsinaisen turpeen tapaan paloaines.*

kangasmaa (upland) / **kangas**
kivennäismaa, jolle on luonteenomaista selvästi erottuva, vaihtelevanpaksuinen kangashumuskerros kivennäismaan pinnalla (vrt. lehto)
ⓘ *Termiä käytetään myös laajemmin kivennäismaan synonyyminä.*

kangasmetsä (upland forest)
kangasmaalla kasvava metsä

karike (litter)
kasvillisuudesta (mukaan lukien puusto) maan pinnalle pudonneet lehdet, neulaset, oksat, ym.

karkea paloaines (coarse fuel) / **raskas paloaines**
suuriläpimittainen, hitaasti kuivuva paloaines
ⓘ *Karkeita paloaineksia ovat mm: pystyssä olevat kelot, pökkelöt, maassa olevat kaatuneet puut, pöllit, kannot, isot oksat.*

karuunnuttamiskulotus (impoverishment burning) / **karuunnuttamispoltto**
luonnonhoidollinen kulotus, jonka tarkoituksena on katkaista kuivien ja karujen metsien tuoreentuminen (=kangashumuksen paksuuntuminen) polttamalla sammal-, jäkälä- ja kangashumuskerros mahdollisimman syvältä
ⓘ *Karuunnuttamiskulotuksilla hoidetaan paloherkkiä, aiemmin useasti palaneita, ääreviä alueita, kuten harjuja.*

kasvupaikkatyyppi (site type)
aluskasvillisuuteen perustuva metsämaiden puuntuotoskykyä arvioiva määrite
ⓘ *Kasvupaikkaluokituksen kuusi luokkaa: karukkokankaat, kuivat kankaat, kuivahkot kankaat, tuoreet kankaat, lehtomaiset kankaat ja lehdot ovat samoja koko Suomessa. Samaan kasvupaikkatyyppiin voi kuulua useita eri metsätyyppejä.*

kaventamismenetelmä (flanking action) / **kaventaminen**
sammutustaktiikka, jossa pyritään tulirintaman supistamiseen keskittämällä sammutustoimintaa tulirintaman sivu(i)lle sivustahyökkäyksillä (vrt. kuristusmenetelmä)
ⓘ *Tulirintaman yleisen supistamisen ohella kaventamisella voidaan pyrkiä tulen etenemisen ohjailuun, jolloin tuli voidaan suunnata mahdollisten riskipaikkojen ohi tai maastokohtaan, jossa sammuttaminen helpottuu.*

kehitysluokka (development class)
puuston ikään, kokorakenteeseen, puutavaralajijakaumaan ja metsänhoidolliseen tilaan pohjautuva metsikön kehitysvaihetta kuvaava luokka
ⓘ *Eri metsäalan organisaatioiden käyttämät luokitukset vaihtelevat jonkin verran, mutta pääluokat ovat: aukea ala, taimikko, nuori kasvatusmetsä, varttunut kasvatusmetsä, uudistuskypsä metsä.*

kenttäkerros (field layer)
alle puolen metrin korkuisten kasvien muodostama kasvillisuuskerros, joka koostuu pääosin varvuista, ruohoista ja heinistä
ⓘ *Kenttäkerros yhdessä pohjakerroksen kanssa muodostaa kerroksen, jossa palon syttyminen ja leviäminen useimmiten tapahtuu.*

kenttäpalo (field fire)
palo, joka on syttynyt turvetuotantoalueen kentän pinnassa, missä turve palaa hyvin ohuesti, muutaman millin kerroksena, muodostaen samalla pieniä kyteviä paloja eli kytöjä kentän pintaan
ⓘ *Kenttäpalossa savunmuodostus on runsasta ja lisäksi siihen sisältyy aina häkävaara. Kovan tuulenpuuskan turvekentän pinnasta nostattama, kuiva hienojakoinen turvepöly saattaa aiheuttaa myös pölyräjähdyksen.*

kevyt paloaines ks. hieno paloaines

kieleke (finger)
erillinen palon sivustasta työntynyt pitkänomainen palava uloke

kivennäismaa (mineral soil)
maa, joka koostuu pinnan kangashumuskerrosta tai multaa lukuun ottamatta rapautuneista kivennäismaalajeista (vrt. turvemaa)

kivennäismaan metsä (mineral soil forest)
kivennäismaalla kasvava metsä

kulo ks. metsäpalo

kuloheinä (cured grass)
edellisten kasvukausien kuolleet, kuivuneet heinät ja heinämäiset kasvit
ⓘ *Kuivuvat nopeasti ja syttyvät herkästi.*

kulohälytys
aiemmin Suomessa käytetty varoitustila, joka saatettiin antaa kun metsäpalovaara katsottiin uhkaavaksi

kulonkiertämä (fire refuge) / **palorefugio**
alue joka kasvillisuuden, maaperän kosteusolosuhteiden tai jonkun muun seikan johdosta on jäänyt toistuvasti palamatta alueen metsäpalohistoriassa; myös alue, joka jää palamatta (isossa) yksittäisessä metsäpalossa

kulotus (prescribed burning, controlled burning)
maaston tarkoituksellinen ja hallittu polttaminen
ⓘ *Suomessa pääasiassa metsänhoidollisten, maataloudellisten tai luonnonhoidollisten tavoitteiden saavuttamiseksi; kulotuksen tavoitteena voi olla myös mm. paloriskin vähentäminen palokuormaa alentamalla tai riistanhoito.*

kulovaroitus
aiemmin Suomessa käytetty varoitustila, joka annettiin kun metsäpalon vaara oli ilmeinen
ⓘ *Suomessa aiemmin käytetty kaksitasoinen kulovaroitus/kulohälytys – varoitusjärjestelmä on vuodesta 1975 korvattu metsäpalovaroituksella.*

kuntta (duff)
karikkeen ja kasvijätteiden muodostama huopamainen kerros metsämaan pinnalla, etenkin silloin kun se on paksu ja tiivis (= kangasturve)
ⓘ *Käsitettä käytetään myös kangasturpeen ja sammalkerroksen yhteisnimityksenä. Nykyään käytetään merkitykseltään vaihtelevasti, etenkin viherrakentamisessa, myös laajemmin yhteisnimityksenä kangasturpeesta, pohjakerroksesta sekä varvuista.*

kunttasammalet (duff mosses) / **metsäsammalet**
tässä kirjassa käytetty yhteisnimitys niille sammallajeille tai lajiryhmille (seinäsammal, kerrossammal, kynsisammalet), jotka pääosin muodostavat kangasmetsien pohjakerrokselle (varsinkin tuoreet ja kuivahkot kankaat) tyypillisen, yhtenäisen sammalmaton

kuollut paloaines (dead fuel)
paloaines jossa ei ole eläviä solukoita

kuristusmenetelmä (pincer action) / **(kärjen) kuristaminen**
sammutustaktiikka, joka perustuu palon molempien sivustojen kaventamiseen useimmiten tavoitteena palon kärjen sammuttaminen sivustoilta kärkeä kohti edeten
ⓘ *Kärjen kuristamista käytetään mikäli hyökkäys suoraan palon kärkeen ei ole mahdollista esim. kovan savunmuodostuksen ja kuumuuden vuoksi.*

