

Kulotuksen tekniikka ja menetelmät

Taina Lemberg

**Metsätehon raportti 105
14.5.2001**

Kulotuksen tekniikka ja menetelmät

Taina Lemberg

Metsätehon raportti 105
14.5.2001

Ryhmähanke: Metsähallitus, Metsäliitto Osuuskunta,
Stora Enso Oyj, UPM-Kymmene Oyj,
Yksityismetsätalouden Työnantajat r.y.

Asiasanat: kulotus, metsänhoito

© Metsäteho Oy

Helsinki 2001

SISÄLLYS

ALKUSANAT	5
1 JOHDANTO.....	6
2 PALAMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	6
2.1 Palamisen perustekijät	6
2.2 Lämmön siirtymistavat	7
2.3 Tulen intensiteetti	8
2.4 Tulen käyttäytyminen	9
2.4.1 Palava materiaali.....	9
2.4.2 Topografia	10
2.4.3 Ilmasto ja sää	10
2.5 Tulen leviämismallit.....	11
3 KULOTUKSEEN SOVELTUVAT ALUEET	12
3.1 Kulotuksen vaikutus maaperän ominaisuuksiin	12
3.2 Kasvupaikka	13
3.3 Puulaji.....	14
3.4 Infrastrukturi	15
3.4.1 Kohteen ominaisuudet.....	15
3.4.2 Koko	16
3.4.3 Muoto	16
3.4.4 Topografia	16
3.4.5 Rajaus	16
3.4.6 Kulkuyhteydet.....	17
3.4.7 Sammutusveden saatavuus	17
4 KULOTUKSEN VALMISTELU	18
4.1 Kulotushankkeen suunnittelu	18
4.2 Kulotukseen tähtäävän hakkuun erityispiirteet.....	18
4.3 Metsälain erityisen tärkeät elinympäristöt sekä vesiensuojelu kulotuksessa	19
4.4 Kulotuksen esivalmistelut	20
4.4.1 Palokujat ja -käytävät	20
4.4.2 Vedenottoaikkojen valmistelu	21
4.4.3 Muurahaispesät.....	21
4.4.4 Esivalmisteluissa tarvittava kalusto.....	22
4.4.5 Esivalmistelutöiden ajoitus.....	22
5 POLTTOVAIHE.....	23
5.1 Polttovaiheessa tarvittava kalusto.....	23
5.1.1 Sytytysvälineet.....	23
5.1.2 Sammutuskalusto.....	27
5.1.3 Käsityökalut.....	32
5.1.4 Yhteydenpito	32
5.1.5 Henkilökohtaiset varusteet	32

5.2	Työvoiman tarve ja tehtävät	33
5.3	Polttovaiheen ajoitus	34
5.3.1	Hakkuusta kulunut aika	34
5.3.2	Vuodenaika	34
5.3.3	Kellonaika.....	34
5.4	Polttoajankohdan olosuhteet.....	35
5.4.1	Säätila	35
5.4.2	Hakkuutähteiden ja humuskerroksen kosteus.....	36
5.5	Polton esivalmistelut	37
5.5.1	Vedenottopaikkojen merkintä.....	37
5.5.2	Ilmoitukset kulotuksesta	37
5.5.3	Linnunpesien ja muurahaispesien suojaus.....	37
5.5.4	Sammutuskaluston järjestely ja testaus	37
5.5.5	Tuuliviirien paikoilleen vieminen	37
5.5.6	Palokujien kastelu.....	38
5.6	Polttotekniikat.....	38
5.6.1	Yleistä.....	38
5.6.2	Vastatuliteknikka.....	38
5.6.3	Kaistalemyötätuliteknikka	39
5.6.4	Sivutuliteknikka.....	39
5.6.5	Laikkutuliteknikka.....	39
5.6.6	Ympyräsytytystekniikka	39
5.6.7	Säteittäinen sytytystekniikka.....	41
5.6.8	Kasoissa polttaminen.....	41
5.6.9	Puukeskinen laikkusytytystekniikka.....	41
5.7	Tulen hallinta.....	42
6	SAMMUTUS JA JÄLKIVARTIOINTI	43
7	KULOTUKSEN KUSTANNUKSET	43
7.1	Nykyiset kustannukset	43
7.2	Kemera-tuki	44
7.3	Vakuutukset.....	44
8	KULOTUKSEEN LIITTYVÄ LAINSÄÄDÄNTÖ	45
9	KIRJALLISUUS.....	47

LIITE: Ennakoilmoitus metsänhoidollisen kulotuksen toimittamisesta

ALKUSANAT

Tämän työn tarkoituksena oli koota ajan tasalla oleva kulotuksen tekniikkaa ja menetelmiä käsittelevä aineisto, jonka pohjalta voidaan laatia opas kulotuksen toteutuksesta. Koottu aineisto kattaa alueen perusteellisesti, ja se tuodaan tässä raportissa kulotuksesta kiinnostuneiden käyttöön alan käsikirjaksi.

Aineistossa käsitellään pelkästään metsänhoidollista kulotusta, ei järeämman puuston polttoa monimuotoisuuden lisäämiseksi, joka ansaitsee oman pohdintansa.

Kirjoittaja, ylioppilas Taina Lemberg on samalla tehnyt aiheesta opinnäytetyönsä maa- ja metsätaloustieteen kandidaatin tutkintoa varten Helsingin yliopiston metsäekologian laitokselle. Tutkimuksen johtoryhmällä on ollut painava osuus hankkeen ohjaamisessa ja sisällön muotoilussa, ja se on myös tarkistanut tekstin asiasisällön. Johtoryhmän puheenjohtajana on toiminut Kalervo Rissanen Metsähallituksesta, ja jäsenenä Helge Hiltula UPM-Kymmene Oyj:stä, Kari Immonen Yksityismetsätalouden Työnantajat r.y:stä, Pauli Ruotsalainen Stora Enso Oyj:stä sekä Mauri Tamminiemi Metsämännut Oy:stä. Metsätehosta hanketta on ohjannut Simo Kaila.

1 JOHDANTO

Kulotuksen käytännön toteuttamisesta, sen tekniikoista ja menetelmistä, ei ole tehty pitkään aikaan käytännön kulotustyötä palvelevaa tutkimusta. Viimeisin kotimainen kulotuksen ohjekirja on peräisin vuodelta 1951. Noista ajoista metsätalouden menetelmät ovat suuresti muuttuneet, mikä aiheuttaa omia vaatimuksiaan myös kulotuksen suhteen. Toisaalta kulotuksessa käytettävä kalusto on kehittynyt huomattavasti, mikä helpottaa kulotuksen toteuttamista.

Kuitenkin kulotuksen tärkeimpään elementtiin - tuleen - pätevät edelleen samat lainalaisuudet kuin 50 vuotta sitten, ja siksi tietyt peruselementit pysyvät kulotustekniikoissa ja menetelmissä aina samanlaisina. Hyvään tulokseen kulotuksen avulla pääsemiseksi on tärkeää tuntea palamiseen ja tulen käyttäytymiseen vaikuttavat tekijät kulotustekniikoiden ja kaluston käytön lisäksi.

2 PALAMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

2.1 Palamisen perustekijät

Tulen suunnitelmallisessa käytössä on hyvin tärkeää tuntea palamiseen ja tulen käyttäytymiseen vaikuttavat tekijät, jotta tulta voidaan hallita ja kulotuksen lopputulos olisi halutunlainen.

Palaminen on aineen yhtymistä happeen sopivissa olosuhteissa. Jotta palaminen olisi mahdollista, tarvitaan palavaa ainesta, lämpöä ja happea sopivissa suhteissa (Heikkilä ym. 1993). Palavan aineksen määrä ja laatu vaikuttavat eniten palamisreaktioon ja tulen käyttäytymiseen (Brown ja Davis 1973). Ilmassa on noin 21 % happea. Jos ilman happipitoisuus laskee alle 15 %:n, palaminen ei voi jatkua, vaan tuli sammuu (Heikkilä ym. 1993). Kulotuksessa hapen määrä on riittävä palamiseen, mutta rakennuspaloissa voi hapen määrä laskea alle 15 %:in.

Jotta materiaali voisi syttyä, sen täytyy lämmetä leimahduspisteeseen. Leimahduspiste on kappaleen lämpötila, jossa se syttyy tuleen ja jatkaa palamista ilman muusta lähteestä tulevaa lisälämpöä (Heikkilä ym. 1993). Suuret kappaleet vaativat suuremman lämpömäärän lämmitäkseen leimahduspisteeseen kuin pienet kappaleet. Kappaleen lämpenemiseen vaikuttaa myös sen kosteus. Kostean kappaleen lämmittäminen vaatii enemmän energiaa kuin kuivan, sillä veden haihtuminen kuluttaa energiaa. Kuollut kasvimateriaali on hygroskooppista, eli sen kosteus pyrkii samaan tasoon ympäristön kosteuden kanssa. Pienikokoisen materiaalin kosteus seuraa ympäristön kosteusolosuhteita nopeammin kuin suurikokoisen materiaalin. On selvää, että mitä kuivempaa palava materiaali on, sitä voimakkaammin ja täydellisemmin se palaa. Jos materiaalin kosteus on 7 – 10 %, se palaa lähes täydellisesti (Duryea ja Dougherty 1991). Palavan materiaalin kosteuden pitäisi

olla kulotuksessa jonkin verran suurempi, koska kaikkea orgaanista materiaalia ei haluta polttaa. Mobleyn ym. (1978) mukaan palavan aineksen kosteus tulisi kulotuksessa olla 7 - 20 %. Kun ilman suhteellinen kosteus on yli 60 %, pienikokoinen palava aine on yleensä liian kostea palaakseen (Duryea ja Dougherty 1991). Vastaavasti ilman suhteellisen kosteuden alittaessa 20 % pienikokoinen palava aine on erittäin kuivaa ja syttyy herkästi (Duryea ja Dougherty 1991).

2.2 Lämmön siirtymistavat

Lämpö on energiamuoto, joka voi siirtyä tai jota voidaan siirtää paikasta toiseen. Lämpö siirtyy paikasta toiseen säteilyn, konvektion, johtumisen ja massakuljetuksen avulla (Heikkilä ym. 1993). Lämmön siirtyminen vaikuttaa tulen leviämiseen riippuen lämmönsiirtymisen tavasta. Säteilemällä lämpö siirtyy lämmönlähteestä kaikkiin suuntiin eikä se vaadi ilman liikkumista. Säteilylämpö on päätapa, jolla palava aine kuumenee liekkirintaman tuottaman lämmön vaikutuksesta leimahduspisteeseen ja syttyy tuleen (Heikkilä ym. 1993). Säteilylämmöllä on siten merkittävä vaikutus tulen käyttäytymiseen, koska se mahdollistaa pintapalon leviämisen myös ”hyp-päämällä”, eli tulen leviämisen ilman suoraa kosketusta liekkeihin.

Konvektio tarkoittaa lämmön siirtymistä kuumen ilman ja muiden kuumien kaasujen avulla (Heikkilä ym. 1993). Lämmin ilma ja kaasut pyrkivät nousemaan ylöspäin, mutta ilmamassan liike määrää konvektiossa lämmön siirtymisen suunnan. Kuuma ilma nousee varsinkin rinnettä ylöspäin, mikä vaikuttaa tulen käyttäytymiseen ja on otettava myös kulotuksessa huomioon. Palava aine lämpenee joutuessaan kosketuksiin kuumentuneen ilman ja palokaasujen kanssa ja siten edistää tulen leviämistä. Nousevat ilmavirtaukset saattavat nostaa ilmaan hehkuvia kekäleitä, jotka voivat aiheuttaa laikuittaista palon leviämistä tuulen alapuolelle, mikäli ne putoavat helposti syttyvälle alustalle. Lisäksi konvektio edistää pystypuiden syttymistä, ja metsäpalon ollessa kyseessä, latvapalon muodostumista.

Lämmön johtuminen tarkoittaa lämmön siirtymistä kappaleesta toiseen suoran yhteyden avulla (Heikkilä ym. 1993). Puu tunnetusti johtaa huonosti lämpöä, eikä johtumisella ole juurikaan merkitystä kulotuksessa tai metsäpaloissa.

Lämmön siirtyminen massakuljetuksen avulla aiheutuu palavan materiaalin vierimisestä tai putoamisesta uuteen paikkaan. Massakuljetus on metsäpaloissa tärkeä lämmön siirtymistapa (Heikkilä ym. 1993), mutta kulotuksessa sillä on pienempi merkitys.

2.3 Tulen intensiteetti

Tulen intensiteetti ilmoittaa millä nopeudella tuli tuottaa lämpöenergiaa ja se ilmoitetaan joko kaloreina (cal) tai watteina (W) aikayksikköä kohti (Chandler ym. 1983). Tulen intensiteetti on laskennallinen, ei mitattavissa oleva suure. Tulirintaman intensiteetti (Byramin intensiteetti) on yleisimmin käytetty ja käytännöllisin tulen voimakkuutta kuvaava suure, jonka yksikkö on kW/m (Chandler ym. 1983). Myös tulirintaman intensiteetti on laskennallinen suure, joka koostuu tulen tuottamasta lämpömäärästä pinta-alaa kohti ja tulen leviämisenopeudesta. Tulirintaman intensiteetti voidaan laskea yhtälön 1 avulla (Chandler ym. 1983).

$$I = 0,007 HWR \quad (1)$$

jossa I = tulirintaman (Byramin) intensiteetti (kW/m)

H = palavan aineksen tuottama lämpöenergian määrä (cal/g)

W = palokuorma (t/ha)

R = tulen leviämisenopeus (m/min)

Palavan aineksen tuottama lämpöenergian määrä, H , vaihtelee jonkin verran riippuen palavan aineksen kosteudesta ja muista ominaisuuksista, esimerkiksi pihkapitoisuudesta sekä kasvilajista. Kostean materiaalin palaessa sen aikaansaama lämpöenergian määrä on pienempi kuin kuivan aineksen palaessa, koska veden haihduttaminen sitoo energiaa (Artsybashev 1985). Metsässä palavan materiaalin luovuttama lämpöenergian määrä on kosteudesta riippuen puumateriaalilla noin 1–3 cal/g ja karikkeella noin 3–4 cal/g (Artsybashev 1985).

Tulirintaman intensiteettiä tulen voimakkuuden arvioimisessa on käytetty pääasiassa siksi, että tulirintaman intensiteetti on suoraan verrannollinen liekkien korkeuteen, joka on helposti havainnoitavissa (Chandler ym. 1983). Liekkien korkeuden ja tulirintaman intensiteetin välinen suhde on laskettavissa yhtälöllä 2 (Chandler ym. 1983).

$$I = 273(h)^{2,17} \quad (2)$$

jossa I = tulirintaman (Byramin) intensiteetti (kW/m)

h = liekkien korkeus (m)

Taulukossa 1 Andrews ja Rothermel (1982) ovat ennustaneet tulen hallittavuutta liekkien pituuden ja tulirintaman intensiteetin perusteella.

TAULUKKO 1 Tulen hallittavuus liekkien pituuden ja tulirintaman intensiteetin (yhtälö 2) perusteella

Liekin pituus, m	Tulirintaman intensiteetti, kW/m	Tulen hallittavuus
< 1,2	< 345	Tuli voidaan pysäyttää suoralla hyökkäyksellä kärjestä tai sivuista käsityökalujen avulla. Käsien tehdyn palokujan pitäisi pysäyttää tulen leviäminen.
1,2 - 2,4	345 - 1720	Palo on liian voimakas suoraan hyökkäykseen käsityökaluilla. Käsien tehty palokuja ei ole luotettava. Kalusto, esim. pumput ja lentosammutus voi olla tehokasta.
2,4 - 3,3	1720 - 3450	Palon hallinta vaikeaa; torch-ilmio, latvapalo ja palopesäkkeet mahdollisia. Suora hyökkäys palon kärkeen luultavasti tehoton.
> 3,3	> 3450	Latvapalo, palopesäkkeet etumaastossa ja nopea leviäminen ovat todennäköisiä. Hyökkäys palon kärkeen tehoton.

2.4 Tulen käyttäytyminen

Tulen käyttäytymisen tunteminen ja sen ennustaminen erilaisissa olosuhteissa on ensiarvoisen tärkeää tulen turvallisessa käytössä metsätaloudessa. Tulen käyttäytymiseen vaikuttavat päätekijät ovat palava materiaali, säätila ja topografia, joiden lisäksi myös sytytystapa vaikuttaa palon käyttäytymiseen ja on väline tulen hallintaan (Walstad ym. 1990).

2.4.1 Palava materiaali

Palava materiaali on orgaanista ainesta, joka voi palaa. Se voidaan jaotella luokkiin sijaintinsa ja ominaisuuksiensa perusteella. Brown ja Davis (1973) jaottelevat palavan aineksen sen vertikaalisen sijoittumisen ja yleisten ominaisuuksien perusteella maan alla, maanpinnalla ja maanpinnan yläpuolella oleviksi palaviksi aineksiksi. Maan alla oleva palava aine koostuu kaikesta siitä orgaanisesta kasvimateriaalista, joka on irtonaisen karikkeen alla, kuten esimerkiksi humus, puun juuret ja turve. Maanpinnalla oleva palava aine koostuu karikkeesta, oksista, kannoista ym. Maanpinnan yläpuolinen palava aine koostuu puiden ja pensaiden rungoista, oksista ja lehdistä, keloista ja epifyyttijäkälästä.

Palavan materiaalin ominaisuudet vaikuttavat suuresti syntyvän tulen laatuun. Pienikokoinen, kevyt palava materiaali, kuten ohuet oksat ja neulaset, palaa nopeasti ja voimakkaasti, koska sen hapen kanssa tekemisissä oleva pinta-ala on suuri tilavuuteen nähden (Duryea ja Dougherty 1991). Vastavasti suurikokoinen, raskas palava materiaali, kuten paksut oksat, palaa hitaammin pienemmän pinta-alansa takia.

Palavan aineksen kosteus säätelee sen palamiskykyä ja syttymisherkkyyttä eniten. Palavan aineksen kosteuteen vaikuttaa aikaisemmat ja nykyiset sääolot. Palavan materiaalin sisältämä kosteus on peräisin ilmakehästä, sadanasta ja maasta (Heikkilä ym. 1993). Lämpötila, ilman kosteus, tuuli, sateiden ajoittuminen, vuorokaudenaika ja topografinen sijoittuminen ovat tekijöitä, jotka vaikuttavat joko suoraan tai välillisesti palavan aineksen kosteuteen tietyllä hetkellä (Heikkilä ym. 1993).

Palavan materiaalin jakautumisella ja jatkuvuudella on suuri merkitys palon käyttäytymiseen. Kulotuksen kannalta on hakkuutähteiden tasainen jakautuminen tärkeää, jotta alue palaisi joka kohdasta. Kolehmainen (1951) suosittelee hakkuutähteiden levittelyä kulotettavalle alueelle tasaisen palamistuloksen saavuttamiseksi.

2.4.2 Topografia

Topografialla tarkoitetaan maanpinnan pinnanmuotoja. Topografia vaikuttaa tulen leviämisen nopeuteen ja –suuntaan ja on tärkeä osatekijä tulen käyttäytymisen ymmärtämisessä. Topografia yhdessä tuulen suunnan ja nopeuden kanssa on määräävin tekijä tulen leviämissuunnassa ja –nopeudessa (Brown ja Davis 1973). Yleensä heti syttymisen jälkeen tuuli on määräävä tekijä tulen käyttäytymisessä, mutta tulen intensiteetin kasvaessa topografia muuttuu määrääväksi tekijäksi varsinkin jyrkillä rinteillä (Brown ja Davis 1973). Palo etenee ylärinteeseen aina merkittävästi nopeammin kuin alarinteeseen. Palon eteneminen on sitä nopeampaa, mitä jyrkemmin rinne kasvaa. Nyrkkisääntönä voidaan arvioida palon etenemisnopeuden kaksinkertaistuvan, kun maaston kaltevuus kasvaa 10 astetta (Heikkilä ym. 1999). Palo pyrkii aina kääntymään jyrkänteen ja rinteiden huippua kohden (Heikkilä ym. 1999), mikä on otettava huomioon kulotuksessa mm. palokujien ja palokäytävien sijoittamisessa. Maaston topografia vaikuttaa myös alueen tuulioloihin. Laaksot voivat toimia tuulitunneleina ja harjut voivat aiheuttaa turbulენტista ilmanvirtausta harjun laella (Chandler ym. 1983).

2.4.3 Ilmasto ja sää

Ilmasto-olosuhteet vaikuttavat sekä metsässä olevan palavan aineksen määrään että sen kosteuteen. Pitkällä aikavälillä ilmasto vaikuttaa metsien kasvuun ja siten palavan biomassan määrään, kun taas lyhyellä aikavälillä sää säätelee palavan aineksen kosteutta, eli sen kykyä syttyä ja pitää yllä palamista (Chandler ym. 1983). Palon syttyä tietyt säätekijät vaikuttavat myös sen käyttäytymiseen. Näitä säätekijöitä ovat sade, tuuli, lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus (Heikkilä ym. 1999). Ilmasto määrää myös metsäpalo-kauden pituuden ja vakavuusasteen.

Sade vaikuttaa välittömästi palavan aineen kosteuspitoisuuteen. Eri tyyppisten palavien aineiden kosteuspitoisuus reagoi eri tavalla sateeseen. Kevyt

palava aines imee ja luovuttaa kosteuden nopeasti ja raskas palava aines vastaavasti imee ja luovuttaa kosteuden hitaasti. Suomessa sataa loppukesästä enemmän kuin alkukesästä, esimerkiksi toukokuun keskimääräinen sademäärä on 35 mm ja elokuun 70 mm (Heikkilä ym. 1999).

Tuuli on eräs vaihtelevimmista ja tärkeimmistä tekijöistä, joka vaikuttaa palon käyttäytymiseen. Tuuli kasvattaa palamisen tehokkuutta tulirintamassa ja vaikuttaa tulen leviämisenopeuteen, tulirintaman syvyyteen ja liekkiä korkeuteen merkittävästi (Artsybashev 1985). Tuuli edistää palavan aineksen kuivumista nopeuttamalla kosteuden haihtumista. Tulen leviämisen suunta ja nopeus määräytyvät pääasiassa tuulen suunnan ja nopeuden mukaan. Tuuli suuntaa liekkejä ja kuumaa ilmaa maanpinnan suuntaisesti ja edistää tulen edessä olevan palavan aineksen kuumentumista ja syttymistä (Artsybashev 1985).

2.5 Tulen leviämismallit

Tulen käyttäytymiseen vaikuttaa myös tulen leviämistapa. Palot on jaoteltu kolmeen eri luokkaan riippuen niiden etenemissuunnasta tuulen- ja rinteensuuntaan nähden. Myötätuli etenee tuulensuuntaan tai rinnettä ylöspäin. Se leviää nopeimmin ja muodostaa korkeimmat liekit sekä voimakkaimman palorintaman (Walstad ym. 1990). Myötätuli palaa kuumasti (Duryea ja Dougherty 1991) ja sitä on vaikea hallita kulotuksessa ja varsinkin metsäpalossa.

Vastatuli etenee vastatuuleen tai rinnettä alaspäin. Se leviää hitaasti ja muodostaa lyhyimmät liekit. Se muodostaa vähiten savua ja kipinät lentävät jo poltetulle alueelle, joten riski tulen karkaamisesta pienenee (Chandler ym. 1983). Vastatuli on helpoimmin hallittava tulenkäyttömuoto (Walstad ym. 1990). Hitaasti etenevä vastatuli on kulotuksessa vaikutuksiltaan paljon tehokkaampi ja parempi kuin nopeasti etenevä myötätuli (Levula suullinen). Kuitenkin on huomattava, että vastatuli pysyy samassa kohdassa melko kauan ja siten sen vaikutus ulottuu melko syväälle maahan. Kulotuksen aikana on maanpinnalta mitattu jopa 800 °C:n lämpötiloja (Vasander ja Lindholm 1985). Mikäli alueella on suojeltavia pystypuita, voi niiden juuristo ja tyven kuori vahingoittua.

Sivutuli leviää sivusuunnassa tuuleen tai rinteeseen nähden. Sen leviämisenopeus, liekkiä korkeus ja intensiteetti on pienempi kuin myötätulen mutta suurempi kuin vastatulen (Walstad ym. 1990).

Pistemäisesti syttyneessä tulesa on mukana kaikki edelliset komponentit, mikäli palavaa ainesta on riittävästi syttymispisteen ympärillä mahdollistaen tulen leviämisen kaikkiin suuntiin (Walstad ym. 1990). Tällainen palo muodostuu soikion muotoiseksi, jossa pitempi sivu on tuulen tai rinteensuunnassa. Tuulen voimistuessa ja rinteensuunnassa jyrkentyessä soikion pitkä sivu pitenee entisestään leveään sivuun nähden.

3 KULOTUKSEEN SOVELTUVAT ALUEET

3.1 Kulotuksen vaikutus maaperän ominaisuuksiin

Kulotuksella on merkittävä vaikutus maan ravinne-, vesi- ja lämpötalouteen. Kulotuksessa maan lämpötalous paranee huomattavasti varsinkin metsiköissä, joissa on paksu sammal- ja humuskerros.

Orgaanisen aineksen palaessa siitä vapautuva typpi haihtuu kokonaan ilmaan (Mälkönen 1993), joten kulotuksessa hakkuutähteiden ja sammalkerroksen sisältämä typpi menetetään suurelta osin (Viro 1969). Viro (1969) arvioi humuskerroksen typpihäviön kulotuksen aikana olevan noin 100 kg/ha. Levulan (2000) tutkimuksessa MT-kuusikossa oksat ja neulaset sisälsivät typpeä lähes 300 kg/ha ja VT-männikössä noin 60 kg/ha.

Kulotuksessa ravinteet vapautuvat pääasiassa oksideina ja karbonaateina, joilla on maan happamuutta vähentävä vaikutus (Viro 1969). Kulotuksen aiheuttama pH-arvojen nousu ja korkeampana säilyminen on eri tutkimusten mukaan vaihdellut paljon. Tulosten suuri vaihtelu selittyy ilmeisesti maaperän erilaisilla ominaisuuksilla sekä tuhkan laadulla ja määrällä (Mälkönen 1993). Viron (1969) mukaan maan humuskerroksen pH-arvo saattaa joissain tapauksissa nousta jopa 2,4 yksikköä ja kulotuksen happamuutta vähentävä vaikutus häviää noin 50 vuodessa. Mälkösen (1993) mukaan kulotuksen vaikutus humuskerroksen happamuuteen on todettavissa 20 - 30 vuotta, ja kivennäismaan pintakerroksissa happamuuden vähenemisen on havaittu olevan vähäistä. Levulan (1999) tulosten mukaan humuskerroksen pH-arvo nousi kulotuksessa 1,2 yksikköä, mutta ero kulottamattomaan avohakattuun koealaan oli kahden vuoden kuluttua kulotuksesta enää 0,26 yksikköä.

Kulotuksella voi olla maan vesitalouteen kahdenlainen vaikutus riippuen kulotettavan alueen vesitilanteesta. Karkeilla, vettä hyvin läpäisevillä mailla humuskerros on tärkeä vettä pidättävä elementti. Jos humuskerros palaa kokonaan pois, niin maan vedenpidätyskyky heikkenee ratkaisevasti. Toisaalta taas vedenvaivaamilla mailla kulotuksen tuhotessa suuren osan haihduttavasta kasvillisuudesta saattaa aiheutua vedenpinnan kohoamista.

Humuskerros on tehokas lämmöneriste etenkin kuivana. Paksu, heikosti maaton kangashumuskerros hidastaa roudan sulamista ja maan lämpenemistä keväällä. Viron (1969) mukaan avohakkuulla yhdistettynä kulotukseen on hyvin suuri maan lämpötaloutta parantava vaikutus, joka on havaittavissa ainakin 20 cm:n syvyydessä mineraalimaassa. Viron (1969) tulosten mukaan mineraalimaan pinnan lämpötila kulotetulla alueella on keskimäärin 3,2 °C korkeampi kuin kulottamattomalla avohakkuualueella. 10 cm:n syvyydessä mineraalimaassa lämpötila on 1,9 °C, ja vielä 20 cm:n syvyydessä 1,8 °C korkeampi kulotetulla alueella kuin kulottamattomalla.

3.2 Kasvupaikka

Kulotusta ei suositella käytettäväksi kaikilla kasvupaikoilla, koska tietyillä alueilla sillä voi olla negatiivisia vaikutuksia maan ravinne- ja vesitalouteen. Kolehmainen (1951) on jaotellut metsämaat kulotukseen sopivuuden perusteella kolmeen ryhmään; lievällä pintakulotuksella käsiteltävät maat, varsinaiset kulotettavat maat sekä maat, joita ei kuloteta.

Lievällä pintakulotuksella käsiteltävät maat ovat karuja kankaita, esimerkiksi kanerva- ja jäkälätyypin kankaita, joissa on tavoitteena polttaa vain karikkeet ja pintakasvillisuus, mutta ei humuskerrosta (Kolehmainen 1951). Nykyisin tällaisten maiden kulottamista ei suositella lainkaan, koska kyseiset maat ovat jo luonnostaan karuja, ja niillä on heikko vedenpidätyskyky, ja on olemassa melko suuri vaara, että humuskerros palaa liian perusteellisesti. Voimakkaan palon jälkeen näiden maiden vedenpidätyskyky heikkenee entisestään ja ravinteet huuhtoutuvat helposti pois, minkä seurauksena alueen metsittyminen voi estyä jopa vuosikymmeniksi (Viro 1969). Luonnontilassa lajittuneiden maiden jäkälä-kanervatyypin kankaat ovat palaneet noin 46 vuoden välein, ja usein toistuneet kulot saattavatkin olla syynä niiden niukoihin ravinnevaroihin (Zackrisson 1977, Mälkönen 1993).

Kolehmainen (1951) luettelee varsinaisiksi kulotettaviksi maiksi mustikka-, paksusammal-, variksenmarja-mustikka-, puolukka- ja variksenmarjapuolukkatyyppien kankaat sekä soistuvat mustikkatyypin ja sitä heikommat kankaat. Kolehmaisesta (1951) mukaan näiden maiden humuskerroksesta tulisi palaa ainakin 1/3. Mälkösen ym. (1998) mukaan maanhoidon kannalta kulotus on suositeltavaa moreenimaiden tuoreilla ja kuivahkoilla kankailla, joilla vesitalous on hyvässä kunnossa. Jos maa on kuivatuksen tarpeessa, kulotuksesta ei ole mainittavaa hyötyä (Mälkönen 1993). Levulan (suullinen) mukaan kulotettavat alueet eivät saisi olla soistuneita tai soita. Nämä seikat huomioon ottaen ei Kolehmaisesta (1951) mainitsemien soistuvien maiden kulotus liene perusteltua.

Käytännön kokemusten perusteella kulotukseen parhaiten sopivia kohteita ovat keskiravinteiset VT- ja MT-tyyppien kangasmaat, jotka ovat kuuselle hieman liian karuja (Heikkilä suullinen, Höglund suullinen, Kallela suullinen ja Rissanen suullinen). Mustikkatyypin kankaat, joilla on kuusen hakuutähdettä, ovat myös sopivia kulotukseen (Tamminiemi suullinen). Levulan (suullinen) mukaan kulotettavan kohteen tulisi olla melko viljava, jotta kulotuksesta olisi hyötyä. Levulan (suullinen) mukaan parhaita kohteita ovat puolukkatyyppin kuusikot, mutta myös käenkaali-mustikkatyypin kuusikot sopivat erittäin hyvin kulotettavaksi.

Kolehmaisesta (1951) jaotellun mukaan maat, joita ei kuloteta, ovat rehevimpiä metsämaita, kuten käenkaali-mustikkatyypin kankaat, lehdot, Suomen eteläpuoliskon parhaat mustikkatyypit sekä karuimpia maita, kuten kalliot, louhikot ja hyvin kiviset kankaat. Borg (1931) neuvoo olemaan kulottamatta jäkäläkankaita ja lehtoja. Tapion metsänparannusohjeiston (1993) mukaan

turvemaita ei kuloteta, mikä onkin ymmärrettävää kytemisvaaran takia. Rehevillä mailla kulotusta ei suositella voimakkaan heinittymisen takia. Toisaalta kulotusalat tunnetusti horsmittuvat voimakkaasti kulotuksen jälkeen eikä heinittyminen ole niin runsasta kuin pelkän avohakkuun jälkeen. Levulan (suullinen) mukaan kulotuksen tärkein vaikutus on juuri horsmittuminen heinittymisen sijaan. Horsmakasvusto, joka on melko harva ja tanakka, on männyntaimille paljon ystävällisempi kuin heinikko, joka helposti tukahduttaa ja homehduttaa männyn taimet (Levula suullinen). Mälkösen (1993) mukaan viljavimmilla mailla kulotus saattaa heikentää fosforin saatavuutta. Tämä johtuu fosforin liukoisuuden vähenemisestä maan happamuuden alentuessa kulotuksen jälkeen, mutta Levulan (suullinen) mukaan fosforin heikentynyttä saatavuutta ei ole havaittu käytännössä.