kuvio (compartment) / **metsikkökuvio / metsäkuvio**
tarkoituksenmukainen pinta-alayksikkö, joihin metsät esim. metsäsuunnittelussa jaetaan (kuviointi), joille tehdään toimenpide-ehdotukset ja joilta kerätään metsällistä tietoa (metsävaratieto, kuviotieto) metsien hoidon ja käytön pohjaksi
ⓘ *Kuvio voi koostua yhdestä metsiköstä tai siihen voi käytännön syistä (metsiköiden pienet koot) kuulua myös eri metsiköitä tai niiden osia. Tarpeen mukaan voidaan kuviokäsitettä täsmentää esim. puhumalla metsävaratietokuvioista, suunnittelukuvioista tai puunkorjuun yhteydessä käsittelykuvioista, joihin voidaan yhdistää useita suunnittelukuvioita. Metsikön ja kuvion käsitteet ovat jossain määrin epämääräiset ja vaihtelevat, usein niitä käytetään myös toistensa synonyymeinä.*

kytöpalo (smouldering combustion) / **kytevä palo**
hidas, suhteellisen matalissa lämpötiloissa, ilman näkyvää liekkiä ja pääosin hehkumalla tapahtuva palaminen, jossa kuitenkin muodostuu savua

kärki, kärkikaari ks. palon kärki

kärkihyökkäys (head attack) / **kärjen sammuttaminen**
palon kärkiosaan kohdistuva suora hyökkäys
ⓘ *Palon kärjen sammuttaminen voidaan tehdään suoraan palon kärkeen tai kärjen sivustoille (kuristusmenetelmä).*

L

latvapalo (crown fire)
metsäpalo, jossa puiden latvusto palaa

latvusainekset (aerial fuels) / **latvuksen paloainekset**
eri latvuskerrosten yhdessä muodostamat paloainekset
ⓘ *Eri latvuskerrokset ja niiden paloainesmäärät ovat keskeisessä roolissa latvapalon syntymiselle ja leviämiselle.*

latvuskerros (crown layer / canopy layer)
puiden latvuksista koostuva vaakasuuntainen metsän kerros tai sen osakerros
ⓘ *Suomalaisessa metsäkirjallisuudessa latvuskerroksella on perinteisesti tarkoitettu varsinaisen latvuskerroksen muodostavia osakerroksia (canopy layer class), jotka syntyvät metsään puiden kilpailun ja mahdollisen ikävaihtelun tuloksena.*

latvusmassa (crown biomass)
puuston oksien, neulasten ja ainespuuksi kelpaamattoman latvuksen muodostama kokonaisbiomassa
ⓘ *Latvusmassa jäi aiemmin puunkorjuun yhteydessä hakkuutähteeksi, mutta nykyään sitä korjataan enenevässä määrin energian lähteeksi. Hakkutähdettä ja latvusmassaa käytetään yleisesti toistensa synonyymeinä.*

lehto (grove, herb-rich forest)
rehevin kasvupaikkatyyppi, jolle luonteenomaista on runsas heinä- ja ruohokasvillisuus sekä ruskomaannos

lentosammutus (aerial extinguishing)
sammutustekniikka, joka perustuu lentokoneiden tai helikoptereiden pudottaman veden tai kemikaalien vaikutukseen

liekinkorkeus (flame height)
pystysuora liekin korkeus
ⓘ *Käsitetään yleensä palon kärjen keskimääräisenä maksimikorkeutena.*

luonnon metsäpalo (natural forest fire) / **luonnonkulo**
ilman ihmisen vaikutusta syttynyt metsäpalo
ⓘ *Aiheuttajana useimmiten salama.*

luonnonhoidollinen kulotus (nature management burning)
kulotus, jonka tavoitteet ovat luonnonhoidollisia, esim. monimuotoisuuden edistäminen
ⓘ *Luonnonhoidolliset kulotukset voidaan jakaa tavoitteiden mukaan esim. ennallistamispolttoihin, säästöpuuryhmien kulotuksiin, karuunnuttamiskulotuksiin ja perinneympäristöjen hoitokulotuksiin.*

M

maakerros (soil) / **maaperä**
kallioperän päällä oleva vaihtelevan paksuinen kerros, joka koostuu kivennäismaalajeista ja/tai eloperäisistä maalajeista
ⓘ *Viimeksi syntyneet ja maakerroksen pintaosaan mahdollisesti kerrostuneet orgaaniset maalajit, esim. turve ovat palavia.*

maan paloainekset (ground fuels) / **maakerroksen paloainekset**
turve, kangashumus

maannos (solum)
maaperän pintaosiin hitaasti syntyvä, yleensä kerroksellinen rakenne
ⓘ *Maannoksen rakenne on riippuvainen etenkin ilmastosta ja maan ravinteisuudesta. Suomen yleisin maannostyyppi on podsolimaannos.*

maapalo (ground fire)
maastopalo, jossa tuli etenee maakerroksessa
ⓘ *Maapalo on mahdollinen, mikäli maaperä sisältää orgaanisesta aineksesta (turve, kangashumus) koostuvan kerroksen; maapalolle on luonteenomaista kytemällä palaminen.*

maastopalo (wildland fire)
rakentamattoman alueen palo
ⓘ *Kansainvälisessä terminologiassa maastopaloihin katsotaan kuuluvan kaikki palot, myös kulotukset. Hallitsemattomalle, ei-toivotulle palolle on oma terminsä (wildfire). Suomenkielisessä terminologiassa maastopalo ymmärretään usein myös "wildfire"-käsitteen mukaisesti, jolloin kulotuksia ei lueta maastopaloiksi. Maastopalot voidaan jakaa palokohteen mukaan metsä-, ruohikko- ja suopaloihin sekä turvepaloihin; palotavan mukaan palot voidaan luokitella latva-, pinta- ja maapaloihin.*

metsikkö (stand)
kasvupaikaltaan, puustoltaan ja maapohjaltaan jokseenkin yhtenäinen metsän osa

metsikkökuvio ks. kuvio

metsäkuvio ks. kuvio

metsän paloaines (forest fuel)
metsässä maanpinnan yläpuolella, maanpinnalla ja sen alla oleva orgaaninen aines, johon kuuluvat mm. puusto, aluskasvillisuus, hakkuutähteet, karike, kangasturve ja turve

metsänhoidollinen kulotus (silvicultural burning)
kulotus, jossa hakkuutähteiden ja humuskerroksen polttamisen avulla pyritään parantamaan metsän uudistumisolosuhteita, ravinnetaloutta sekä vähentämään tiettyjen taudinaiheuttajien esiintymistä
ⓘ *Metsänhoidolliseen kulotukseen yhdistyy nykyään luonnonhoidollisia tavoitteita (metsänhoidollis-luonnonhoidollinen kulotus) ja metsänhoidollisen kulotuksen yhteydessä myös hakkualalle jätetyt säästöpuut saavat palaa (vrt. säästöpuuryhmän kulotus).*

metsäpalo (forest fire) / **kulo**
maastopalo, jossa palaa metsää
ⓘ *Metsäpaloiksi luetaan palot, jotka ovat metsämaalla (kangas- ja suometsät), mukaan lukien kaikki kehitysluokat (aukeat alat, taimikot, nuoret ja varttuneet metsät). Vanhemmassa suomalaisessa kirjallisuudessa kulolla tarkoitettiin etenkin pintapaloa, mutta tämä vivahde-ero on nykyään kadonnut.*

metsäpaloalue (forest fire area)
metsäpalossa palamassa oleva tai palanut alue

metsäpalofrekvenssi ks. metsäpalojen toistuvuus

metsäpalohistoria (forest fire history)
tietyllä metsäalueella esiintyneiden metsäpalojen määrä, laatu, laajuus, toistuvuus ja palojen vaikutukset menneenä aikana

metsäpaloindeksi (forest fire weather index)
metsäpalovaaraa kuvaava, yleensä reaaliaikainen, numeerinen tunnus
ⓘ *Metsäpaloindeksi perustuu Suomessa Ilmatieteen laitoksen kehittämään metsäpalovaaran arviointijärjestelmään, jossa maaperän orgaanisen pintakerroksen kosteutta arvioidaan paikallisten säätietojen avulla. Metsäpaloindeksi ilmaisee vallitsevan metsäpalovaaran lukuarvoilla 1,0–6,0. Metsäpaloindeksin perusteella päätetään myös metsäpalovaroituksen antamisesta.*

metsäpalojen ehkäisy (forest fire prevention)
se osa metsäpalon torjuntaa, joka tapahtuu ennen palon syttymistä: koulutus, valistus, sammutusvalmius, varoitukset ja rajoitukset ym.

metsäpalojen sammutus (forest fire suppression)
se osa metsäpalon torjuntaa, joka tapahtuu palon sytyttyä ja tähtää palon sammuttamiseen

metsäpalojen toistuvuus (forest fire frequency) / **metsäpalofrekvenssi / metsäpalotiheys**
metsäpalojen toistuvuus tietyn ajanjakson aikana tietyllä alueella
ⓘ *Voidaan ilmoittaa lukumääränä tai sen perusteella laskettuna keskimääräisenä palovälinä (palokierto).*

metsäpalojen torjunta (forest fire control)
metsänsuojelun osa, jonka tarkoituksena on pyrkiä estämään palojen syttyminen, havainnoida syttyneet palot sekä sammuttaa alkaneet palot ja pitää palovahingot mahdollisimman pieninä

metsäpalokausi (forest fire season)
ajanjakso jolloin metsäpaloja esiintyy
ⓘ *Ajanjakso, joka edellyttää aktiivista palontorjuntaa.*

metsäpalon intensiteetti ks. metsäpalon voimakkuus

metsäpalon vaikuttavuus (forest fire severity) / **metsäpalon vakavuus**
metsäpalon ekosysteemivaikutuksia kuvaava suhteellinen tunnus, jota kuvataan mm. orgaanisen aineksen kulutuksen ja biomassan häviämisen avulla
ⓘ *Määräytyy mm. palon voimakkuuden ja palon vaikutusajan perusteella.*

metsäpalon voimakkuus (forest fire intensity) / **metsäpalon intensiteetti**
palon synnyttämä energia, jonka suuruus riippuu paloaineksien määrästä, laadusta, kuivuustilasta ja sääolosuhteista
ⓘ *Metsäpalon intensiteetti määritellään energiana tai lämpömääränä pinta-ala- ja aikayksikköä kohti; metsäpalon intensiteettiä voidaan arvioida mm. liekinkorkeuden avulla.*

metsäpaloregiimi (forest fire regime, fire regime) / **paloregiimi**
metsäpalojen yleinen esiintyminen sekä metsäpalojen ja ympäristön riippuvuus- ja vuorovaikutussuhteet, kuten palojen vaikutukset ja niihin vaikuttavat tekijät
ⓘ *Metsäpaloregiimi summaa yhteen lähes kaikki metsäpaloihin liittyvät suureet kuten metsäpalofrekvenssi, palon vaikuttavuus, palojen koko, palointensiteetti, syttymisajankohta, syttymissyy, palojen säännöllisyys, palojen vaihtelu jne.*

metsäpaloriski (forest fire risk)
syttymislähteistä ja potentiaalisista palojen aiheuttajista tietylle alueelle arvioitu metsäpalojen syttymistodennäköisyys

metsäpalovaara (forest fire danger)
metsien paloainesten rakenteen, määrän ja laadun sekä vaihtelevien tekijöiden (sää, ihmistoiminta) aikaansaama metsäpalon syttymisuhka

metsäpalovaroitus (forest fire warning)
viranomaisten yleensä julkisissa tiedotusvälineissä antama varoitus, joka annetaan kun metsäpalovaaran katsotaan olevan suuri
ⓘ *Metsäpalovaroitus annetaan Suomessa, kun metsäpaloindeksin lukuarvo (1,0–6,0) on noussut lukemaan 4,0. Metsäpalovaroituksen tarkoituksena on kiinnittää huomiota suureen metsäpalovaaraan, ja siihen saattaa liittyä rajoituksia, esim. Suomessa avotulentekokielto.*

metsäpaloväli (fire interval) / **paloväli**
metsäpalojen välinen aikaväli jollakin tietyllä (samalla) paikalla

metsäsammalet ks. kunttasammalet

metsätyyppi (forest type)
kasvillisuuteen perustuva metsämaiden luokittelun yksikkö, joka arvioi myös maapohjan puuntuottokykyä
ⓘ *Metsätyypit on nimetty kullekin metsätyypille luonteenomaisen kasvilajin tai kasvilajien mukaan (esim. mustikkatyyppi, käenkaali-mustikkatyyppi). Metsätyypit vaihtelevat Suomen eri osissa erilaisen kasvillisuuden vuoksi, minkä takia eri kasvillisuusalueilla on käytössä omat metsätyyppinsä (vrt. kasvupaikkatyyppi).*

märkä vesi (wet water)
vesi, jonka pintajännitystä on alennettu sekoittamalla siihen soveltuvaa lisäainetta, ja joka siksi tunkeutuu helpommin esim. turve- tai humuskerrokseen
ⓘ *Käytetään mm. turvepohjaisen maan ja turvetuotantoalueen paloissa sammutusaineena.*

O

orgaaninen aines ks. eloperäinen aines

P

palamisnopeus (burning rate)
palavan aineen massan pieneneminen aikayksikköä kohti

paloaineksen kosteus(pitoisuus) (fuel moisture content)
paloaineksen sisältämä ja olosuhteiden mukaan vaihteleva vesipitoisuus
ⓘ *Kosteus vaikuttaa keskeisesti palon syttymiseen, sen voimakkuuteen ja vaikuttavuuteen; voidaan ilmaista joko massaan perustuvina kuiva- tai tuoreainesprosentteina tai tilavuuteen perustuvana massa/tilavuusprosenttina.*

paloaines ks. metsän paloaines

paloaineskerros (fuel bed)
palokuorman rakenteellinen (yleensä vaakasuuntainen) osite, joka voi koostua eri paloaineksista
ⓘ *Paloaineskerroksia ovat pohja-, kenttä-, pensas- ja latvuskerros.*