Tapion metsänparannusohjeiston (1993) ja metsänhoitosuosituksen (1994) mukaan ensisijaisia kulotuskohteita ovat moreenimaiden kuivahkojen ja tuoreiden kankaiden havupuuvaltaiset avohakkuu- ja siemenpuualueet sekä juurikäävän (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) saastuttamat kuusikot. Kulotus saattaa vaikuttaa juurikääpäähä vähentävästi. Kulotus tehoaa myös toisen lahottajan, mesisien (*Armillaria* sp. (Fr.:Fr.) Staude) ritsomorfeihin ja kulotuksella ritsomorfiin määrää maassa voidaan vähentää (Kurkela 1994).

3.3 Puulaji

Puulaji ja maaperä ovat kasvupaikalla monitahoisessa vuorovaikutussuhteessa toisiinsa. Kasvupaikan valo-lämpöolot sekä karikkeen koostumus kehittyvät eri puulajin metsiköissä kullekin puulajille ominaisiksi. Havupuiden, varsinkin kuusen tuottama karike on happamampaa ja hitaammin hajoavaa kuin lehtipuiden tuottama karike (Smolander ja Priha 1998). Tämä hidastaa maaperän mikrobien hajotustoimintaa ja siten ravinteiden vapautumista.

Hakkuutähteiden määrä riippuu puulajista, puuston määrästä ja kasvupaikan viljavuudesta. Kuusikossa hakkuutähteitä syntyy enemmän kuin männikössä. Kuorevedellä tehdyssä tutkimuksessa OMT-kuusikossa, jonka tilavuus oli noin 400 m³/ha, hakkuutähteitä kertyi 55 t/ha, ja VT/EVT-männikössä, jonka tilavuus oli noin 200 m³/ha, hakkuutähteitä syntyi vain 15 t/ha (Levula 2000). Kubinin ja Puustisen (1995) tutkimuksessa *Hylocomium-Myrtillus*-tyypin (HMT) metsikössä hakkuutähteitä syntyi 22,8 t/ha ja humusta, kariketta ja kasvillisuutta oli 54,5 t/ha.

Hakkuutähteiden suuri määrä uudistusalalla haittaa viljelytyötä ja kasvattaa sen kustannuksia. Kulotus on hyvä keino vähentää haittaavan hakkuutähtemassan määrää ilman vastaavaa ravinnehävikkiä, joka syntyisi hakkuutähteiden pois viemisestä. Hakkuutähteisiin, neulasiin ja oksiin, on sitoutunut ravinteita suurempi määrä kuin itse runkopuuhun (Mälkönen 1976). Levulan (2000) tutkimusten mukaan OMT-kuusikossa neulaset ja oksat sisältävät

pääravinteita seuraavasti: typpeä (N) 296 kg/ha, fosforia (P) 38 kg/ha, kaliumia (K) 107 kg/ha, magnesiumia (Mg) 31 kg/ha ja kalsiumia (Ca) 262 kg/ha. VT/EVT-männikössä hakkuutähteen oksissa ja neulasissa pääravinteita on: N 59 kg/ha, P 6 kg/ha, K 24 kg/ha, Mg 6 kg/ha ja Ca 34 kg/ha (Levula 2000).

Varsinkin Pohjois-Suomen kuusikoihin voi syntyä paksu, heikosti hajonnutta orgaanista ainesta sisältävä kummitakerros, joka heikentää maan lämpötiloutta ja voi estää uusien taimien syntymisen. Viron (1969) tutkimusten mukaan humuskerros ohenee kulotuksessa keskimäärin 1,2 cm, mutta oheneminen jatkuu vielä pitkään kulotuksen jälkeen. Ohuimmillaan humuskerros on vasta 8 - 20 vuotta kulotuksen jälkeen (Viro 1969). Viron (1969) mukaan humuskerroksen pitkään jatkuva oheneminen johtuu ilmeisesti kulotuksessa tuhoutuneiden varpujen, varsinkin kanervan (*Calluna vulgaris*) juurten hajoamisesta, koska normaalisti kanervan juuristo ylläpitää humuskerroksen huokoista rakennetta. Levulan (suullinen) mukaan itse kulotuksessa humuskerros ei juurikaan ohene, vaan onnistuneen kulotuksen jälkeen humuskerros alkaa nopeasti hajota maan lämpenemisen ja kiihtyneen hajotustoiminnan ansiosta, ja kymmenen vuoden kuluttua kulotuksesta kangashumusta on enää vähän jäljellä.

Onnistuneen kulotuksen edellytys on riittävä määrä palavaa ainesta kulotettavalla alalla. Käytännössä tämä tarkoittaa, että kulotettavat alueet ovat Etelä-Suomessa usein kuusivaltaisia (Heikkilä suullinen, Höglund suullinen, Kallela suullinen, Levula suullinen ja Tamminiemi suullinen). Puhtaita männiköitäkin voidaan kulottaa, kunhan palavaa ainesta on riittävästi. Kulotus on hyvä apuväline puulajin vaihdossa, ja kulotetut alueet uudistetaan ensisijaisesti männylle (Heikkilä suullinen, Höglund suullinen, Rissanen suullinen ja Tamminiemi suullinen). Toinen kulotusalueille hyvin soveltuva puulaji on koivu, joka sopii alueille, jotka ovat männylle liian ravinteikkaita. Koivun ongelmana on kuitenkin alttius hirvituhoille. Alueilla, joilla runsaan hirvikannan vuoksi on odotettavissa hirvituhoja, koivun sijasta tulisi uudistamisessa käyttää kuusta, vaikka kuusi ei kulotusalueilla hyvin viihdykään (Levula suullinen).

3.4 Infrastrukturi

3.4.1 Kohteen ominaisuudet

Kulotuskohteen valinnassa ja rajauksessa on kiinnitettävä huomiota alueen kokoon, muotoon, topografiaan, tiestöön ja sammutusveden saatavuuteen. Kulotuskohteen fyysiset ominaisuudet vaikuttavat palon käyttäytymiseen, joten valitsemalla kulotettavat alueet oikein ja ottamalla kunkin alueen erityispiirteet huomioon voidaan kulotuksen turvallisuutta ja lopputulosta parantaa.

3.4.2 Koko

Nykyisin uudistusalat ovat niin pieniä, ettei kulotusalojen suuruus aiheuta ongelmia. Kulotusalojen kokoa tulisi päin vastoin kasvattaa hehtaarikustannusten pienentämiseksi. Kulotuksen hehtaarikohtaiset kustannukset kasvavat alueen koon pienetessä, ja pääosa kulotusten kustannusten vaihtelusta johdukin nimenomaan kulotushankkeiden kokoeroista (Kulotustoimikunnan mietintö 1980). Pienten alojen kulottaminen tulee hyvin kalliiksi suhteessa saavutettuun hyötyyn, joten kustannusten hallitsemiseksi kulotettavien alojen pitäisi olla melko suuria. Kulotusteknisesti ei ole olemassa vähimmäiskokoa kulotettavalle alueelle, eikä koko ole rajoittava tekijä kulotuksessa, mutta taloudellisista syistä kulotettavan alueen vähimmäiskoko tulisi olla 4 - 5 hehtaaria (Hiltula suullinen, Rissanen suullinen, Ruotsalainen suullinen ja Tamminiemi suullinen).

3.4.3 Muoto

Kolehmaisena (1951) mukaan kulotettavan lohkon pitäisi olla muodoltaan suorakaide tai neliö, ja rajojen tulisi olla mahdollisimman suorat ja säännölliset. Levulan (suullinen) ja Tamminiemen (suullinen) mukaan kulotusalan tulisi olla mahdollisimman pyöreä, Heikkilän (suullinen) mukaan pyöreähkö tai neliömäinen ja Rissanen (suullinen) mielestä optimaalinen muoto olisi ellipsi.

Käytännössä kulotettava alue ei juuri koskaan ole muodoltaan ihanteellinen, eikä sen tarvitsekaan olla, koska kulotus on mahdollista suorittaa monen tyyppisillä alueilla. Käytännössä kuviorajat muodostavat myös kulotettavan alueen rajat. Tärkeää on, ettei kulotettavaan alueeseen muodosteta jyrkkiä kulmia, kapeita lahdekkeita tai niemekkeitä. Palokujien ja -käytävien avulla voidaan loiventaa kuvion muotoa kulotukselle edullisemmaksi.

3.4.4 Topografia

Topografialtaan hyvä kulotuskohde on kumparemainen, jossa alueen keski-kohta on laitoja korkeammalla (Heikkilä suullinen, Kallela suullinen ja Levula suullinen). Tällaisella kohteella tulen hallinta on helppoa, koska tuli pyrkii etenemään aina ylämäkeen ja siten alueen keskustaa kohti. Useimmisissa tapauksissa ei alueen topografia ole rajoittava tekijä, mikäli reuna-alueet ovat turvalliset.

3.4.5 Rajaus

Aluetta ei pitäisi rajata maastonkohtaan, joka on alueen sisäosia korkeammalla tai nousevassa rinteessä, koska tällöin tuli leviää helposti rajan yli (Kolehmainen 1951). Aluetta rajatessa tulisi käyttää hyväksi luonnollisia paloesteitä rajaamalla alue niihin. Tällaisia luonnollisia rajoja ovat esimerkiksi tiet, joet, purot, järvet, mätät suot ja pellot. Vesistöjen rannoille on

kuitenkin jätettävä suojavyöhykkeet ravinteiden huuhtoutumisen estämiseksi. Rajat tulisi sijoittaa notkoihin ja paikkoihin, joista on kulotettavalle alueelle päin nousua (Kallela suullinen). Levulan (suullinen) mukaan rajat kannattaa sijoittaa paikkoihin, joissa tarvitaan kuivatusta, koska palokujia tehdessä tarvittaviin paikkoihin voidaan tehdä levitetty metsäojat, joista on hyötyä myös kulotuksen jälkeen.

Alueen kulottamista ei suositella, mikäli sen vieressä on tulenarkaa maastoa, kuten hiljattain kulotettu alue, jolla ei vielä ole pintakasvillisuutta tai metsikkö, jonka alla on herkästi syttyviä hakkuutähteitä (Kolehmainen 1951). Kulotusala ei saa rajata turvemaahan kaivettuun metsäojaan, ja suositeltavaa on, että kulotusala ei yleensä rajata lainkaan äskettäin ojitettuun suohon kuivuneen turpeen suuren syttymisvaaran vuoksi. Vanhemmat ojitusalueet, joissa kasvillisuus on peittänyt kaivumaat, eivät ole kovin tulenarkoja, ja niiden lähellä voidaan kulottaa. Palokuja on kuitenkin aina sijoitettava kivennäismaan puolelle. Asutuksen tai vilkasliikenteisten teiden läheisyydessä kulottaminen ei ole suositeltavaa. Jos alueita, joissa kulottamista ei suositella, halutaan kuitenkin kulottaa, pitäisi se tehdä silloin, kun tuulen suunta on tulenaroista alueista ja rakennuksista sekä teistä poispäin. Kulotuskohteita valittaessa tällaisia alueita kuitenkin pyritään ensisijaisesti välttämään.

3.4.6 Kulkuyhteydet

Tieyhteys kulotusalueelle ei nykyisin ole välttämätön, koska käytettävissä on monenlaisia maastoajoneuvoja, mm. mönkijöitä, joilla kaluston kuljettaminen kulotusalueelle on melko helppoa. Hyvät tieyhteydet lisäävät turvallisuutta ja helpottavat kulotustyötä sekä jälkivartiointia. Hyvät kulkuyhteydet myös pienentävät kulotuksen kustannuksia.

3.4.7 Sammutusveden saatavuus

Eräs tärkeä kulotettavan alueen ominaisuus on riittävä sammutusveden saatavuus. Sammutusvettä on saatava tarvittaessa johdettua kulotettavan alueen joka kohtaan ja on oltava varmuus siitä, ettei vesi lopu kesken kulotuksen. Kulotusalueen lähellä pitäisi olla jokin ehtymätön vedenottoaika, kuten joki tai lampi. Kulotusalueelle kannattaa lisäksi kaivaa esivalmistelutöiden aikana palokaivoja, joista sammutusvettä voidaan ottaa. Palokaivoissa veden määrä on kuitenkin hyvin rajallinen, eikä pelkästään niiden varassa kulottaminen ole turvallista. Palokaivot ovat kuitenkin hyvin käyttökelpoisia jälkisammutuksessa ja jälkivartiointin aikana. Tällöin on hyötyä lyhyin välimatkoin olevista vesipaikoista, joista voidaan ottaa vettä pienten pesäkkeiden sammutukseen keveillä pumpuilla tai ämpäreillä. Hosien kastelu on myös helpointa järjestää palokaivojen avulla. Kun alueella on riittävä määrä palokaivoja, voidaan pääjohdot purkaa pois aikaisemmin, sillä jälkivartiointin aikana kevyt, helposti siirrettävä pumppu työjohtoinen on käytännöllisin ratkaisu.

4 KULOTUKSEN VALMISTELU

4.1 Kulotushankkeen suunnittelu

Kulotuksen kustannustehokas toteuttaminen vaatii jo varhaisessa vaiheessa suunnittelua. Suunnitteluvaiheessa tulee arvioida alueen soveltuvuus kulotettavaksi, jonka pohjalta tehdään päätös kulottamisesta. Päätös tietyn alueen kulottamisesta tulisi olla selvillä jo ennen kyseisen alueen päätehakkuuta, jotta hakkuu voitaisiin suorittaa mahdollisimman hyvin kulotuksen tarpeet ja toimenpiteet huomioon ottaen.

Ennakkosuunnittelulla voidaan vähentää kulotuksen vaatimia kustannuksia. Tärkein yksittäinen tekijä, jolla kulotuksen kustannuksia voidaan pienentää, on kulotuskohteiden koon kasvattaminen (Heikkilä suullinen, Levula suullinen, Rissanen suullinen ja Tamminiemi suullinen). Koska esivalmistelutyöt, kuten palokujien ja palokaivojen tekeminen, on tehtävä kaikille kulotuskohteille, niin suurilla kohteilla esivalmistelujen hehtaariohtaiset kustannukset ovat pienemmät. Sama koskee työvoimakustannuksia. Sama henkilö määrä voi kulottaa suuremmankin alueen, jolloin hehtaariohtainen työvoimakustannus jälleen pienenee. Ihmistyövoiman käyttö on hyvin kallista, eli sen tarpeen vähentäminen vaikuttaa suotuisasti kustannuksiin. Ihmistyövoiman tarvetta voidaan vähentää hyvällä suunnittelulla ja tehokkaalla kalustolla. Suunnittelun tärkeys tulee esiin jo hakkuun suunnitteluvaiheessa, jolloin uudistusalueen koko ja muoto voidaan tehdä kulotukselle sopiviksi. Lisäksi osa esivalmistelutöistä, kuten palokäytävien tekeminen, on mahdollista tehdä jo hakkuun yhteydessä, jolloin yksi työvaihe jää kokonaan pois (Kallela suullinen). Suunnitelmallinen kulotuskaluston hankinta ja käyttö säästää aikaa ja kustannuksia. Kerralla hankittu hyvä kalusto, jota käytetään paljon, pienentää kulotuksen yksikkökustannuksia.

4.2 Kulotukseen tähtäävän hakkuun erityispiirteet

Koneellinen puunkorjuu, mikäli siinä ei oteta kulotusta huomioon, saattaa vaikeuttaa polton onnistumista. Tämä johtuu pääasiassa hakkuutähteiden epätasaisesta jakautumisesta alueelle ja niiden tiivistymisestä puunkorjuun aikana. Koneellisessa puunkorjuussa hakkuutähteet kerääntyvät helposti tiiviiksi kasoiksi, ja usein ne vielä sijoitellaan koneiden ajourille vähentämään koneiden painumista. Jos hakkuutähteet ovat hyvin kuivuneet, ne palavat hyvin kasautumisesta huolimatta (Munter suullinen).

Hakkuukoneen kuljettaja voi levitellä hakkuutähteitä työskennellessään, mutta se hidastaa ja hankaloittaa hakkuutyötä (Munter suullinen). Hakkuukoneen työskentelykaistaleen leveyttä kaventamalla hakkuutähteet saadaan leviämään tasaisemmin alueelle (Lahdelma suullinen). Joissakin tapauksissa hakkuutähteitä on levitelty maataloustraktorisoiviteisella kourakuormaimella, mikä on osoittautunut erinomaiseksi keinoksi palamistuloksen kannalta (Munter suullinen), mutta nostaa valmistelutöiden kustannuksia. Kuitenkin olisi tärkeää saada hakkuutähteet leviämään mahdollisimman

tasaiseksi kerrokseksi hakkuualalle paitsi hakkuutähteiden kuivumisen ja palamistuloksen kannalta, myös ravinteiden kasautumisen välttämiseksi (Levula suullinen).

Jos kulotettava alue on tarkoitus polttaa hakkuuta seuraavana keväänä, kulotustuloksen kannalta paras aika hakkuulle on loppukesä. Tällöin hakkuutähteet ehtivät kuivua jo syksyn aikana ja lopullinen kuivuminen keväälläkin ennen kulotusta on nopeampaa. Lisäksi hakkuutähteiden alle ei jää kuivumista hidastavaa lunta, kuten talvihakkuussa.