paloainestyyppi (fuel type) / **palokasvustotyyppi**
paloainesten yhdistelmä, joka koostumukseltaan, määrältään ja rakenteeltaan muodostaa palokokonaisuuden luokitteluyksikön
ⓘ *Paloainestyypin ominaispiirteet määritellään pääasiassa puuston ja aluskasvillisuuden perusteella.*

paloalue ks. metsäpaloalue

paloekologia (fire ecology)
ekologian ala, joka selvittää palojen, ympäristön ja eliöiden keskinäisiä vuorovaikutuksia

palofrekvenssi ks. metsäpalofrekvenssi

palohistoria ks. metsäpalohistoria

palointensiteetti ks. metsäpalon voimakkuus

palokasvustotyyppi ks. paloainestyyppi

palokatko ks. rajoituslinja

palokatu ks. palokäytävä

palokierto (fire cycle) / **palosykli**
metsäpalojen toistuvuutta kuvaava keskimääräinen paloväli, jolla tietty alue on palanut kokonaisuudessaan tietyssä ajassa

palokokonaisuus (fuel complex)
tietyn alueen kaikkien paloainesten yhdistelmä

palokoro (fire scar)
metsäpalon aiheuttama arpimainen syvennys puun, yleensä männyn tyvessä
ⓘ *Syntyy puun paksuuskasvusta huolehtivan jälsikerroksen tuhoutumiskohdalle palon vaikutuksesta.*

palokuja (fire line) / **palo-oja**
rajoituslinja, josta paloaines on poistettu kivennäismaata myöten
ⓘ *Palokuja on yleensä riittävä este maapalon ja matalan pintapalon pysäyttämiseksi.*

palokuorma (fuel load)
paloalueella esiintyvien paloainesten yhteismassa
ⓘ *Metsäpalontorjunnassa palokuorma ilmaistaan yleisesti esim. tonnia/ha tai kg/ha. Yleisessä paloterminologiassa käytetään myös määritelmää, jossa palokuorma voidaan massan ohella määritellä tietyssä tilassa (esim. huone) olevan aineen täydellisesti palaessa syntyväksi lämpömääräksi (etenkin rakennuspalot).*

palokäytävä (fire break / fuel break) / **palokatu**
leveä rajoituslinja, josta on poistettu puusto ja mahdollisesti osa muistakin paloaineksista

palon jälki (fire impact) / **polttojälki**
metsäpalon tai kulotuksen aikaansaama paloaineksen kulutusaste, sen vaihtelu ja siihen liittyvät palon vaikutukset
ⓘ *Polttojälki-termiä käytetään arvioitaessa kulotuksen tulosta.*

palon kärki (head of the fire) / **kärki(kaari)**
paloalueen usein kaarimainen kärkiosa, jossa palo etenee nopeimmin ja jossa palon intensiteetti on suurimmillaan

palon leimahdus (blowup / flashover)
nopeasti tapahtuva palon voimakkuuden kasvu ja leviäminen
ⓘ *Leimahduksen voi aikaansaada esim. vielä palamattomien palokaasujen yhtäkkinen syttyminen (humahdus).*

palon sivustat (flanks of fire)
palon oikea ja vasen sivusta, jotka ovat pääosin samansuuntaiset palon etenemissuuntaan nähden

palon takaosa (rear of fire)
paloalueen osa palon kärjen vastakkaisella puolella missä palon leviäminen on hitainta
ⓘ *Voidaan kutsua myös palon "kantapääksi", joka on yleensä lähellä palon lähtöpaikkaa.*

palon ulkoreuna (perimeter of fire)
paloalueen uloin reuna, jossa palo etenee palamattomalle alueelle

palon vaikutukset (fire effects)
metsäpalon aikaansaamat fysikaaliset, kemialliset ja biologiset vaikutukset ympäristöön

palon voimakkuus ks. metsäpalon voimakkuus

palonestoaine (fire retardant)
aine, jota käytetään palon syttymisen ehkäisemiseksi ja sen leviämisen hidastamiseksi
ⓘ *Palonestoaine voi olla esim. veden haihtumista hidastava kemikaali, joka parantaa sammutustehoa.*

palo-oja ks. palokuja

palopesäke (hot spot) / **tulipesäke**
muusta palosta poikkeava, esim. voimakkaammin palava, erityisen aktiivinen kohta palossa, joka pyrkii levittämään paloa ja/tai jossa palo säilyy pitempään

palorefugio ks. kulonkiertämä

paloregiimi ks. metsäpaloregiimi

palorintama ks. tulirintama

palosykli ks. palokierto

palosyvyys (fire depth)
tunnus, joka kuvastaa maan orgaanisen kerroksen ohentumista palossa
ⓘ *Käytetään palon vaikuttavuuden ja palojäljen arvioinnissa; on riippuvainen palon voimakkuudesta sekä palon ajallisesta kestosta.*

palotiheys ks. metsäpalojen toistuvuus

paloväli ks. metsäpaloväli

passiivinen latvapalo (passive crown fire)
metsäpalo, jossa esiintyy soihtupaloja, mutta tuli ei kuitenkaan varsinaisesti leviä latvustossa (vrt. aktiivinen latvapalo)

pensaskerros (bush layer)
kasvillisuuskerros, johon lasketaan kuuluvaksi 0,5–2,0 metrin korkuiset pensaat ja puiden taimet

perinneympäristön hoitokulotus (prescribed burning of cultural biotopes)
luonnonhoidollinen kulotus, jonka tavoitteena on maatalouden luomien perinneympäristöjen hoito
ⓘ *Perinneympäristöjen hoitokulotuksien tavoitteet ja toteuttamistavat vaihtelevat. Tavoitteena voi olla kaskeaminen, hoitoraivauksessa syntyvän biomassan poisto polttamalla tai hoidettavan alueen vallanneen heinäkasvillisuuden poltto keväällä.*

pesäkepalo ks. heitepalo

pintakerrosten paloainekset (surface fuels)
pohja- ja kenttäkerroksen paloainekset

pintapalo (surface fire)
maastopalo, jossa palavat pohja- ja/tai kenttäkerroksen paloainekset

pistepalo ks. heitepalo

podsolimaannos (podsol)
kivennäismaiden Suomessa yleisin maannostyyppi, johon viileyden ja happamuuden aiheuttaman hitaan hajotustoiminnan vuoksi syntyy kerroksellinen rakenne sekä selkeä kangashumuskerros
ⓘ *Podsolit jaetaan tarkemmin useihin alatyyppeihin. Podsolimaannoksiin kuuluva kangashumuskerros on orgaanista ainesta ja siis paloaines (ks. kangashumus).*

pohjakerros (ground layer)
kasvillisuuskerros, joka koostuu lähinnä sammalista, jäkälistä ja karikkeesta
ⓘ *Pohjakerros yhdessä kangashumuksen kanssa muodostaa Suomen oloissa keskeisen metsäpaloriskiin vaikuttavan kerroksen.*

polttojälki ks. palojälki

R

raakahumus ks. kangashumus

raivaaminen (ks. sammutusraivaaminen)

rajoituslinja (fuel break, fire break) / **palokatko**
olemassa oleva tai tehty este tai niiden yhdistelmä, jota käytetään maastopalon pysäyttämisessä
ⓘ *Raivaamalla tehtyjä rajoituslinjoja ovat palokuja ja palokäytävä, ja muita olemassa olevia rajoituslinjoja voivat olla esim. metsäautotiet, peltoaukeat, joet jne. Rajoituslinja voidaan tehdä myös kastelemalla tai palonestoaineita käyttämällä.*

raskas paloaines ks. karkea paloaines

rintamasammuttaminen (frontal attack) / **rintamahyökkäys**
tulirintaman sammuttaminen leveältä rintamalta, missä sammuttajat työskentelevät samanaikaisesti rinnakkain (vrt. vyöryttäminen)

ruohikkopalo (grass fire) / **heinikkopalo**
maastopalo, jossa palo etenee enimmäkseen ylivuotisia heinämäisiä kasveja, eli kuloheinikoita pitkin
ⓘ *Ruohikkopalo on yleinen keväällä ennen kasvukauden alkua.*

ruohikkopalovaroitus (grass fire warning)
varoitustila, joka voidaan antaa keväällä ja jolla kiinnitetään huomiota kuloheinikoiden korkeaan paloriskiin

ruskomaannos (brown soil)
maannos, johon ei muodostu erillistä kangashumuskerrosta, vaan eloperäinen aines sekoittuu aktiivisen mikrobi- ja maaeläintoiminnan vuoksi maaperän pintaosaan mullaksi
ⓘ *Suomessa ruskomaannokset rajoittuvat lähinnä lehtoihin.*

ryömivä palo (creeping fire)
hitaasti etenevä pintapalo

S

salamapaloaines (flash fuel)
nopeasti kuivuva ja kuivana erittäin syttymisherkkä hieno paloaines
ⓘ *Salamapaloaineksia ovat esim. kuloheinä ja pieniläpimittaiset oksat.*

sammutusraivaaminen (starvation) / **raivaaminen**
palon sammuttaminen tai rajoittaminen paloainesta poistamalla tai vähentämällä
ⓘ *Metsäpalon torjunnassa raivaamista käytetään esim. palokäytävien ja palokujien teossa.*

sammutustaktiikka (suppression tactics)
suunnitelma, jonka avulla paloa sammutetaan palon käyttäytyminen, olosuhteet sekä käytettävissä olevat resurssit huomioiden
ⓘ *Sammutustaktiikka voidaan jakaa epäsuoraan ja suoraan sammutustaktiikkaan.*

sammutustekniikka (suppression technique)
varsinaiset toimenpiteet joilla palo sammutetaan
ⓘ *Sammutustekniikka koostuu palon rajoittamisesta, varsinaisesta sammuttamisesta, jälkisammutuksesta sekä jälkivartioinnista käytettävissä olevaa kalustoa hyödyntäen ja sammutusmenetelmiä soveltaen.*

sivustahyökkäys (flank attack) / **sivusta sammuttaminen**
palon sivustoille kohdistuva sammuttaminen (vrt. kaventamis-, kuristamismenetelmä)

soihtupalo (torching)
yksittäisten puiden tai pienten puuryhmien oksistojen soihtumainen palaminen metsäpalossa
ⓘ *Soihtupalo syntyy, kun pintapalon intensiteetti kasvaa riittävän suureksi, palo ei kuitenkaan leviä latvustossa (vrt. passiivinen latvapalo).*

suojapoltto (burning-out)
menetelmä, jossa polttamalla vähennetään etenkin hienoa paloainesta
ⓘ *Suojapolttoa voidaan käyttää raivaamisen sijasta ja ohella lähestyvän tulirintaman ja rajoituslinjan välimaastossa, palokäytävällä, palokujaa tehostaen tai leventäen sekä jälkisammutuksessa palamatta jääneillä tai heikosti palaneilla kohdilla. Suojapoltto on vastatulta kevyempi toimenpide, joka kohdistuu lähinnä pohja- ja pintakerroksen paloaineksiin, eikä sen tarkoituksena ole välttämättä yhdistyä torjuttavan palon palorintamaan.*

suora hyökkäys (direct attack) / **suora sammutushyökkäys / suora sammuttaminen / suora sammutustaktiikka**
sammutustaktiikan menetelmä, jossa pyritään palon sammuttamiseen varsinaisen tulirintaman sammuttamisella
ⓘ *Suora sammuttaminen sopii matalaintensiteettisten palojen sammutukseen.*

syttymisherkkyys (inflammability)
paloaineksen herkkyys syttyä tietyissä olosuhteissa

syttymistodennäköisyys (ignition probability)
todennäköisyys, jolla paloaines syttyy tietyissä olosuhteissa

syttyvyys (flammability)
ominaisuus, joka ilmaisee paloaineksen syttymis- ja palamisherkkyyden erilaisissa olosuhteissa

säästöpuuryhmän kulotus (burning of retention trees) / **säästöpuuryhmän poltto**
luonnonhoidollinen kulotus, jossa nykyisten metsänhoito-ohjeiden mukaisesti hakkualalle ryhmäksi jätettävät säästöpuut poltetaan, ilman että koko hakkuualuetta kulotetaan (vrt. metsänhoidollinen kulotus)
ⓘ *Säästöpuuryhmien poltoilla pyritään palaneesta puusta riippuvaisten eliölajien elinolosuhteiden parantamiseen. Säästöpuuryhmien poltto lisääntynee tulevaisuudessa, koska hakkuutähde korjataan enenevässä määrin bioenergian lähteeksi ja koska se on vähemmän vaativaa kuin metsänhoidollinen kulottaminen.*

T

takatuli ks. vastatuli

tasaikäinen metsä (even-aged forest) / **tasaikäisrakenteinen metsä**
metsä, jonka puut ovat suurelta osin samaa ikäluokkaa
ⓘ *Tasaikäisrakenteiset metsät ovat usein myös tasarakenteisia, minkä takia tasaikäisrakenteinen ja tasarakenteinen ymmärretään usein samaksi termiksi.*

tasarakenteinen metsä (even-structured forest)
metsä, jonka puut ovat suurelta osin samaa kokoluokkaa

tukahduttaminen (smothering)
sammutusmenetelmä, jossa happipitoisuus pienennetään sellaiseksi, ettei palaminen ole mahdollista
ⓘ *Metsäpalojen sammutuksessa käytetään tukahduttamista esim. eristämällä paloaines ilmasta palamattomalla aineella, kuten hiekalla.*

tulella sammuttaminen (firing out, fighting fire with fire, burning method)
sammuttamismenetelmät, joissa pyritään polttamalla vähentämään palokuormaa ja alentamaan paloainesten syttyvyyttä
ⓘ *Tärkeimmät tulella sammuttamismenetelmät ovat vastatuli ja suojapoltto.*

tulipesäke ks. palopesäke

tulipyörre (fire whirl)
palossa syntyvän lämpimän ilman aiheuttama kuuma, nopeasti nouseva pyörteinen ilmavirtaus, joka voi nostaa korkealle ilmaan savua, liekkejä, kipinöitä ym.
ⓘ *Tulipyörteen nostattamat kipinät voivat sytyttää uusia heitepaloja palon ulkopuolelle.*

tulirintama (fire front) / **palorintama**
yhtenäinen palon reuna, jossa palo etenee näkyvällä liekillä ja palaminen on jatkuvaa
ⓘ *Maapalossa tulirintamalla voidaan tarkoittaa myös kytemällä etenevää palon etureunaa, joka rajautuu palamattomaan ainekseen.*