Palokäytävien valmistelu onnistuu koneellisessa puunkorjuussa helposti, kun puut kaadetaan siten, ettei palokäytävälle jää hakkuutähteitä. Hakkuutähteitä saattaa tosin kerääntyä runsaasti heti palokäytävän reunalle, mutta tämä ei kuitenkaan ole ongelma, koska palokujien teon yhteydessä kaivinkoneurakoitsija voi tarvittaessa levittää hakkuutähddevallin vähällä vaivalla (Munter suullinen).

4.3 Metsälain erityisen tärkeät elinympäristöt sekä vesien suojele kulotuksessa

Metsälaissa mainittuja erityisen tärkeitä elinympäristöjä koskevat hoito- ja käyttötoimenpiteet tulee tehdä elinympäristöjen ominaispiirteet säilyttävällä tavalla (ML 10 §). Metsälain erityisen tärkeillä elinympäristöillä on erilaisia ominaispiirteitä, jotka tulee ottaa huomioon elinympäristöjen läheisyydessä kulottaessa (Yrjönen, kirjallinen vastaus). Erityisen tärkeät elinympäristöt voidaan jakaa karkeasti kahteen eri luokkaan: luontaisesti harvoin tai ei lainkaan palaneisiin, sekä luontaisesti usein palaneisiin elinympäristöihin.

Luontaisesti harvoin tai ei lainkaan palaneita elinympäristöjä ovat 1) lähteiden, purojen ja pysyvän vedenjuoksu-uoman muodostavien norojen sekä pienten lampien välittömät lähiympäristöt; 2) rehevät korvet; 3) kosteat lehdot; 4) kosteat ja varjoisat rotkot ja kurut; 5) kosteat ja varjoisat jyrkänteet ja niiden välittömät alusmetsät; 6) vähäpuustoiset suot ja rantaluhdat, sekä 7) kangasmetsäsaarekkeet. Näiden elinympäristöjen ominaispiirteisiin kangasmetsäsaarekkeita lukuun ottamatta kuuluu kosteus, ja useimmat niistä ovat myös varjoisia elinympäristöjä. Ne ovat elinympäristöjä, joiden palamista on erityisesti yritettävä välttää (Yrjönen, kirjallinen vastaus). Kyseiset elinympäristöt on rajattava kulotusta edeltävässä hakkuussa niin, että kohteiden ominaispiirteet säilyvät kulotuksessa mahdollisimman hyvin.

Luontaisesti usein palaneita erityisen tärkeitä elinympäristöjä ovat: 1) kuivat lehdot ja 2) hietikot, kalliot, kivikot ja louhikot, mikäli niissä on riittävästi palavaa ainesta. Nämä elinympäristöt ovat kuivia, minkä seurauksena ne ovat luontaisesti palaneet useammin kuin kosteat elinympäristöt. Kulotuksessa nämäkin elinympäristöt rajataan kulotettavan alueen ulkopuolelle, mutta niitä ei tarvitse suojata erityistoimenpitein (Yrjönen, kirjallinen vastaus).

Yleisperiaate koskien kaikkia kulotusalueilla olevia erityisen tärkeitä elinympäristöjä on, että kohteet rajataan kulotusalueen ulkopuolelle (Yrjönen, kirjallinen vastaus). Samaa yleisperiaatetta noudatetaan luonnonsuojelulain luontotyyppien ja muiden arvokkaiden elinympäristöjen suhteen. Erityisiä kulotukselta suojaavia toimenpiteitä tarvitaan elinympäristöillä, joilla esiintyy uhanalaisia tai suojeltavia lajeja, jotka voivat tuhoutua kulotuksen yhteydessä (Yrjönen, kirjallinen vastaus). Tällaisissa tapauksissa suojelutoimenpiteet tulee harkita tapauskohtaisesti. Kulotuksen ulkopuolelle jätettävien alueiden rajauksessa palokäytävä on sijoitettava riittävän etäälle suojeltavasta kohteesta ja maanpinnan käsittelyssä huolehditaan siitä, etteivät sen vaikutukset heikennä kohteen ominaispiirteitä (Meriluoto, kirjallinen vastaus). Kulotuksen jälkeen tehtävässä maanmuokkauksessa vesiensuojeluun on kiinnitettävä erityistä huomiota (Meriluoto, kirjallinen vastaus).

Vesistöjen ja pienvesien rantaan täytyy jättää kiintoaine- ja ravinnekuormitusta sitova suojavyöhyke (SMS 1002-1). Kulotusalueilla suojavyöhykkeen tehtävä on ravinteiden, erityisesti vesiliukoisien fosforin sitominen (Joensuu ja Kokkonen 1992). Suojavyöhykkeeltä voidaan puustoa hakata, mutta aluskasvillisuuden raivaus ja maanmuokkaus jätetään tekemättä (Joensuu ja Kokkonen 1992). Viitteelliset suositukset suojavyöhykkeiden leveydeksi ovat 3 - 5 m purojen varteen, 10 - 20 m lampien ja järvien rannoille ja 10 - 30 m arvokkaiden pienvesien ympärille (Joensuu suullinen). Puustoisella suojavyöhykkeellä on myös maisemointitehtävä, joten olisi parempi, jos pelkästään vesiensuojelua varten perustetulta suojavyöhykkeeltä ei poistettaisi puustoa.

Metsäluonnon arvokkaiden elinympäristöjen ympärille jätettävien suojavyöhykkeiden tehtävänä on lisäksi suojeltavan kohteen ominaispiirteiden säilyttäminen. Metsälaissa mainittujen (Metsälaki 1093/1996, 10 §) elinympäristöjen, joiden ominaispiirteisiin varjostus kuuluu, suojavyöhykkeiden käsittelyssä myös puuston osalta tulee olla erityisen varovainen. Suojavyöhykkeen riittävä leveys vaihtelee riippuen kohteen ominaisuuksista, eikä tarkkoja suosituksia voida antaa.

4.4 Kulotuksen esivalmistelut

4.4.1 Palokujat ja -käytävät

Kulotusalueen rajoittamisessa on käytössä kaksi eri tapaa. Yleisempi tapa on tehdä kaivinkoneella kivennäismaahan asti ulottuva palokuja palokäytävän ulkoreunaan, joka pysäyttää maatulen etenemisen. Käytännön suositukset palokujan leveydestä vaihtelevat suuresti. Aikana, jolloin esivalmistelut tehtiin käsityönä, ei ollut mahdollista tehdä kovin leveitä palokujia ja -käytäviä. Kolehmainen (1951) mukaan palokujan leveyden tulisi olla 60 - 70 cm, ja palokäytävä, jolta poistetaan hakkuutähteet ja muu irtain palava aines, pitäisi olla noin 5 m leveä. Ruotsalaisten ohjeiden mukaan palokujan leveys tulisi olla 30 - 40 cm ja palokäytävän leveys 5 - 10 m (Hörnsten ym. 1995).

Nykyisten käytännön ohjeiden mukaan kivennäismaahan asti ulottuvan palokujan leveyden tulisi olla paikasta ja olosuhteista riippuen 1 - 2 m. Käytännössä palokujan leveydeksi tulee vähintään kaivinkoneen muotokauhan levyinen kaistale. Puunkorjuussa ajourat kannattaa sijoittaa mahdollisuuksien mukaan palokäytävän ulkoreunaan, jolloin reunan paloturvallisuus lisääntyy maan tiivistymisen ja kivennäismaan paljastumisen ansiosta (Hörnsten ym. 1995). Ohjeet palokäytävän leveydestä vaihtelevat 5 m:n (Rissanen suullinen) ja noin 20 m:n (Levula suullinen) välillä. Käytännössä 5 - 10 m leveä hakkuutähteistä puhdistettu alue on riittävä, mutta kohteesta riippuen palokäytävä voi olla leveämpikin. Reuna-alueilta, myös kulotettavan alueen ulkopuolelta, voidaan lisäksi raivata alikasvoskuusikko ja muu herkästi syttyvä kasvillisuus pois.

Mikäli kulotuksessa on käytettävissä tehokas veteen perustuva sammutuskalusto, kuten kulotuksissa nykyisin usein on, ei palokujaa välttämättä tarvita. Tällöin ennen sytytystä palokäytävä kastellaan perusteellisesti, jolloin tulen leviäminen maata pitkin estyy. Palokäytävää sekä alueen ulkopuolista reunaa ja puustoa kastellaan myös kulotuksen aikana. Ilman palokujia tehtävässä kulotuksessa jää yksi työvaihe kokonaan pois, mikä pienentää kustannuksia, mutta asettaa vaatimuksia käytettävän sammutuskaluston sekä käytettävän vesilähteen suhteen.

4.4.2 Vedenottoaikkojen valmistelu

Aikana, jolloin veden siirtäminen oli hankalaa, kulotuksissa turvauduttiin pitkälti palokaivoihin, joita oli oltava melko lyhyin välimatkoin. Palokaivoista nostettiin vettä käsivoimin ja niissä kasteltiin myös hosia. Nykyisin ei enää pelkkien palokaivojen varassa kuloteta, koska niissä veden määrä on hyvin rajallinen, ja tehokas pumppu tyhjentää palokaivon nopeasti. Kulotettavan alueen läheisyydessä pitää olla joku vesilähde, jossa vettä varmasti riittää. Lisäksi on kuitenkin tehtävä palokaivoja, sillä ne ovat varsinkin jälkisammutuksessa käytännöllisiä. Hyviä vedenottoaikkoja ovat mm. lammet ja joet. Puroja ja ojia voidaan myös väliaikaisesti padota vedenottoa varten. Padoksi riittää tavallisesti käsityövälineillä tehty kevyt rakennelma. Purojen pitkäaikaista patoamista tulee välttää, mutta metsäojia voidaan padota tarvittaessa pitkäksikin aikaa ja niihin voidaan patojen tueksi kaivaa myös järeämpiä pysyviä vesialtaita. Mikäli puroja on tarkoitus padota tai muuten käsitellä, on varmistauduttava, ettei kysymyksessä ole metsälain tarkoittama erityisen arvokas elinympäristö, jossa toimenpiteet tulee tehdä ominaispiirteet säilyttävällä tavalla. Metsälain suojaamista pienvesistäkin voidaan ottaa vettä, mikäli veden ottaminen ei edellytä patoamista, kaivamista tai muuta toimenpidettä, joka heikentää kohteen ominaispiirteitä.

4.4.3 Muurahaispesät

Kulotettavalla alueella olevat muurahaispesät ovat ongelmallisia sammutus- ja jälkivartiointivaiheessa, mikäli niitä ei ole huomioitu kulotuksen esivalmistelussa. Muurahaispesät kytevätkin pitkään ja niiden sammuttaminen on

työlästä. Tästä syystä muurahaispesät tulisi joko suojata tai hajottaa ennen kulotusta; huonoin vaihtoehto on olla tekemättä niille mitään.

Kulotettavalla alalla olevat muurahaispesät paikannetaan ja merkitään. Mikäli alueella on runsaasti pieniä pesiä, ainakin osa niistä voidaan hävittää ennen kulottamista. Hävittäminen on helpointa suorittaa kaivinkoneella palokujien kaivun yhteydessä. Yksittäiset suuret pesät merkitään säästettäväksi.

4.4.4 Esivalmisteluissa tarvittava kalusto

Kulotuksen esivalmistelutöihin kuuluu palokujien ja -käytävien tekeminen sekä vedenottoaikkujen valmistelu. Kulotuksen esivalmistelutyöt on mahdollista tehdä hyvin pitkälle jo hakkuuvaiheessa, etenkin jos alue on tarkoitettu kulottaa ilman palokujia (Kallela suullinen). Useimmiten kuitenkin palokujat täytyy tehdä, ja tähän työhön paras työväline on kaivinkone. Kaivinkoneella voidaan myös puhdistaa palokäytävä hakkuutähteistä, jos hakkuun aikana ei sitä ole tehty. Lisäksi palokujan teon yhteydessä kaivetaan myös palokaiivot.

Mikäli reuna-alueiden raivaus on tarpeellista, on raivaussaha tähän työhön sopivin väline.

4.4.5 Esivalmistelutöiden ajoitus

Jo kulotuksen suunnitteluvaiheessa täytyy olla selvillä, mistä sammutusvettä saadaan riittävästi. Esivalmistelutöistä palokaivojen kaivaminen on tehtävä hyvissä ajoin ennen kulotusta. Puron tai ojan patoaminen, mikäli niitä tarvitaan, tehdään vasta siinä vaiheessa, kun on varmaa, että alue poltetaan. Kulotusalueen reuna-alueiden raivaus voidaan tehdä myös hyvissä ajoin. Sen sijaan palokujien tekeminen on hyvä jättää mahdollisimman myöhäiseen ajankohtaan, jotta ne eivät ehtisi kuivua paljoa ennen kulotusta (Heikkilä suullinen, Levula suullinen ja Tamminiemi suullinen). Mikäli palokujat on mahdollista kastella ennen kulotusta, voidaan palokujatkin tehdä jo hyvissä ajoin. Jos palokäytäviä ei ole tehty hakkuussa, ne tehdään palokujien teon yhteydessä siirtämällä hakkuutähteet ja muu irtain palava aines 5 - 10 m:n levyiseltä vyöhykkeeltä poltettavalle alueelle. Hakkuutähteiden kasautumista tulee välttää. Palokäytävien puhdistus palavasta materiaalista kannattaa viimeistellä käsityönä.

5 POLTTOVAIHE

5.1 Polttovaiheessa tarvittava kalusto

5.1.1 Sytytysvälineet

Menneinä vuosikymmeninä sytytysvälineinä käytettiin kepin päähän kiinnitettyä tuohinippua tai tuuhea katajaa (Kolehmainen 1951, Heikkilä suullinen). Yksinkertaisimmillaan sytytysvälineenä voi olla tulitikut, mutta ne eivät ole käytännöllisiä kulotuksessa, ja siksi onkin kehitetty tehokkaampia, nopeampia ja käyttövarmempia sytytysvälineitä. Sytytysmenetelmän valintaan vaikuttavat mm. valittu polttotekniikka, poltettavan alueen koko sekä alueella olevan palavan aineksen laatu ja määrä (Martin ja Dell 1978, Karjalainen 1994). Sytytys voidaan tehdä joko maasta tai ilmasta. Ilmasta käsin tapahtuvaa sytytystä kannattaa käyttää vain hyvin suurilla kulotuskohteilla, eikä sitä Suomessa liene edes kokeiltu. Meillä yleisimmin käytettyjä ovat erilaiset käsikäyttöiset sytytysvälineet. Käsikäyttöiset sytytysvälineet ovat edullisia ja melko kevyitä, mutta niiden haittana on suuria alueita poltettaessa sytytysvaiheen hitaus (Karjalainen 1994). Suomessa tämä ei ole ongelma kulotusalueiden pienuuden vuoksi.

Sytytysvälineet voidaan jakaa karkeasti kahteen eri luokkaan: 1) välineet, joilla sytytys tapahtuu sytyttäjän välittömässä läheisyydessä ja 2) kaukosytytysvälineet.

Ensimmäiseen luokkaan kuuluvat käsikäyttöiset sytytysvälineet, joista useimmat toimivat nestekaasulla, bensiinillä tai poltto/dieselöljyllä. Nykyisin kulotuksissa käytetään hyvin yleisesti nestekaasulla toimivia kannettavia sytyttimiä (Höglund suullinen, Kallela suullinen, Levula suullinen, Rissanen suullinen ja Tamminiemi suullinen). Niiden liekki on hyvin kuuma ja yltää noin metrin päähän suuttimesta (Karjalainen 1994). Normaalisti käytössä on joko 3 kg:n tai 5 kg:n kaasupullo, jota kannetaan kädessä tai selässä. Nestekaasupullostosta tulevaan letkuun liitetty paineventtiilillä varustettu pitkävirtainen kaasupoltin on havaittu käytännössä hyväksi ja toimivaksi ratkaisuksi (Kallela suullinen, Rissanen suullinen). Nestekaasu on melko riittoisaa, koska poltinta ei tarvitse pitää päällä koko aikaa (Kallela suullinen). Lisäksi kaasu on käytössä miellyttävä ja turvallinen, koska se ei tahraa sytyttäjän vaatteita kuten palavat nesteet. Haittapuolena on, ettei kaasuliekillä ole kestovaikutusta maassa kuten palavia nesteitä käytettäessä. Toisaalta kaasusta ei jää maaperään jäämiä, kuten palavia nesteitä käytettäessä saattaa jäädä, joten kaasu on myös ympäristön kannalta parempi vaihtoehto.

Polttoöljyllä täytetty, tavallisesti selässä kannettava painesäiliö on myös käyttökelpoinen sytytyksessä. Säiliöön muodostetaan painetta säiliössä olevalla käsipumpulla. Säiliöstä tulevan letkun päässä on käyttökahva, suutin ja sytytysrenkas, joka sytyttää polttoaineen. Liekin pituus on noin 20 cm riippuen säiliössä olevasta paineesta (Forestry Suppliers 2000). Osa polttoainesta syttyy vasta maassa, jossa se sytyttää tehokkaasti ympäröivän materiaalin. Säiliön täyttömäärä on noin 4 litraa (Forestry Suppliers 2000). Syty-

tyksessä voi käyttää myös ilman sytytintä olevaa painesäiliötä. Tällöin tuli sytytetään yhdestä pisteestä ja johdetaan painesäiliöllä ruiskutettavan polttoaineen avulla eteenpäin. Tämä menetelmä on myös osoittautunut käytännössä toimivaksi ja edulliseksi (Munter suullinen). Pitkää suutinta käytettäessä myös sytyttäjän työskentelyolosuhteet helpottuvat, koska ei tarvitse olla aivan liekkien lähellä (Munter suullinen).

Tippakannu (drip torch) on pieni kahvallinen alumiinisäiliö, jonka suuttimessa on sytytin. Tippakannussa käytetään bensiinin ja dieselöljyn seosta suhteessa 1:4 (Bradshaw 1993). Jos bensiinin määrä on suurempi, seoksesta tulee helpommin haihtuva ja sen leimahduspiste alenee (Bradshaw 1993). Kannulla pudotellaan palavia bensiini-dieselöljypisaroiita sytytettävän aineksen päälle. Yksi säiliöllinen kestää oikein käytettynä jopa tunnin (Bradshaw 1993). Tippakannulla sytyttämisen etuina ovat halpuus, helppokäyttöisyys, varmuus ja sytyttämisen nopeus (Karjalainen 1994) ja se sopii hyvin etenkin pienten alueiden kulutuksiin (Hawkes ym. 1990). Tippakannu soveltuu hyvin lähes kaikkien materiaalien sytyttämiseen (Bradshaw 1993).

Sytytysputki on käytännöllinen, yksinkertainen, tehokas ja taloudellinen sytytysväline (Aalto-Kallonen ym. 1990). Sytytysputki valmistetaan noin kaksi metriä pitkistä ja noin 35 mm paksusta huonekaluputkesta hitsaamalla sen toinen pää umpeen (Aalto-Kallonen ym. 1990). Putki täytetään polttoöljyn ja bensiinin seoksella, jonka suhde on 1:1, ja suljetaan kartiomaisella puutapilla, jonka ympärillä on kangassydän (Aalto-Kallonen ym. 1990). Polttoaineella kyllästynyt sydän toimii sytytettynä öljylampun sydämen tavoin ja sillä on helppo sytyttää hakkuutähteet.

Kertakäyttöisiä soihtuja voidaan myös käyttää sytytyksessä, mutta ne sopivat paremmin toisia sytytysmenetelmiä tukeviksi välineiksi, joita käytetään tarvittaessa lisäsytytystä (Martin 1990). Suomessa niitä ei käytetä, koska on olemassa tehokkaampia ja edullisempia sytytysvälineitä. Lisäksi soihtujen saatavuus on meillä heikko. Soihtuja on olemassa eri pituisilla paloajoilla aina 20 minuuttiin saakka (Heikkilä ym. 1993). Soihtut soveltuvat parhaiten alueille, joissa on kevyttä palavaa materiaalia tasaisesti jakautuneena (Bradshaw 1993).

Liekinheittimet ovat hyvin tehokkaita sytytyksessä. Ne voivat olla kannettavia tai pakettiauton tai erillisen perävaunun päälle rakennettuja liekinheittinyksiköitä. Liekinheittimissä käytetään polttoaineena hyytelöityä dieselöljyä ja nestekaasua (Karjalainen 1994). Hyytelöity polttoaine pumpataan pumpun avulla ja se sytytetään nestekaasusytyttimellä (Bradshaw 1993). Suuren liekinheittimen liekin ulottuvuus on jopa 45 metriä (Karjalainen 1994). Kannettava liekinheitin on nopein käsikäyttöisistä sytytysvälineistä, mutta se on kalliimpi, monimutkaisempi ja raskaampi ja kuluttaa enemmän polttoainetta kuin esimerkiksi tippakannu (Martin 1990).

Laikkukulotukseen on kehitelty liekinheitintekniikkaan perustuvia polttolaitteita, joilla olisi mahdollista polttaa hallitusti noin 60 x 60 cm:n kokoisia laikkuja (Laakko 1996). Pisimmälle kulotuslaitteen on kehittänyt Marttiin

puukkotehdas, jonka laitteisto on rakennettu metsätraktorin päälle ja koostuu polttokammioista, nestekaasupulloista ja kaasun polttolaitteistosta, paineilmalaitteistosta ja sammutuslaitteistosta (Karjula 1986). Polttolaitteisto on asennettu metsätraktorin kuormatilan taakse, ja laitteen toimintaperiaate on, että ajettaessa hitaasti eteenpäin polttoyksikkö suorittaa hakkuutähteiden ja kuntan polton, jonka jälkeen sammutuslaitteisto sammuttaa tulen (Karjula 1986). Käytännön kokeiluissa laite ei ole osoittautunut toimivaksi ratkaisuksi huonon polttojälkensä vuoksi (Karjula 1986).

Toiseen luokkaan kuuluvat välineet, joiden avulla sytyttäjän ei tarvitse olla sytytyspaikan välittömässä läheisyydessä, vaan sytytys voidaan suorittaa joko ilmasta tai kauempaa maasta.

Helisoihtu on Uudessa-Seelannissa kehitetty sytytysjärjestelmä, jota pidetään luotettavana ja turvallisena (Karjalainen 1994). Laitteisto koostuu 180 litran säiliöstä, sytytynyksiköstä, pumpusta ja sammutynyksiköstä, jotka roikkuvat kaapeleiden varassa helikopterin alla (Karjalainen 1994). Polttoaineena käytetään hyytelöityä bensiiniä, joka sytytetään ulostulosuuttimessa sytytystulpan antamalla kipinällä (Hawkes ym. 1990, Karjalainen 1994). Hiilidioksiditoiminen sammutusjärjestelmä sammuttaa suuttimeen mahdollisesti jääneen tulen (Karjalainen 1994). Bensiinin hyytelöimiseen voidaan käyttää esimerkiksi alumiinistearaattia (Karjalainen 1994). Palavien hyytelöbensinipisaroiden kokoa ja paloaikaa voidaan säädellä polttoaineen syötön, lentonopeuden ja lentokorkeuden avulla ja ne ovat golfpallon tai enintään pesäpallon kokoisia ja palavat 8 - 17 minuuttia (Karjalainen 1994). Helikopterin käyttö on hyvin kallista ja siksi sen käyttö on perusteltua ja kannattavaa vain hyvin suurilla kulotusalueilla, missä sen käytöllä voidaan saavuttaa huomattavaa ajansäästöä.

Helikopterista tai lentokoneesta voidaan pudottaa myös erilaisia sytytyspanoksia, jotka syttyvät tietyn ajan kuluttua aktivoimisesta. Lentokoneeseen tai helikopteriin on kiinnitettävissä polystyreenipallojen levittämiseen tarkoitettu laite, joka painaa noin 45 kg (Karjalainen 1994). Polystyreenipallojen läpimitta on noin 3 cm ja ne sisältävät 3 g kaliumpermanganaattia (Karjalainen 1994). Laite suihkuttaa etyleeniglykolia (pakkasnestettä) jokaiseen palloon ennen sen pudottamista. Etyleeniglykolin ja kaliumpermanganaatin joutuessa tekemisiin toistensa kanssa tapahtuu itsesytytys 30 - 60 sekunnin kuluttua (Martin 1990). Sytyttyään pallot palavat melko pienellä liekillä 2 - 3 minuuttia (Bradshaw 1993). Tällä menetelmällä voidaan käsitellä nopeasti suuria alueita, mutta se on kallis (Martin 1990). Suomessa edellä mainittuja kaliumpermanganaattitäytteisiä polystyreenipalloja ei ole saatavana.

Maasta käsin tapahtuva kaukosytytys voidaan toteuttaa esimerkiksi sähkösytytyksellä, josta käytetään myös nimitystä massasytytys. Sähkösytytystä käytetään lähinnä Pohjois-Amerikassa (Maukonen 1984). Sähkösytytyksessä käytetään voimanlähteenä generaattoria tai akkua, jonka lisäksi tarvitaan johtoa, sytyttimet, sytytyslankaa ja sytytysrasiat tai muoviset tai metalliset säiliöt, jotka sisältävät hyytelöityä bensiiniä tai napalmia (Maukonen 1984,

Cleary ym. 1978). Säiliöiden ympärille kääritään sytytyslankaa, joka sytytetään sähköön avulla. Sähköpiirit vedetään paikalleen ennen kulotusta ja sytytysrasiat tai polttoainesäiliöt asetetaan alueelle haluttuun järjestykseen ja liitetään sähköpiiriin (Cleary ym. 1978, Maukonen 1984, Martin 1990, Karjalainen 1994). Johdot ja polttoainesäiliöt voidaan levittää alueelle myös helikopterista (www-viite 1). Kulotuksen johtaja kytkee virtapiirit halutussa järjestyksessä, jolloin sytytysrasiat tai polttoainesäiliöt syttyvät ja aikaansaavat pistemäisiä paloja (Maukonen 1984). Sähkösytytyksellä saadaan aikaan tarvittaessa hyvin nopea sytytys, mutta sähköpiirien vetäminen on melko kallista, ja kun alue on kerran johdotettu, täytyy se joka tapauksessa polttaa (Martin 1990).

Hyytelöityä bensiiniä tai napalmia sisältävien polttoainesäiliöiden kaukosytytyksessä voidaan käyttää hyväksi myös lasersäteeseen perustuvaa menetelmää (Karjalainen 1994). Lasersäde räjäyttää polttoainesäiliöt jopa 800 metrin etäisyydeltä (Karjalainen 1994). Kehittelyvaiheessa on menetelmä, jossa suuritehoisella lasersäteellä sytytetään palava materiaali suoraan (Martin 1990). Lasersytytys on vielä toistaiseksi kallis menetelmä, eikä tarvittavia laitteita ole helposti saatavissa. Lisäksi lasersytytyksessä tarvitaan suora näköyhteys sytytettävään kohteeseen, joka muodostaa rajoitteita menetelmän käytölle.

Ammuttavia sytytyspanoksia käyttäviä laitteita on kehitelty useita erilaisia. Merkkipistoolilla ja ”rakettikynällä” voidaan ampua strontiumnitraattia ja kaliumperkloraaattia sisältäviä sytytyspanoksia 45 - 60 metrin etäisyydelle (Karjalainen 1994). Sytytyspanokset palavat 4 - 15 sekuntia ja soveltuvat kohteisiin, joissa palava materiaali on kuivaa (Karjalainen 1994). Menetelmä vaatii käyttäjältään ampuma-asekoulutusta, ja sen turvallisuus ja käyttövarmuus eivät ole luotettavia (Karjalainen 1994).

Paineilmalla toimivalla laukaisimella sytytyspanoksia voidaan ampua jopa 180 metrin etäisyydelle, ja panokset palavat kuumalla liekillä noin 20 minuuttia (Karjalainen 1994). Laukaisimen käyttö vähentää sytytyksessä tarvittavan henkilöstön määrää ja kulkemistarvetta kulotettavalla alueella, mutta se ei ole kovin tarkka ja vaatii käyttökokemusta ja harjoittelua (Karjalainen 1994).

Lentolevityksessä käytettäviä kaliumpermanganaatilla täytettyjä muovipalloja voidaan myös ampua tehokkaalla ritsalla, jonka kantomatka on noin 45 metriä (Bradshaw 1993). Pallojen sisälle ruiskutetaan juuri ennen laukaisua etyleeniglykolia. Pallot syttyvät 20 - 40 sekuntia etyleeniglykolin lisäämisen jälkeen ja palavat noin 15 cm:n korkuisella liekillä 2–3 minuuttia (Bradshaw 1993). Sytytysryhmässä tarvitaan kaksi henkilöä, joilla on tietoa käytettävien aineiden ominaisuuksista (Karjalainen 1994). Menetelmää ei käytetä Suomessa, koska kaliumpermanganaatilla täytettyjä muovipalloja ei ole täällä saatavana.

Ilmanpaineella toimivalla laukaisimella voidaan ampua sahanpurusta, parafiinista ja kaliumpermanganaatista puristettuja ammuksia, joihin ruiskute-

taan ennen laukaisua etyleeniglykolia (Karjalainen 1994). Ammukset lentävät jopa 270 metriä (Karjalainen 1994). Ammukset ovat myrkyttömiä ja räjähtämättömiä, mikä lisää käytön turvallisuutta.

Suomessa sytytys hoidetaan käytännössä kevein kannettavin sytytysvälinein. Sytytyslaitteissa käytetään polttoaineena yleensä kaasua tai jotakin herkästi syttyvää nestemäistä polttoainetta.

5.1.2 Sammutuskalusto

Vedentarvelaskenta

Ennen sammutuskaluston kehittymistä sammutuksessa käytettiin pääasiassa hosia, kannettavia paloruiskuja ja ämpäreitä sekä muita käsityökaluja (Kolehmainen 1951 ja Heikkilä suullinen). Nykyisin kulotuksessa on siirrytty lähes kokonaan tehokkaan vesisammutuskaluston käyttöön. Vesisammutuskaluston lisäksi kulotusalueella on myös oltava riittävä määrä käsityökaluja. Vesisammutuksessa käytetään pumppuja, letkukalustoa ja suihkuputkia. Kulotuksessa käytettävä pumppuvalikoima on varsin suuri. Kulotuksessa voidaan käyttää erilaisia moottoriruiskuja, traktorisoitteisia pumppuja, kevyitä helposti siirrettäviä kellupumppuja sekä palokuntien tehokasta pumpukalustoa.

Etäisyys, jolta vettä johdetaan kulotusalueelle, asettaa vaatimuksia käytettävän pumpun suhteen. Mitä pidempi veden kuljetusmatka on, sitä tehokkaampi pumpun on oltava, jotta se pystyy tuottamaan vettä riittävän suurella paineella vielä kulotusalueella. Korkeuserot ja letkujen pituuden muodostama kitka aiheuttavat painehäviöitä, jotka kasvavat korkeuseron suurentuessa ja matkan pidentyessä. Pumpulta lähtevän pääjohdon on oltava melko suurta, sillä pienissä letkuissa painehäviö on suurempi ja siten kuljetusmatka lyhyempi (Kallela suullinen).

Sammutustyössä tarvittavan vedenpaineen on oltava vähintään 200 - 300 kPa, mutta kulotuskäytävien kasteluun riittää paineeksi vielä noin 100 - 200 kPa (Herranen ja Tiuraniemi 1989). Tulen sammuttamiseen tarvittava pumpun tuottama vesimäärä käytettäessä kahta työjohtoa on oltava vähintään 3 - 4 l/s työjohtoa kohden suihkun paineen ollessa 200 - 300 kPa (Herranen ja Tiuraniemi 1989). Kuitenkin kulotuksissa yleisesti käytetään kahta kulotusryhmää, joissa on sytyttäjä sekä kaksi sammuttajaa, joilla molemmilla on työjohdot (Aalto-Kallonen ym. 1990). Mikäli kulotuksessa on käytössä yksi pumppu, sen pitää pystyä ylläpitämään neljää työjohtoa. Tarvittava pumpun tuottama paine ja tuotto voidaan laskea paineyhtälön avulla (yhtälö 3) (Herranen ja Tiuraniemi 1989), jota havainnollistetaan laskentaesimerkin avulla.

$$pp = pk + pn + ptj + ps \quad (3)$$

jossa pp = pumppupaine (kPa)
 pk = pääjohdon kitka (kPa)
 pn = nousuhäviö (kPa)
 ptj = työjohdon kitka (kPa)
 ps = suihkunpaine (kPa)

Yhtälön oikean puolen muodostavat vastapainetta aiheuttavat termit. Paineyhtälön laskenta aloitetaan määrittämällä suihkun vesimäärä ja paine. Likimääräisiin tuloksiin päästään käyttämällä valmiiksi laskettuja taulukoita, jotka helpottavat laskentaa. Kun sammutuskohteeseen haluttu vesimäärä tiedetään, saadaan suuttimen halkaisija ja suihkunpaine taulukosta 2.