tulirintaman intensiteetti (fire front intensity)
se määrä energiaa, joka vapautuu tulirintaman polttaessa tietyn alan tietyssä ajassa
ⓘ *Esim. kW/m²/s; yleisin tapa ilmaista palon intensiteettiä.*

turve (peat)
epätäydellisesti hajonneiden kasvijäännösten muodostama eloperäinen maalaji pääosin soilla

turvekangas (drained peatland forest)
turvemaa, joka ojituksen seurauksena on kuivunut ja muuttunut kasvillisuudeltaan ja puuston kasvultaan kangasmetsän kaltaiseksi
ⓘ *Käytetään myös ojitettujen soiden kasvupaikkaluokkana (=turvekangastyyppi, esim. mustikkaturvekangas).*

turvemaa (peatland)
maa, jonka pintaosassa on turvekerros (vrt. kivennäismaa)
ⓘ *Geologisen määritelmän mukaan turvekerroksen tulee olla vähintään 30 cm paksu, jotta kyseessä on turvemaa.*

turvemaan metsä (peatland forest)
turvemaalla kasvava metsä

turvepalo (peat fire)
maastopalo, jonka pääasiallisena paloaineksena on turve
ⓘ *Palo etenee usein maapalona, pääasiassa kytemällä ja on usein työläs sammuttaa.*

V

vaarallinen paloaines (hazard fuel)
aines, joka sen laadun, tilajärjestyksen, määrän, olosuhteiden ja paikan suhteen muodostaa selvän palon uhan

vastatuli (backfire) / **takatuli**
palon etenemissuunnan alapuolelta tarkoituksellisesti sytytetty, varsinaista pääpalorintamaa vastaan etenevä ja siihen yhtyvä tulirintama
ⓘ *Vastatuli on menetelmä, jota käytetään lähinnä suurpaloissa latvapalon pysäyttämiseksi sekä kulotuksissa.*

vesisammutus (water extinguishing)
sammutus, joka perustuu veden jäähdyttävään vaikutukseen
ⓘ *Vesisammutus voidaan toteuttaa joko ilmasta tai maasta.*

vihertyminen (green-up)
kasvukauden alussa tapahtuva tuoreiden kasvien ja kasvinosien (esim. ruohot, heinät, lehdet) kasvu, joka vähentää maastopalovaaraa

vyöryttäminen
tulirintaman sammuttamista pitkittäissuuntaisesti, rintamaa pitkin edeten (vrt. rintamasammuttaminen)

välittäjäaines (ladder fuel)
paloaines, joka edesauttaa palon siirtymistä alemmista paloaineskerroksista latvuskerrokseen
ⓘ *Välittäjäainekset lisäävät latvapaloriskiä.*

Y

yksijaksoinen metsä (one-storey forest) / **yksikerroksinen metsä**
tasarakenteinen metsä, jonka puut keskittyvät samaan kokoluokkaan ja muodostavat yhden selkeän latvuskerroksen
ⓘ *Koska suurin osa Suomen metsistä on yksijaksoisia, ilman erillistä määrettä olevilla metsillä tarkoitetaan yleensä yksijaksoisia metsiä.*

Lähdeluettelo

Agee, J.K. & Skinner, C. 2005. Basic principles of forest fuel reduction treatments. For. Ecol. Manage. 211 (1–2): 83–96.

Agee, J.K., Wright, C.S., Williamson, N. & Huff, M.H. 2002. Foliar moisture content of Pacific Northwest vegetation and its relation to wildland fire behavior. For. Ecol. Manage. 167: 57–66.

Ahti, T. 1959. Studies on the caribou lichen stands of Newfoundland. Ann. Bot. Soc. "Vanamo" 30.4. 44 s.

Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettyjen polttoaineiden ominaisuuksia. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT tiedotteita 2045, 172 s + liitteet 17 s.

Albini, F.A. 1979. Spot Fire Distance From Burning Trees: A Predictive Model. USDA Forest Service, Gen. Tech. Rep. INT- 56, 73 s.

Alexander, M. E. 1988. Help with making crown fire hazard assessments. Teoksessa: Fischer, W.C. and Arno, S.F. Protecting people and homes from wildfire in the interior west: Proceedings of the Symposium and Workshop. USDA Forest Service, Gen. Tech. Rep. INT-251, s. 147–156.

Alexander, M.E. 2006. Models for predicting crown fire behavior – a review. Teoksessa: V short course on fire behavior, 25–26 November 2006, Figueira fa Foz, Portugal. Association for the development of Industrial Aerodynamics, Forest Fire Research Center, Coimbra, Portugal, s. 173–225.

Anderson, K. 1993.Lightning-caused fire occurrences: an overview. Teoksessa: Anderson, K.R. (toim.). Proceedings of the 6th Western Region Fire Weather Committee Scientific and Technical Seminar, March 23, 1992, Edmonton, Alberta. Forestry Canada, Northwest Region, Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta, s. 27–42.

Andrews, P.L. & Rothermel, R.C. 1982. Charts for interpreting wildland fire behavior characteristics. USDA Forest Service, Gen. Tech. Rep. INT-131, 21 s.

Bjor, C. 1965. Temperaturgradientens betydning for vannhusholdningen på skogmark. Meddelser fra det norske skogforsøksvesen 76: 278–306.

Busby, J.R. & Whitfield, D.W.A. 1978. Water potential, water content, and net assimilation of some boreal forest mosses. Can. J. Bot. 56: 1551–1558.

Byram, G. M. 1959. Combustion of forest fuels. Teoksessa: Davis, K. P. (toim.). Forest Fire: Control and Use. New York, McGraw Hill, s. 61–89.

Carleton, T.J. & Dunham, K.M.M. 2003. Distillation in a boreal mossy forest floor. Can. J. For. Res. 33: 663–671.

Chrosciewicz, Z. 1989. Prediction of forest-floor moisture content under diverse jack pine canopy conditions. Can. J. For. Res. 19: 1483–1487.

de Groot, W.J.1993. Examples of fuel types in the Canadian Forest Fire Behavior Prediction (FBP) System. For. Can., Northwest Reg., North. For. Cent., Edmonton, Alberta. Poster (with text).

Forest Fire Management Glossary of FAO 2005. United Nations. Food and Agriculture Organization.

Frandsen, W, H. 1997. Ignition probability of organic soils. Can. J. For. Res. 27: 1471–1477.

Frandsen, W.H. 1987. The influence of moisture and mineral soil on the combustion limits of smoldering duff. Can. J. For. Res. 17: 1540–1544.

Franssila, M. 1959. Kulovaaran ja säätekijöiden välisestä riippuvuudesta. Acta For. Fenn. 67(5): 1–26.

Glossary of Wildland Fire Terminology 2007. A Publication of the National Wildfire Coordinating Group, 186 s.

Granström, A. 2001. Fire management for biodiversity in the European boreal forest, Scand. J. For. Res. Suppl. 3: 62–69.

Granström, A. & Schimmel, J. 1998. Utvärdering av det kanadensiska brandrisksystemet– testbränningar och uttorkningsanalyser. (English abstract: Assessment of the Canadian forest fire danger rating system for Swedish fuel conditions), Rescue Service, Karlstad, Sweden, s. P21-244/98.