TAULUKKO 2 Tilavuusvirtataulukko erikokoisille suuttimille, l/s (Herranen ja Tiuraniemi 1989)

Suihkunpaine, kPa	Suuttimen halkaisija, mm			
	10	12	14	18
100	1,05	1,44	2,05	3,4
200	1,48	2,03	2,91	4,81
300	1,82	2,49	3,56	5,89
400	2,1	2,88	4,12	6,8
500	2,35	3,22	4,6	7,61

Kun vaatimuksena yhtä työjohtoa kohti pidetään Herrasen ja Tiuraniemen (1989) esittämää 200 - 300 kPa:n suihkunpainetta ja 3 - 4 l/s:n virtaamaa, havaitaan, että 300 kPa:n suihkunpaineella ja 14 mm:n suuttimen halkaisijalla virtaama on 3,56 l/s, joka täyttää vaatimukset. Suihkunpaine ps on siis 300 kPa. Esimerkin vedenkuljetusjärjestelmässä käytetään sisältä kumioituja työjohtoja, joiden läpimitta on 39 mm ja pituus 20 m, sekä pääjohtoa, jonka läpimitta on 76 mm ja pituus 500 m. Suihkuputken ja pumpun korkeusero olkoon 10 m. Letkukitkat ptj ja pk lasketaan yhtälön 4 avulla.

$$ptj \text{ ja } pk = \frac{I}{100} * k * \dot{V}^2 \quad (4)$$

jossa ptj = työjohdon letkukitka (kPa)
 pk = pääjohdon letkukitka (kPa)
 I = letkujohdon pituus (m)
 \dot{V} = letkujohdon vesivirta (l/s)
 k = kitkakerroin, joka saadaan taulukosta 3

TAULUKKO 3 Uusien paloletkujen kitkakertoimet

Letkun läpimitta (mm)	Sisäpinnalta kumioidun paloletkun kitkakerroin
150	0,014
110	0,07
76	0,5
63	1,4
51	4,3
42	10
39	17
25	170

Työjohdon, jonka läpimitta on 39 mm, virtaama 3,56 l/s ja pituus 20 m, letkukitka p_{tj} on 43 kPa. Pääjohdon kitka lasketaan samalla kaavalla kuin työjohdonkin kitka. Pääjohdon virtaama on työjohtojen yhteenlaskettu virtaama, eli $4 * 3,56 \text{ l/s} = 14,24 \text{ l/s}$. Pääjohdon, jonka läpimitta on 76 mm, virtaama 14,24 l/s ja pituus 500 m, letkukitka p_k on 507 kPa. Nousuhäviö pn lasketaan yhtälöllä 5 (Herranen ja Tiuraniemi 1989).

$$pn = 10 * h \quad (5)$$

jossa pn = nousuhäviö (kPa)

h = suihkuputken ja pumpun välinen korkeusero (m)

Suihkuputken ja pumpun korkeuseron ollessa 10 m, $pn = 10 * 10 = 100 \text{ kPa}$.

Edellä lasketut arvot sijoitetaan paineyhtälöön (yhtälö 3), jolloin saadaan ratkaistua vaadittava pumppupaine $pp = p_k + pn + p_{jt} + p_s$.

$$\begin{aligned} p_k &= \text{pääjohdon kitka } 507 \text{ kPa} \\ pn &= \text{nousuhäviö } 100 \text{ kPa} \\ p_{jt} &= \text{työjohdon kitka } 43 \text{ kPa} \\ p_s &= \text{suihkunpaine } \underline{300 \text{ kPa}} \\ pp &= \text{pumppupaine } 950 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Esimerkkitapauksen pumpun pitäisi siis pystyä tuottamaan vettä 14,24 l/s 950 kPa:n paineella, jotta se pystyisi ylläpitämään neljää työjohtoa samanaikaisesti.

Sammutuskalusto

Kulotuksessa ei voida kokonaan olla vain yhden pumpun varassa, vaan kulotuspaikalla on oltava käyttökuntoinen varapumppu tai -pumppuja, jotka voidaan ottaa tarvittaessa käyttöön. Kulotustyöhön soveltuvia pumppuja on markkinoilla monentyypisiä, joista voidaan valita kuhunkin tarpeeseen sopivimmat.

Kellupumput ovat veden pinnalla uimurin avulla kelluvia kaksitahtimoottorilla varustettuja keskipakopumppuja, jotka pystyvät pumppaamaan vettä hyvin matalasta vedestä. Kellupumput ovat kevyitä ja helposti siirrettävissä kantamalla. Niihin on saatavana myös kantorinkkoja. Kellupumput sopivat parhaiten käytettäväksi yhdellä tai korkeintaan kahdella työletkulla vedensiirtomatkan ollessa melko lyhyt. Kellupumppujen etuna ovat kuljetuksen ja käytön helppous ja pientenkin vesipaikkojen hyödyntämismahdollisuus. Ne ovat hyvä lisä kalustoon käytettäessä suurempia pumppuja. Kulotukseen sopivia kellupumppuja ovat esimerkiksi Hale Fyr Flote 20FV-C8 ja Waterous, joiden tuotot kahta työletkua käytettäessä 100 m:n päässä pumpuista ovat 5,5 l/s paineen ollessa 180 kPa (Herranen ja Tiuraniemi 1989). Hale Fyr Flote FV-C8 painaa 22 kg ja Waterous 25 kg (Herranen ja Tiuraniemi 1989). Vuonna 2000 Hale Fyr Flote 20FV-C8 maksoi 13 000 mk ja Waterous 10 400 mk.

Moottoriruiskut ovat bensiinikäyttöisiä kaksi- tai nelitahtimoottorilla varustettuja siirrettäviä pumppuja, joita on monen eri tehoisia. Moottoriruisku lienee kulotuksissa yleisimmin käytetty pumpputyyppejä. Korhosen (suullinen) mukaan moottoriruiskun on hyvä olla nelitahtinen sekä luotettavuuden että polttoaineenkulutuksen takia. Kaksitahtisten moottoriruiskujen paino on huomattavasti alhaisempi kuin nelitahtisten, mutta koska kulotuksissa on riittävästi aikaa pumppukaluston kuljetukseen käyttöpaikalle, ei paino ole ensiarvoisen tärkeä tekijä pumppujen ominaisuuksia arvioitaessa. Moottoriruiskut imevät veden siivilällä varustetun imuletkun kautta. Tästä syystä moottoriruiskua käytettäessä vesilähteen on oltava runsasvetinen sekä riittävän syvä, sillä imuletku ei saa olla kiinni pohjassa. Kulotukseen sopivia moottoriruiskuja ovat esimerkiksi nelitahtinen Rosenbauer Otter, jonka tuotto on 600 l/min/600 kPa, kaksitahtinen ESA-RA 1000, tuottoaan 1 000 l/min/800 kPa tai raskaampi ESA-RA 1600, jonka tuotto on 1 600 l/min/800 kPa. Vuonna 2000 hinta Rosenbauer Otterille oli noin 27 000 mk.

Jos veden kuljetusmatka on erityisen pitkä, voidaan käyttää traktorisoiviteisiä pumppuja, jotka saavat pyöritysvoimansa traktorin ulosottoakselistasta. Tällöin vedenottoaika on oltava sellainen, että sinne pääsee traktorilla. Traktorisoivitteiset pumput tuottavat suuren virtaaman ja paineen. Esimerkiksi ESA-T -pumpun maksimi tuotto on 27,7 l/s ja maksimi paine 1 700 kPa (Herranen ja Tiuraniemi 1989).

Veden johtamiseen tarvitaan eri kokoisia paloletkuja ja eri tyyppisiä liittimiä. Letkuja on kahdentyyppisiä, joko sisäpuolelta kumioituja tai kangasletkuja. Kumioiduissa letkuissa letkukitka on noin puolet pienempi kuin kangasletkuissa, mutta ne eivät ole yhtä kuumuudenkestäviä kuin kangasletkut (Herranen ja Tiuraniemi 1989). Kangasletkujen seinämien läpi tiheä vesi estää niiden palamisen. Yleisimmin käytetty letkunpituus on 20 m. Pumpulta lähtevän pääjohdon tulisi olla melko suuriläpimittaista, esimerkiksi Ø 76 mm. Kulotuskohteen lähellä pääjohto haaroitetaan pallo- tai kierreventtiilein varustetulla jakoliittimellä kahdeksi esimerkiksi 51 mm:n läpimittaiseksi johdoksi, jolloin kulotusalueen kummallakin puolella on syöttölinja, johon on mahdollista liittää työjohtoja. Sopiva työjohdon läpimitta on

39 mm. 20 m pitkien letkujen hinnat liittimiseen vuonna 2000 olivat noin 350 - 650 mk/kpl riippuen letkun läpimitasta. Jakoliittimen hinta oli noin 1 500 mk.

Työjohdot liitetään syöttölinjaan tarkoitukseen sopivilla liittimillä, joita tulisi olla riittävä määrä liitettynä runkolinjaan. Metsäpaloliittimissä on sulki-jalla varustettu ulosottoliitin, johon työjohto liitetään. Käytännössä toimivaksi ratkaisuksi on myös osoittautunut liitin, jossa paloletkuliittimien väliin on kiinnitetty sadetuslaitteen automaattiventtiili, joka mahdollistaa työjoh-tojen liittämisen ja irrottamisen paineisesta syöttölinjasta (Aalto-Kallonen ym. 1990, Kallela suullinen). Työjohdoissa täytyy tällöin olla sadetuslaitteen venttiiliin sopiva liitin. Kun tällaisia automaattiventtiileitä liitetään esimerkiksi joka kolmanteen syöttölinjan letkuliitokseen, ja käytetään 20 m:n mit-taisia työjohtoja, koko reuna-alue on kasteltavissa.

Työjohtojen lisäksi tarvitaan suihkuputket, joiden avulla voidaan säädellä vesisuihkun muotoa ja virtaamaa. Suihkuputkiksi kannattaa valita mallit, joissa on mahdollisuus portaattomaan säätöön sumu- ja suorasuihkun välillä. Käyttökelpoiset suihkuputket maksavat noin 350 - 600 mk/kpl.

Kulotuksessa voidaan käyttää myös eri tyyppisiä kemiallisia kulontorjunta-aineita. Ne ovat veteen sekoitettavia tai sellaisenaan levitettäviä kemikaaleja, jotka vähentävät materiaalin syttymisherkkyyttä. Kemikaaleja voidaan käyttää kulotusalueen rajauksessa tai yksittäisten puiden ja puuryhmien suojauksessa. Veteen sekoitettavat kulontorjunta-aineet pienentävät veden pintajännitystä ja siten parantavat veden tunkeutumista alustaan. Lisäksi aineilla on myös palonestovaikutus, joka vaikeuttaa uudelleensyttymistä. Kulontorjunta-aineet ovat yleensä typpi- tai fosforipohjaisia (Byl 1986). Kulontorjunta-aineita on periaatteessa kahta tyyppiä, nestemäisenä levitettäviä sekä vaahdotettavia. Veteen sekoitettavat nestemäisenä levitettävät kulontorjunta-aineet voidaan levittää maastoon tavanomaisella sammutuskalustolla, mutta vaahtonesteiden käytössä tarvitaan lisäksi vaahtonkehitin sekä erityiset vaahtoputket vaahton levitykseen. Kulontorjunta-aineita voidaan käyttää kulotuksessa palokäytävien käsittelyssä osittain tai kokonaan. Kemikaalien käyttö vähentää sammutusveden tarvetta, mutta ne ovat kalliita käyttää.

Tällä hetkellä markkinoilla on ainakin kahden eri valmistajan tuotteita. Bio-Ex Bio For C on vaahtoneste, jonka sekoitussuhde on käyttötilanteesta riip-puen 0,1 - 0,6 %. Sekoitussuhteella 0,1 - 0,2 % Bio For C toimii veden kasteluominaisuuksia parantavasti ja sekoitussuhteella 0,25 - 0,6 % sitä käytetään vaahtotukseen. Bio Ex Bio For C:n hinta on noin 35 mk/l ja vaahtotukseen tarvittavan vaahtonsekoittimen, esimerkiksi PRO/Pak, hinta on noin 5 000 mk. Suomalainen Softonex Oy valmistaa Burnstop-palonestoaineita, joista kulotuskäyttöön soveltuvia ovat Burnstop EX-S300 ja Burnstop IM-W475. Molempien tuotteiden vaikuttavina aineina ovat ammoniakki, monoammoniumfosfaatti sekä urea (valmistajalta tieto). Burnstop EX-S300 on veteen sekoitettava sammutusneste, jota voidaan le-vittää maastoon paloletkulla. Sekoitussuhde Burnstop EX-S300:lle on

0,1 - 1,0 %, ja sammutusneste maksaa 9 - 15 mk/l. Burnstop IM-W475 on sellaisenaan käytettävä palonestoaine, joka on tarkoitettu lähinnä puutuotteiden palonestokäsittelyyn, mutta jota voidaan käyttää myös pienialaisessa palokäytävien käsittelyssä. Burnstop IM-W475:n hinta on 11 - 18 mk/l. Tutkimuksessa, jossa selvitettiin palonestoaineen (Burnstop IM-W475) hyödyllisyyttä ja kustannusta kulotusalueen rajauksessa todettiin, että kyseisen aineen suojauskyky oli heikko sekä palokäytävien että jättöpuuryhmien suojauksessa (Kumpare 1999). Kustannuksia vertailtaessa tavanomainen kaivinkoneella tehty palokuva on kustannuksiltaan huomattavasti edullisempi (Kumpare 1999).

5.1.3 Käsityökalut

Vaikka kulotuksessa olisikin käytössä tehokas vesisammutuskalusto, täytyy kulotuspaikalle varata riittävä määrä käsityökaluja. Käsityökaluja ovat mm. hosat, kirveet, vesurit, kuokat, lapiot, sekä käsi- ja moottorisahat. Myös ämpärit, kastelukannut ja reppuruiskut lasketaan käsityökaluiksi. Käsityökalujen käyttö moottorisahaa lukuun ottamatta ei tarvitse erityiskoulutusta, ne ovat kevyitä kuljettaa ja oikein käytettynä melko tehokkaita tulenhallintavälineitä. Kipinöiden sytyttämien pienten palonalkujen sammuttamisessa hosa on yhä edelleen paras työväline. Kulotuspaikalla pitäisi olla varattuna ainakin yksi moottorisaha, jotta tarpeen vaatiessa pystytään nopeasti kaatamaan puita.

5.1.4 Yhteydenpito

Kulotuksessa on hyvin tärkeää, että tiedonkulku kulotuksen johtajan ja sytyttäjien sekä pumpunkäyttäjän välillä toimii hyvin. Nykyisin viestiyhteydet hoidetaan usein matkapuhelinten avulla (Höglund suullinen, Levula suullinen ja Rissanen suullinen). Matkapuhelimia käytettäessä on sovittava etukäteen toimintatavat ja käytettävät puhelinnumerot. Koska useimmilla ihmisillä on matkapuhelin käytössään, on sen käyttö kulotuksessakin nykyisin useimmiten luontevinta. Kulotuksessa voidaan käyttää myös lyhytaalto- ja radiopuhelimia, jotka ovat jossain suhteessa parempia kuin matkapuhelimet. Kulotusta varten ei kuitenkaan kannata hankkia erityistä kommunikointivälineistöä, koska matkapuhelimilla viestintä onnistuu aivan hyvin. Toimivaksi ratkaisuksi on myös havaittu kypäriin integroidut radiopuhelimet, joiden etuna on se, että molemmat kädet ovat vapaana yhteydenpidon aikana (Kallela suullinen).

5.1.5 Henkilökohtaiset varusteet

Kulottajan varusteet eivät saa olla helposti syttyvää materiaalia. Luonnonkuidut, esimerkiksi puuvilla on hyvä materiaali vaatetuksessa. Vaatteiden tulisi olla mahdollisimman peittäviä palovammojen ehkäisemiseksi. Kumitai nahkasaappaat ovat sopivat jalkineet. Nahkaiset käsineet ovat myös tarpeelliset samoin kuin päähine. Lisäksi kulottajan varustukseen kuuluu juoma-astia, sillä riittävä juominen on kulotuksen aikana tärkeää.

5.2 Työvoiman tarve ja tehtävät

Kulotuksessa tarvittava työvoiman määrä riippuu kulotettavan alueen koosta ja ominaisuuksista. Kulotuksessa täytyy aina olla johtaja, jolla yksin on päätäntävalta ja päävastuu kulotuksen läpiviemisestä. Lisäksi kulotuksessa tarvitaan sytyttäjiä, sammuttajia sekä pumpunkäyttäjää ja reuna-alueiden var-tijoita. Arviot riittävästä työntekijöiden määrästä vaihtelevat 10 - 16 välillä (Höglund suullinen, Kallela suullinen, Levula suullinen, Rissanen suullinen ja Tamminiemi suullinen). Perussääntönä voitaneen pitää, että kulotuksessa on oltava vähintään 10 ihmistä. Kulotusalueen koon kasvaessa työntekijöi-den tarve kasvaa jonkin verran, mutta ei kovin paljoa (Tamminiemi suulli-nen).

Kulotuksen keskeisin henkilö on kulotuksen johtaja ja jokaisessa kulotuk-sessa täytyy olla johtaja. Kulotuksen johtajalla on määräysvalta ja vastuu kulotuksen aikana. Kulotuksen johtajana saa toimia vain tehtävään perehty-nyt metsäammattilainen. Kulotuksen johtajan tehtäviä ovat:

- ilmoitusten tekeminen viranomaisille sekä rajanaapureille
- valmistelutöiden tarkastaminen
- kaluston riittävyys ja toiminnan varmistaminen
- viestiyhteyksien toiminnan varmistaminen
- henkilöstön riittävyys ja ammattitaidon varmistaminen
- käskynjako ja ohjeiden antaminen
- henkilöstön huollon varmistaminen
- sytytyksen, polton ja sammutuksen johtaminen

Kulotuksen johtajan lisäksi tarvitaan sytyttäjiä, joita normaalisti on kaksi. Sytyttäjien tehtävänä on sytyttää kulotustuli johtajan määräämällä tavalla. Sytytysryhmään kuuluu tavallisesti sytyttäjän lisäksi kaksi työjohdolla va-rustettua sammuttajaa, joista toinen kulkee sytyttäjän edellä ja toinen takana. Sytyttäjän edellä kulkeva sammuttaja kastelee palokujaa ja sen ulkopuolista reunaa, ja sytyttäjän takana kulkeva sammuttaja rajoittaa vesisuihkulla tulen leviämistä ja sammuttaa palokäytävän reunaa. Tällä tavoin alueen reuna tulee varmistettua jo varhaisessa vaiheessa.

Tuulen alapuolella tarvitaan riittävästi henkilöitä valvomaan reuna-aluetta ja sammuttamaan kipinöiden mahdollisesti sytyttämät palonalut. Tuulen ala-puolella on oltava työjohto sammutusvalmiudessa. Tuulen alapuolella työs-kentelevät henkilöt joutuvat olemaan hyvin savuisissa olosuhteissa, joten olisi hyvä, jos paikalla olisi muutamia vaihtohenkilöitä.

Pumppuasemalla on oltava asiantunteva pumpunkäyttäjää, joka huolehtii pumpun toiminnasta ja kulotusalueen katkeamattomasta vedensaannista.

5.3 Polttovaiheen ajoitus

5.3.1 Hakkuusta kulunut aika

Käytännön neuvot kulotuksen ajoituksesta päätehakkuun jälkeen hieman vaihtelevat, mutta useimmiten kulotus pyritään tekemään hakkuuta seuraavana keväänä (Heikkilä suullinen, Höglund suullinen, Kallela suullinen, Levula suullinen ja Rissanen suullinen). Tässä vaiheessa hakkuutähteissä on vielä neulaset kiinni eivätkä ne ole vielä painuneet paljoa. Alueen heinittyminen ei ole ehtinyt vielä tässä vaiheessa alkaa. Lumiseen aikaan tehdyn hakkuun jälkeen hakkuutähteiden alla voi lumi säilyä melko pitkälle kevääseen, mikä heikentää palamistulosta (Heikkilä suullinen). Jos hakkuu on tehty lumettomaan aikaan, hakkuutähteiden kuivuminen on keväällä nopeampaa (Höglund suullinen). Yleisesti ottaen ensimmäinen kevät hakkuun jälkeen, riippumatta hakkuun ajankohdasta, on paras aika kulotuksen toteuttamiseen.

Hakkuualue voidaan kulottaa vielä toisena keväänä hakkuun jälkeen ja esimerkiksi Tamminiemen (suullinen) mukaan tämä ajankohta on paras kulotukselle. Toisena hakkuun jälkeisenä keväänä hakkuutähteet ovat jo painuneet tiiviimmäksi ja huomattava osa neulasista on varissut. Kulotus pitäisi tehdä niin aikaisin keväällä, ettei heinikko ole ehtinyt vielä rehevöityä.

Kolmantena vuonna hakkuun jälkeen ei enää ole järkevää yrittää kulottaa, koska hakkuutähteet ovat jo alkaneet maata ja heinikko kasvaa hakkuutähteistä läpi. Rehevät alueet säilyvät kulotuskuntoisina vähemmän aikaa kuin karut heinittymisestä johtuen (Heikkilä suullinen). Samoin Etelä-Suomessa alueet säilyvät vähemmän aikaa kulotuskuntoisina kuin Pohjois-Suomessa (Rissanen suullinen).

5.3.2 Vuodenaika

Perinteisesti kulotukset on Suomessa tehty keväällä, mikä mahdollistaa kulotetun alueen kylvämisen samana vuonna. Keväällä myös palamista haittaava pintakasvillisuus on vielä matalaa. Touko-kesäkuu on parasta kulotusaikaa, mutta vielä heinä-elokuussakin voi kulottaa (Heikkilä suullinen, Höglund suullinen, Kallela suullinen ja Rissanen suullinen). Loppukesällä kulottaessa pintakasvillisuus alkaa haitata kulotusta varsinkin vanhemmilla aloilla, mutta toisaalta taas kipinöinnin aiheuttama riski palon karkaisesta ympäröiviin alueisiin pienenee samasta syystä (Kallela suullinen ja Rissanen suullinen). Loppukesällä kulotettavan alueen kuivuminen on heikompaa pitenevien ja kosteiden öiden takia (Kallela suullinen).

5.3.3 Kellonaika

Kulotus voidaan aloittaa turvallisesti vasta sitten, kun tuuliolosuhteet ovat iltapäivällä vakiintuneet. Kun kulotus aloitetaan iltapäivällä, on aamukaste

ehtinyt haihtua ja alue kuivua päivän ajan, jolloin se on iltapäivällä kuivimillaan. Kolehmainen (1951) mukaan kulotukselle sopivin kellonaika on klo 13:sta eteenpäin, mutta nykyiset käytännön ohjeet suosittelevat hieman myöhempää ajankohtaa kulotuksen aloittamiseen. Kulotusta ei kannata aloittaa ennen klo 14 - 15 turvallisuussyistä, ja sopiva aloitusaika jatkuu aina klo 20 asti (Rissanen suullinen, Tamminiemi suullinen). Useimmiten kulotus pyritään aloittamaan klo 16 - 18 (Heikkilä suullinen, Kallela suullinen, Levula suullinen ja Rissanen suullinen). Kovin suuria aloja ei kannata alkaa kulottaa myöhään, koska polttovaihe olisi hyvä saada loppuun ennen yötä (Höglund suullinen). Illalla kulotettaessa, kun polttovaihe saadaan päätökseen noin puolilta öin, polton loppuvaiheiden ja jälkisammutuksen toteutus helpottuu ilman lämpötilan laskiessa ja kosteuden lisääntyessä sekä sään ollessa tyyni (Rissanen suullinen).

5.4 Polttoajankohdan olosuhteet

5.4.1 Säätila

Sääennusteiden kehittyminen melko luotettaviksi koskien useiden vuoro-kausien jaksoja on helpottanut jonkin verran kulotuspäivän määrittämistä ennakkoon. Ilmatieteen laitokselta on tilattavissa paikallisia täsmäennusteita, jotka ennustavat sään muutokset muutamien seuraavien tuntien aikana. Kulotuspäivän sään tulisi olla aurinkoinen ja kohtalaisen tyyni (Kolehmainen 1951 ja Heikkilä suullinen). Kovalla tuulella ja pitkien kuivakausien aikana ei pitäisi turvallisuussyistä kulottaa lainkaan. Keväällä kulotettaessa ennen polttoa pitäisi kuitenkin olla vähintään kolme sateetonta päivää (Rissanen suullinen). Tasainen, heikohko samasta suunnasta puhaltava tuuli on alueen kuivumisen kannalta parempi kuin täysin tyyni ilma. Normaaliolosuhteissa tuulen suunta ja voimakkuus vakiintuvat iltapäivällä. Kovaa ja puuskittaista tuulta ei kulotuspäivänä saisi olla (Kallela suullinen). Täysin tyynellä ilmallakaan ei saa kulotusta aloittaa, koska tuuli saattaa alkaa puhaltaa mistä suunnasta tahansa. Kulotusta seuraavaksi päiväksi ei saisi olla luvassa kovaa tuulta (Höglund suullinen). Vasta suunniteltuna kulotuspäivänä tiedetään, onko kulotus mahdollista suorittaa, sillä sääolosuhteet voivat muuttua hyvin nopeasti ja suuret paikalliset säämuutokset ovat mahdollisia. Keskipäivän aikoihin taivaalle ilmestyvät kumpupilvimuodostelmat ovat merkki tulevasta säämuutoksesta, eikä kulotuksen aloittaminen ole turvallista (Rissanen suullinen).

Tuulen nopeuden kasvaessa vaara tulen karkaamisesta kasvaa. Puuskittainen tai vaihtelevista suunnista puhaltava tuuli on erityisen vaarallinen kulotustilanteessa, koska tulen käyttäytyminen on tällaisissa olosuhteissa arvaamaton. Kulotuspäivän tuuliolosuhteisiin on kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta vaaratilanteilta vältyttäisiin. Franssilan (1958) mukaan tuulen nopeuden pitäisi kulotettaessa olla alle 5 m/s. Levula (suullinen) suosittelee, ettei tuulen nopeus saisi ylittää 4 m/s ja Höglundin (suullinen) mukaan ylärajana on 5 - 6 m/s. Jos kulotettavan alueen lähellä on rakennuksia tai helposti syttyvä alue, tuulen suunnan pitäisi olla niistä poispäin. Mikäli kulotettavan alueen muoto on pitkänomainen, tällöin tuulen suunnan tulisi olla pitkän sivun

suuntainen. Kulotusalueella tuuliolosuhteiden seuraamista helpottaa tuuliviiri, joka on pystytettävä alueen korkeimmalle kohdalle. Tuuliviiriksi kelpaa pitkä seiväs, jonka päähän on kiinnitetty esimerkiksi 1,5 - 2 m:n pituisia kuitunauhan pätkiä.

5.4.2 Hakkuutähteiden ja humuskerroksen kosteus

Hakkuutähteiden ja humuskerroksen on oltava riittävän kuivia palaakseen kunnolla. Kosteuden mittaaminen hakkuutähteistä ja humuskerroksesta on melko hankalaa, ja käytännössä kuivuusasteen määrittely tapahtuukin lähinnä aistinvaraisesti, käsin tunnustelemalla ja katselemalla. Käytännön havaintojen mukaan kulotuksen kannalta ei juuri koskaan ole liian kuivaa, tilanne on usein päinvastainen. Aistinvaraisen kuivuusasteen arvioimisen lisäksi usein käytetään suuntaa-antavana apuvälineenä metsäpaloindeksiä. Metsäpaloindeksi perustuu laskentamalliin, joka arvioi puoliavoimen puutoman maaston, kuten avohakkuualueen humuksen pintakosteutta säähavaintojen perusteella. Kosteuden määrä on sovitettu kuusiportaiseen asteikkoon, jossa indeksiluvun kasvaessa maaperän kosteus pienenee ja siten metsäpaloariski kasvaa. Metsäpalovaroitus annetaan, kun indeksiluku nousee arvoon 4 tai sen yli. Taulukossa 4 esitetään metsäpaloindeksin ja kosteuspitoisuuden arvojen sekä metsäpalovaroituksen voimassaolon vastaavuus eri kosteusluokissa. Metsäpaloindeksi päivitetään kesäkaudella kaksi kertaa päivässä ja indeksin arvot ovat katsottavissa Ilmatieteen laitoksen Webpalvelimelta osoitteesta <http://metsapalo.fmi.fi>. Monet pitävät metsäpalovaroituksen voimassaoloa jonkinlaisena edellytyksenä kulotuksen toteuttamiselle (Höglund suullinen, Kallela suullinen, Levula suullinen ja Tamminiemi suullinen). Metsäpalovaroitus annetaan alueellisesti, ja paikalliset olosuhteet voivat poiketa mitta-asemien olosuhteista, joten on tärkeää tehdä havainnot ja itse kulotettavan alueen tilasta.

TAULUKKO 4 Metsäpaloindeksin ja kosteuspitoisuuden arvojen sekä metsäpalovaroituksen voimassaolon vastaavuus eri kosteusluokissa (Ilmatieteen laitos)

Kosteustila	Varoitus voimassa	Indeksin arvo	Tilavuuskosteus
Hyvin kuivaa	kyllä	6,0	0,10
Kuivaa	kyllä	5,0-5,9	0,11-0,14
Kuivahkoa	kyllä	4,0-4,9	0,15-0,19
Kosteahkoa	ei	3,0-3,9	0,20-0,25
Kosteaa	ei	2,0-2,9	0,26-0,32
Hyvin kosteaa	ei	1,0-1,9	0,33

5.5 Polton esivalmistelut

5.5.1 Vedenottoaikkojen merkintä

Ennen kulotusta vedenottoaikat on merkittävä selkeästi maastoon. Lisäksi ne on merkittävä kulotusalueen karttaan, johon on myös merkitty kulotusalueen rajat.

5.5.2 Ilmoitukset kulotuksesta

Pelastustoimilaki (PTL 561/1999, 26 §) velvoittaa ilmoittamaan kulotuksesta ennakolta hätäkeskukselle. Ilmoitus on hyvä tehdä noin viikkoa ennen suunniteltua kulotuspäivää, ja apuna voi käyttää lomakepohjaa (liite). Loppullinen kulotuksen ajankohta ilmoitetaan hätäkeskukselle esimerkiksi puhelimitse. Paikalliselle paloviranomaiselle on myös hyvä ilmoittaa kulotuksesta, vaikkakaan se ei ole pakollista. Lisäksi rajanaapureille ja muille asiansaisille tulisi ilmoittaa kulotuksesta etukäteen sekä vielä kulotuspäivänä.

5.5.3 Linnunpesien ja muurahaispesien suojaus

Ennen kulotusta alue tulee tarkastaa metsäkanalintujen pesien löytämiseksi. Mikäli pesiä löytyy, ne tulee suojata mahdollisuuksien mukaan. Jos pesä sijaitsee reunan lähellä, se voidaan jättää poltettavan alueen ulkopuolelle. Jos pesä löytyy keskemältä, se täytyy suojata muulla tavoin. Pesän ympäriltä poistetaan palava aines noin 6 metrin säteellä ja pesäkuoppa suojataan peittämällä munat kuivalla sammalkerroksella, joka peitetään märillä rakkasammalilla (Kolehmainen 1951). Pesän ympärillä oleva puhdistettu alue kastellaan perusteellisesti ennen polttoa, mutta itse pesän kastelua tulee välttää. Pesän suojaukset tulee poistaa mahdollisimman nopeasti polton jälkeen ja pesäaluetta voi lisäksi naamioida palamattomilla risuilla. Jos lähettyviltä kulotettavan alueen ulkopuolelta löytyy saman lajin toinen linnunpesä, munat kannattaa siirtää sinne toisen emon haudottavaksi. Säätettävät muurahaispesät suojataan periaatteessa samalla tavalla kuin linnunpesät, mutta jälkinaamiointia ei tarvita.

5.5.4 Sammutuskaluston järjestely ja testaus

Pumppu- ja letkukalusto kannattaa tuoda paikalle ja saattaa toimintakuntoon hyvissä ajoin kulotuspäivänä. Pumppu tai pumpput saatetaan toimintakuntoon vedenottoaikalalle ja pääjohto ja työjohdot selvitetään. Pumppuasemalle varataan riittävästi polttoainetta pumppua varten sekä varapumppu tuodaan paikalle. Lisäksi paikalla on oltava myös varaletkuja rikkoutumisen varalta. Sammutuskaluston ja viestivälineiden toimivuus testataan käytännössä ennen sytyttämistä.

5.5.5 Tuuliviirien paikoilleen vieminen

Tuuliviiri helpottaa tuulensuunnan ja -voimakkuuden havainnointia. Ennen sytytystä tehdään yksi tai kaksi tuuliviiriä kiinnittämällä muutaman metrin pituisen seipään päähän 1,5 - 2 m:n mittaisia nauhoja. Kuitunauha sopii tar-

koitukseen hyvin. Tuuliviiri viedään näkyvälle paikalle alueen korkeimmalle kohdalle. Jos alue on niin suuri, että tarvitaan kaksi viiriä, ne sijoitetaan alueen eri puolille.

5.5.6 Palokujien kastelu

Palokujia voidaan kastella jo etukäteen hieman ennen sytyttämistä. Tuulen alapuolella olevia kulotettavan alueen ulkopuolisia alueita kannattaa myös kastella, mikäli niissä on herkästi syttyvää materiaalia. Palokujien kastelua jatketaan sytytyksen aikana, jolloin sytyttäjän edellä ja perässä kulkee sammuttaja.