Hakkila, P. 1991. Hakkuupoistuman latvusmassa. Fol. For. 773, 24 s.

Hakkila, P., Nurmi, J. & Kalaja, H. 1998. Metsänuudistusalojen hakkuutähde energialähteenä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja – The Finnish Forest Research Institute, Research Papers 684, 68 s.

Heikinheimo, M., Venäläinen, A. & Tourula, T. 1996. A soil moisture index for the assessment of forest fire risk in the boreal zone, Proceedings of the COST 77, 79, 711 International Symposium on Applied Agrometeorology and Agroclimatology, EUR 18328 EN Volos, Greece, April 24–26, European Commission, Belgium, s. 549–556.

Heikkilä, T, Grönqvist, R & Jurvelius, M. 2010. Wildland fire management. Handbook for trainers, 250 s.

Heikkilä, T. Jurvelius, M. & Niemi, I. 2000. Metsäpalot. Suomen pelastusalan keskusliitto, 129 s.

Hille, M.G. & den Ouden, J. 2005. Fuel load, humus consumption and humus moisture dynamics in Central European Scots pine stands. Int. J. Wildland Fire 14: 153–159.

Hille, M.G. & Stephens, S.L. 2005. Mixed Conifer Forest Duff Consumption during Prescribed Fires: Tree Crown Impacts. For. Sci. 51: 417–424.

Hotanen, J. Nousiainen, H., Mäkipää, R., Reinikainen, A. & Tonteri, T. 2008. Metsätyypit – opas kasvupaikkojen luokitteluun, 182 s.

Hyttinen, V, Tolonen, P. & Väisänen, T. 2008. Palofysiikka, 280 s.

Kasvusto-opas lento- ja maatiedusteluun metsä- ja maastopaloissa. 2007. Sisäministeriön pelastusosasto, 18 s.

Larjavaara, M. 2005. Climate and forest fires in Finland: influence of lightning-caused ignitions and fuel moisture. Dissertationes Forestales 5, Department of Forest Ecology, University of Helsinki, Helsinki, 35 s.

Larjavaara, M., Kuuluvainen, T., Tanskanen, H. & Venäläinen, A. 2004. Variation in forest fire ignition probability in Finland. Silva Fenn. 38 (3): 253–266.

Larjavaara, M., Pennanen, J. & Tuomi, T.J. 2005. Lightning that ignites forest fires in Finland. Agric. For. Meteorol. 132: 171–180.

Laukkanen, E 1937. Metsäpalot ja niiden sammutus. Kirjapaino Oy Sana. Helsinki. 57 s.

Laurén, A. 1999. Hydraulic, thermal and aeration properties of mor layers in Finland. Väitöskirja. Metsätieteellinen tiedekunta, Joensuun yliopisto. Joensuun yliopistopaino, 53 s. + liitteet.

Lawson, B.D. & Dalrymple, G.N. 1996. Ground-truthing the Drought Code: Field verification of overwinter recharge of forest floor moisture. Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre and B.C. Ministry of Forests, Research Branch, Victoria, British Columbia. FRDA Report 268, 21 s.

Lawson, B.D., Frandsen, W.H., Hawkes, B.C. & Dalrymple, G.N. 1997. Probability of sustained smouldering ignition for some boreal forest duff types. Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta. Forest Management Note 63, 11 s.

Lehtonen, A., Mäkipää, R., Heikkinen, J., Sievänen, R. & Liski, J. 2004. Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests. For. Ecol. Manage. 188: 211–224.

Matthews, S. 2005. Fuel moisture modeling. Canberra: CSIRO Forestry and Forest Products, 67 s.

Metsätilastollinen vuosikirja 2009. Metsäntutkimuslaitos, 450 s.

Muukkonen, P. & Mäkipää, R. 2006. Empirical biomass models of understorey vegetation in boreal forests according to stand and site attributes. Boreal Env. Res.11: 355–369.

Muukkonen, P., Mäkipää, R., Laiho, R., Minkkinen, K., Vasander, H. & Finér, L. 2006. Relationship between biomass and percentage cover in understorey vegetation of boreal coniferous forests. Silva Fenn. 40(2): 231–245.

Mäkipää, R. 2000a. Seinäsammal. Teoksessa: Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J.-P. (toim.). Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa. Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki, s. 251–253.

Mäkipää, R. 2000b. Metsäkerrossammal. Teoksessa: Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J.-P. (toim.). Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa. Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki, s. 248–250.

Mäkipää, R. 2000c. Kangaskynsisammal. Teoksessa: Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J.-P. (toim.). Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa. Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki, s. 244–246.

Mäkipää, R. & Heikkinen, J. 2003. Large-scale changes in abundance of terricolous bryophytes and macrolichens in Finland. J. Veg. Sci. 14: 497–508.

Nousiainen, H. 2000. Poronjäkälät. Teoksessa: Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J.-P. (toim.). Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa. Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki, s. 302–317.

Nurmi, J. 1993. Heating values of the above ground biomass of small-sized trees. Tiivistelmä: Pienikokoisten puiden maanpäällisen biomassan lämpöarvot. Acta For. Fenn. 236, 30 s.

Nurmi, J. 1997. Heating values of mature trees. Acta For. Fenn. 256, 28 s.

Nurmi, J. 1999a. The storage of logging residue for fuel. Biomass Bioenerg.17: 41–47.

Nurmi, J. 1999b. Hakkuutähteen ominaisuuksista. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja – The Finnish Forest Research Institute, Research Papers 722, 32 s.

Ottmar, R.D., Sandberg, D.V., Riccardi, C.L. & Prichard, S.J. 2007. An overview of the Fuel Characteristic Classification System (FCCS) — A system to build, characterize, and classify fuels for resource planning. Can. J. For. Res. 37: 2383–2393.

Palo- ja pelastussanasto 2006. (TSK 33). Sanastokeskus TSK ry, 350 s.

Péch, G. 1989. A model to predict the moisture content of reindeer lichen. Forest Sci. 35: 1014–1028.

Péch, G. 1991. Dew on reindeer lichen. Can. J. For. Res. 21: 1415–1418.

Peterson, W. L. & Mayo, J. M. 1975. Moisture stress and its effect on photosynthesis in Dicranum polysetum. Can. J. Bot. 53: 2897–2900.

Proctor, M. 1982. Physiological ecology: water relations, light and temperature responses, carbon balance. Teoksessa: Smith, A.J.E. (toim.) Bryophyte ecology. Chapman and Hall, London, UK, s. 333–382.

Päivänen, J. 2006. Puut ja pensaat tutuksi. Metsätieteen aikakauskirja 4: 533–536.

Päätalo, M-L.1998. Factors influencing occurrence and impacts of fires in Northern European forests. Silva Fenn. 32(2): 185–202.

Rothermel, R. (1991). Predicting behavior and size of crown fires in the northern Rocky Mountains. USDA Forest Service, Res. Pap. INT-438, 46 s.

Saari, E. 1923. Kuloista, etupäässä Suomen valtionmetsiä silmällä pitäen. Tilastollinen tutkimus. Acta For. Fenn. 26 (4): 155 s.

Sandberg, D.V. 1980. Duff reduction by prescribed burning in Douglas-fir. USDA Forest Service Res. Pap. PNW-272, 18 s.

Sandberg, D., Ottmar, R. & Cushon, G. 2001. Characterizing fuels in the 21st Century. Int. J. Wildland Fire 10: 381–387.

Schimmel, J. & Granström, A. 1997. Fuel succession and fire behavior in the Swedish boreal forest. Can. J. For. Res. **27**: 1207–1216.

Schimmel, J. 1993. On fire – Fire behavior, fuel succession and vegetation response to fire in the Swedish boreal forest. Dissertation in Forest Vegetation Ecology 5. Swedish University of Agricultural Sciences.

Scott, J. H. and E.D. Reinhardt, compilers. 2007. FireWords Version 1.0: Fire Science Glossary [electronic]. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory, (http://www.fs.fed.us/fmi).

Siikanen, T. 2009. Kipinät metsäpalojen levittäjänä. Pelastustieto 6: 103–107.

Siren, G. 1955. The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. Lyhennelmä: Pohjois-Suomen paksusammalkuusikoiden kehityksestä ja ekologiasta. Acta For. Fenn. 62 (4): 1–408.

Taipale, R. 1996. Kiinteiden polttoaineiden ominaisuudet. Jyväskylän yliopisto. Kemian laitos, pro gradu – tutkielma, 76 s.

Tamminen 1991. Kangasmaan ravinnetunnusten ilmaiseminen ja viljavuuden alueellinen vaihtelu. Fol. For. 777, 40 s.

Tanskanen, H. 2007. Fuel conditions and fire behavior characteristics of managed Picea abies and Pinus sylvestris forests in Finland. University of Helsinki, Department of Forest Ecology. Dissertationes Forestales 40, 61 s.

Tanskanen, H., Granström, A., Larjavaara, M. & Puttonen, P. 2007. Experimental fire behaviour in managed Pinus sylvestris and Picea abies stands of Finland. Int. J. Wildland Fire 16: 414–425.

Tanskanen, H., Granström, A. Venäläinen, A. & Puttonen, P. 2006. Moisture dynamics of moss-dominated surface fuel in relation to the structure of Picea abies and Pinus sylvestris stands. For. Ecol. Manage. 226: 189–198.

Tanskanen, H. & Venäläinen, A. 2008. The relationship between fire activity and fire weather indices at different stages of growing season in Finland. Bor. Env. Res. 13: 285–302.

Tanskanen, H., Venäläinen, A., Puttonen, P. & Granström, A. 2005. Impact of stand structure on surface fire ignition potential in Picea abies and Pinus sylvestris forests in southern Finland. Can. J. For. Res. 35: 410–420.

Tonteri, T., Hotanen, J.-P., Mäkipää, R., Nousiainen, H., Reinikainen, A. & Tamminen, M. 2005. Metsäkasvit kasvupaikoillaan – kasvupaikkatyypin, kasvillisuusvyöhykkeen, puuston kehitysluokan ja puulajin yhteys kasvilajien runsaussuhteisiin. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja – The Finnish Forest Research Institute, Research Papers 946. 52 s.

Torjutaan turvepaloja. 2009. Turveteollisuuslitto, 51 s.

Tuhat tärkeää termiä. Metsäsanasto 2006. Metsäkustannus.

Vanha-Majamaa, I. & Reinikainen, A. 2001. Muuttuvan maankäytön vaikutus kasvillisuuteen. Teoksessa: Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J.-P. (toim.). Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa. Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki.

Van Wagner, C.E. 1987. Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System. Canadian Forest Service. Ottawa, ON. Forestry Technical Report 35, 37 s.

Van Wagner, C.E.1977. Conditions for the start and spread of crown fire. Can. J. For. Res. **7:** 23–34.

Vasander, H & Lindhom, T. 1985. Fire intensities and surface temperatures during prescribed burning. Silva Fenn. 19 (1): 1–15.

Venäläinen, A. & Heikinheimo, M. 2003. The Finnish forest fire index calculation system. Teoksessa: Zschau, J. & Kuppers, A. (toim.). Early Warning Systems for Natural Disaster Reduction. Springer, 467 s.

Viro, P.J. 1969. Prescribed burning in forestry. Comm. Inst. For. Fenn. 67. 48 s.

Nimekkeen nidetiedot

Nimeketiedot

ISBN:	978-951-40-2294-4
Pääsana:	LINDBERG
Tekijät:	Henrik Lindberg, Timo V Heikkilä, Ilkka Vanha-Majamaa
Nimeke:	Suomen metsien paloainekset
Alanimeke:	kohti parempaa tulen hallintaa
Julkaisutiedot:	Palosuojelurahasto ; Metsäntutkimuslaitos, 2011
Painopaikka:	Vammalan Kirjapaino
Ulkoasu:	104 s.
Huomautus:	Kustaantajatiedot eivät ilmene selväsi julkaisusta. Painatuskulut: Palosuojelurahasto. Muut yhteistyökumppanit: Suomen Akatemia, EU. Lisäksi; Sisäasiainmisnisteriön pelastusosasto, Helsingin yliopisto, Jyväskylän yliopisto, Ilmatieteen laitos, VTT, Metsähallitus, TAPIO, Geologian tutkimuskeskus, Hämeen amk, Seinjoen amk, Pelastusopisto. Sisältyy metsäpalosanasto.
Kirjastokohtaiset asiasanat:	metsäpalot; kasvupaikka; palontorjunta; sanastot; terminologia; metsätuhot; maastopalot; kulotus
Julkaisun kielet:	fin
Julkaisumaa:	FI
Tallennettu:	1.6.2011 10:42:00
Päivitetty:	1.6.2011 11:11:00

Nidetiedot

Toimipiste	Hankintanro	Luett.päivä	Sijaintipaikka	Signum	Muuta
Mt	19800693	1.6.2011	Mt VAN kirjasto KIR	~~Mt KIR~~	LainakokoelmaLN
Mt	19800693/2	1.6.2011	Mt VAN kirjasto KIR	METLA LIN	METLA-kokoelma

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto
Jokiniemenkuja 3 B
PL 18, 01301 VANTAA



Mikä kasvupaikka palaa herkimmin? Miten metsien rakenne vaikuttaa metsäpalon etenemiseen? Miten metsätietoa voidaan käyttää tehokkaasti metsäpalojen torjunnassa? SUOMEN METSIEN PALOAINEKSET esittelee sanoin ja kuvin tutkimus- ja käytännön tietoa metsäpaloista, metsien paloaineksista ja paloherkkyydestä.

Kirjassa metsät luokitellaan paloainestyyppeihin, joiden tunnukset vastaavat metsätalouden ja metsäsuunnittelun luokituksia. Paloainestyypit esitellään lyhyen sanallisen kuvauksen sekä valokuvien avulla. Metsäpalosanaston avulla pyrimme yhtenäistämään suomenkielistä paloterminologiaa.

SUOMEN METSIEN PALOAINEKSET on tarkoitettu niin pelastusviranomaisille, metsäammattilaisille kuin kaikille tulen käyttäytymisestä kiinnostuneille. Kirjan tavoitteena on edistää metsäpalontorjuntaa sekä kulotuksien toteuttamista Suomessa.