5.6 Polttotekniikat

5.6.1 Yleistä

Kulotukseen on kehitetty palon leviämismalleja hyväksikäyttäen erilaisia sytytystekniikoita. Eri sytytystekniikoilla pystytään säätämään tulen happensaantia, palavan aineksen palamisastetta ja tulen intensiteettiä (Hawkes ym. 1990). Toisaalta palamistulosta voidaan säädellä myös kulotusolosuhteilla. Kulottaja voi valita sopivan tason kulotusolosuhteille, esimerkiksi kosteudelle ja tuulelle kulotettavan alueen ominaisuuksia silmälläpitäen ja edelleen valita polttotekniikan, jolla parhaiten saavutetaan kulotuksen tavoitteet. Tavoitteisiin pyritään minimoimalla polttoaika ja kustannukset ja estämällä ympäristöön kohdistuvat haitalliset vaikutukset mahdollisimman tehokkaalla tavalla (Karjalainen 1994). Polttotekniikoissa hyödynnetään joko yhtä tai useampaa palon leviämismallia. Useimmat seuraavassa esiteltävistä polttotekniikoista ovat amerikkalaisia sovellutuksia, joita ei ainakaan toistaiseksi ole käytetty meillä.

5.6.2 Vastatulitekniikka

Vastatulitekniikassa tuli sytytetään poltettavan alueen reunaan raivatulta palokujalta tai muulta turvalliselta rajalta, kuten tieltä (Mobley ym. 1978). Alueelle raivataan 200 - 400 metrin välein palokujia tuulen suuntaa vastaan, joiden reunasta palo sytytetään lähes yhtä aikaa sen jälkeen, kun ensimmäinen kaistale tuulen alta on poltettu (Mobley ym. 1978). Tuulennopeuden vaihtelulla ei ole suurta merkitystä tulen etenemisnopeuteen vastatulesa (Mobley ym. 1978). Suositeltava tuulennopeus on 2 - 5 m/s (Karjalainen 1994). Normaalisti vastatuli etenee noin 20 - 60 metriä tunnissa (Mobley ym. 1978). Vastatulitekniikka on luultavasti helpoin ja turvallisin kulotustekniikka, mikäli tuulen suunta ja nopeus ovat tasaiset (Mobley ym. 1978). Vastatulitekniikalla poltto on melko hidasta ja kulotettavalle alueelle raivattavat palokujat nostavat sen kustannuksia (Mobley ym. 1978). Vastatulitekniikkaa käytettäessä jäävälle puustolle aiheutuvat vauriot jäävät yleensä pieniksi, koska tulen intensiteetti on matala ja liekkien korkeus on pieni (Mobley ym. 1978). Tekniikkaa voidaan käyttää myös raskaan palavan aineksen polttoon (Mobley ym. 1978).

5.6.3 Kaistalemyötätulitekniikka

Kaistalemyötätulitekniikassa kulotettava alue poltetaan kaistaleittain siten, että ensimmäinen kaistale tuulen alapuolella poltetaan vastatuuleen ja seuraavat kaistaleet, joiden leveys on noin 20 - 60 metriä poltetaan myötätuuleen (Mobley ym. 1978). Kaistaleiden leveyttä säätelemällä voidaan vaikuttaa tulen voimakkuuteen ja suuntaa säätelemällä voidaan reagoida pieniin tuulen suunnan muutoksiin (Mobley ym. 1978). Kaistalemyötätulitekniikassa sytytys on nopeaa ja hyvissä olosuhteissa savun hälveneminen on tehokasta (Mobley ym. 1978). Kaistalemyötätulitekniikka on nopea menetelmä suurtenkin alueiden kulottamiseen, ja se sallii melko suuren ilman suhteellisen kosteuden (40 - 60 %) ja palavan aineksen kosteuden (10 - 20 %) (Mobley ym. 1978). Tekniikka on myös suhteellisen joustava, polttolinjojen kulmaa voidaan muuttaa jopa 45°. Tuulen alapuolelle ensiksi poltettavan kaistaleen on oltava riittävän leveä, jotta tuli ei karkaa kulotuksen aikana. Tulirintamien yhtyessä liekkien korkeus kasvaa ja mikäli alueella on puustoa, latvusten kärventyminen on mahdollista (Mobley ym. 1978).

5.6.4 Sivutulitekniikka

Sivutulitekniikassa alue poltetaan linjoittain vastatuuleen (Mobley ym. 1978). Tekniikkaa käytetään melko usein muiden menetelmien yhteydessä, kun varmistetaan kulotettavan alueen reunoja (Mobley ym. 1978). Sivutulitekniikan käyttö vaatii melko paljon tietoa tulen käyttäytymisestä varsinkin, jos alue kulotetaan yksinomaan sitä hyväksikäyttäen (Mobley ym. 1978). Menetelmä on käytännöllinen pieniä alueita poltettaessa, joilla on melko vähän (alle 20 t/ha) hakkuutähteitä (Mobley ym. 1978). Sivutulitekniikkaa käytettäessä tuulen suunnan pitäisi pysyä samana, ja se vaatii sytytyksen tarkkaa koordinoitua ja ajoitusta (Mobley ym. 1978).

5.6.5 Laikkutulitekniikka

Laikkutulitekniikka vaatii kulottajalta suurta huolellisuutta ja kokemusta (Mobley ym. 1978). Menetelmässä poltetaan ensin kaistale tuulen alapuoliossa reunassa vastatuuleen, jonka jälkeen alueelle sytytetään sarja pistepaloja, jotka leviävät kaikkiin suuntiin, kunnes yhtyvät toisiinsa (Mobley ym. 1978). Palavan aineksen tulisi olla melko tasaisesti jakautunut kulotettavalle alueelle (Mobley ym. 1978). Sytytyspisteitä ei saisi sijoittaa 40 - 60 m lähemmäksi toisiaan, jotta ei syntyisi liian voimakkaita palovyöhykkeitä; mutta sytytyspisteitä ei saa sijoittaa liian kauaksikaan toisistaan, etteivät yksittäiset pistepalot muodostaisi nopeasti eteneviä omia tulirintamia (Mobley ym. 1978). Laikkutulitekniikkaa voidaan käyttää kevyen ja suunnaltaan vaihtelevan tuulen vallitessa, ja taitava kulotusryhmä voi käsitellä laajan alueen lyhyessä ajassa tekniikkaa hyödyntäen (Mobley ym. 1978).

5.6.6 Ympyräsytytystekniikka

Ympyräsytytystekniikka on käytännöllinen avohakkuualueilla, joissa tarvitaan suhteellisen kuumaa paloa hakkuutähteen polttoon (Mobley ym. 1978). Kuten muissakin polttotekniikoissa, myös ympyräsytytystekniikassa

poljetaan alueen reunaan tuulen alapuolelle kaistale vastatulen tai sivutulen avulla (Mobley ym. 1978). Kun alueen reunakaistale on varmistettu, alue sytytetään reunoiltaan tuleen (Mobley ym. 1978). Usein kevyen tuulen valitessa alueen keskelle sytytetään yksi tai useampia pistepaloja, jotka vetävät reunojen liekkirintamia keskustaa kohti (Mobley ym. 1978). Ympyräsytytystekniikka ei ole kovin riippuvainen sääolosuhteista, mutta se muodostaa helposti voimakkaita nousevia ilmavirtauksia, jotka voivat aiheuttaa pistepaloja kulotettavan alueen ulkopuolelle (Mobley ym. 1978). Suomessa ympyräsytytystekniikka on lähes ainoa käytössä oleva polttotekniikka (Karjalainen 1994).

Käytännössä Suomessa käytetään ympyräsytytyksen tyyppistä polttotekniikkaa, jossa tuli sytytetään tuulen alapuolelta ja ensin rauhallisesti poljetaan tuulen alle kaistale, jonka jälkeen sytytys etenee tasatahtia molempia reunoja pitkin vastatuuleen siten, että tulirintamasta muodostuu hevosenkengän muotoinen (Heikkilä suullinen, Höglund suullinen, Kallela suullinen, Kolehmainen 1951, Levula suullinen ja Rissanen suullinen). Tärkeää on, että alkuvaiheessa sytytys tapahtuu hitaasti, jotta tuulen alle ehtii muodostua riittävän leveä varmistettu alue. Usein aluetta tarvitsee sytyttää myös sisäpuolelta, mikäli tuli ei etene halutulla tavalla joka kohdassa. Nykyisin tämä on tavanomaista hakkuutähteiden tiivistymisen ja epätasaisen jakautumisen vuoksi. Kun alueesta on suurin osa palanut, tulirintamat vedetään tuulen päällä yhteen, jolloin tuli etenee jonkin matkaa myös myötätulena (Heikkilä suullinen, Kallela suullinen, Kolehmainen 1951, Levula suullinen, Rissanen suullinen ja Tamminiemi suullinen). Alueesta on oltava palanut vähintään puolet, ennen kuin tuli voidaan sytyttää tuulen yläpuolelta (Kallela suullinen). Liian aikaisin tuulen yläpuolelta sytytetty tuli leviää helposti rajojen yli, ja lisäksi myötätuli etenee nopeasti ja kulotusjälki on epätasainen (Rissanen suullinen). Hitaasti etenevä vastatuli on tuloksen kannalta parempi, joten alueesta tulisi olla palanut 3/4 tai 4/5 (Levula suullinen). Kun tulirintama saatetaan ympyräksi, muodostuu voimakas imu alueen keskustaa kohti, jolloin kipinöitä ei enää lennä tuulen alapuolelle (Heikkilä suullinen).

Kolehmaisen (1951) ohjeiden mukaan tuli sytytetään tuulen alapuolelta ja johdetaan hitaasti vastatuuleen hevosenkengän muotoisena rintamana kahden sytytysryhmän avulla. Tuulen alapuolella oleva reuna on poltettava ensiksi huolellisesti ja vasta sitten ryhmät voivat lähteä kiertämään aluetta pyrkien saamaan tulirintamalle mahdollisimman nopeasti hevosenkengän muodon (Kolehmainen 1951). Rintaman sakaroita pyritään kuljettamaan suurin piirtein samalla korkeudella, sillä sakarat toimivat vastatulien tavoin vetäen toisiaan puoleensa ja helpottavat siten tulen hallintaa (Kolehmainen 1951). Mäkisessä maastossa ylempänä etenevän sytytysryhmän on kuljettava nopeammin, jotta palorintama pysyisi hevosenkengän muotoisena, koska palo etenee ylärinteeseen nopeammin (Kolehmainen 1951). Polton loppuvaiheessa sytytysryhmien on vedettävä hyvissä ajoin tulirintaman sakarat kiinni, jotta tuli ehtii edetä tuulen myötäisestikin jonkin matkaa (Kolehmainen 1951).

5.6.7 Säteittäinen sytytystekniikka

Säteittäinen sytytystekniikka on suunniteltu käytettäväksi mäkisessä maastossa (Mobley ym. 1978). Sytytys pitäisi aloittaa alueen korkeimmalta kohdalta ja sytytyslinjat vedetään samanaikaisesti linjoittain alaspäin (Mobley ym. 1978). Menetelmä hyödyntää periaatteessa sivutulitekniikkaa, mutta sillä erotuksella, että sytytyslinjat eivät ole samansuuntaisia (Mobley ym. 1978).

5.6.8 Kasoissa polttaminen

Hakkuutähteiden kasoissa polttaminen ei varsinaisesti ole kulotusta, mutta se on kuitenkin hyvin käyttökelpoinen menetelmä hakkuutähteiden polttamiseksi. Kasoissa polttamalla voidaan polttaa suuria määriä hakkuutähteitä turvallisesti (Karjalainen 1994). Kasat sytytetään tavallisesti ympäri kiertämällä (Mobley ym. 1978). Hakkuutähteiden polttaminen kasoissa aiheuttaa korkeita palamislämpötiloja, ja suuriläpimittainenkin hakkuutähte, joka tavallisesti sisältää paljon kosteutta, palaa perusteellisesti (Mobley ym. 1978). Kasoissa ei hapensaanti ole tehokkaan palamisen kannalta riittävää, jonka seurauksena kasat palavat ja kytevät pitkään, mikä tuottaa paljon savua ja vaikeuttaa sammutusta (Mobley ym. 1978). Savun hälvenemisen kannalta ei kasoissa polttamista pitäisi tehdä tyynellä säällä, sillä kasoissa polttaminen tuottaa eri polttotekniikoista eniten savua (Mobley ym. 1978). Hyvä aika kasoissa polttamiselle on syksyllä tai aikaisin keväällä eikä se ole niin säistä riippuvaista kuin normaali kulotus.

5.6.9 Puukeskinen laikkusytytystekniikka

Puukeskistä laikkusytytystekniikkaa, joka on laikkutulitekniikan muunnelma, käytetään yhdessä vastapolton ja kaistalemyötäpolton kanssa siemenpuualojen kulotuksessa (Weatherspoon ym. 1989). Puukeskisessä laikkusytytystekniikassa sytytetään tuulen alapuolelta vastatuli, jonka etupuolella tietyn levyisellä kaistaleella sytytetään pistepaloja siemenpuiden alla sytyttämällä tuli puun tyven ympäri (Weatherspoon ym. 1989). Kaistaleen leveyttä muuttamalla voidaan säädellä liekkien korkeutta tulirintamissa; leveyttä pienennetään alueella, jossa palava aines on helpommin syttyvää, siemenpuut ovat pieniä tai tiheässä, ja jos edellisessä kaistaleessa liekit ovat nousseet liian korkeiksi, eli tilanteissa, joissa halutaan liekkien pysyvän matalampina (Weatherspoon ym. 1989).

Kun tuli sytytetään siemenpuiden alta, ei liekkien korkeus ehdi nousta puun latvuksen alla niin korkeaksi, että se vahingoittaisi puuta vakavasti (Weatherspoon ym. 1989). Liekkien korkeus ja tulen intensiteetti ovat suurimmillaan, kun liekkirintamat yhtyvät toisiinsa siemenpuiden välissä avoimessa tilassa, jossa korkeista liekeistä ei todennäköisesti ole puustolle vaaraa (Weatherspoon ym. 1989). Tekniikkaa käytettäessä tuulennopeuden pitäisi olla pieni, jotta latvustovaurioilta vältyttäisiin (Weatherspoon ym. 1989).

5.7 Tulen hallinta

Tuntemalla tulen käyttäytymisen perusteet on tulen hallinta helpompaa ja voidaan ennakoida palon eteneminen ja ehkäistä mahdolliset vaaratilanteet. Jo alueen rajauksessa tulisi ottaa palon käyttäytyminen huomioon siten, että alue palaisi ”itsestään”, ulkopuolelle leviämättä (Kallela suullinen). Oikein suunnitellussa kulotuksessa, jos olosuhteet pysyvät vakaina, tulta voidaan hallita pelkästään sytytyksen nopeutta säätelemällä. Kulotuksessa polton pitäisi olla hallittua alusta loppuun saakka.

Perinteisellä tavalla kulotettaessa kulotuksen vaarallisin vaihe on yleensä tuulen alapuolisen osan polttaminen. On tärkeää, ettei tässä vaiheessa kiihkeitä, annetaan tuulen alapuolisen reunan palaa hitaasti ja rauhallisesti riittävän leveältä alueelta ennen kuin sytyttäjät lähtevät etenemään alueen reunoja myöten (Levula suullinen). Kun perinteisessä kulotuksessa tulta kuljetetaan hevosenkengän muotoisessa tulirintamassa vastatuuleen, on tärkeää, että tulirintaman sakarat ovat suunnilleen samalla kohdalla molemmin puolin. Erityisesti kapeita kaistaleita kulotettaessa tämä on tärkeää, koska sakarat toimivat vastatulien tavoin vetäen toisiaan puoleensa (Kolehmainen 1951). Tulen hallinta on tällöin helppoa ja karkaamisen vaara pieni. Mäki-ssä maastossa kulotettaessa on korkeammalla työskentelevän sytytysryhmän kuljettava edellä, koska tuli etenee ylämäkeen nopeasti ja voi helposti mennä rajan yli ellei alamäkeen etenevä tulirintama ole ehtinyt polttaa riittävän leveää kaistaletta.

Jos kulotettava alue on hyvin leveä, eivät alueen reunoilta sytytetty tulirintamat vedä toisiaan puoleensa, vaan käyttäytyvät kuin kaksi erillistä tulta. Tällaisessa tapauksessa alue voidaan polttaa sivutuliteknikalla, jossa myös alueen keskelle tehdään yksi tai useampi sytytyslinja vastatuuleen (Höglund suullinen). Tulirintamat ovat tällöin lähempänä toisiaan ja vetävät toisiaan puoleensa alueen keskiosia kohti, jolloin tulen leviäminen kulotusalueen ulkopuolelle on epätodennäköisempää.

Jos hakkuutähteet eivät pala kunnolla, voidaan kulotettavalle puolelle huonosti etenevän tulirintaman eteen, noin 5 - 10 m:n etäisyydelle sytyttää ”houkutustuli”, joka ilmavirtausta aiheuttamalla voimistaa kulotustulta (Kolehmainen 1951). Nykyisten hakkuumenetelmien takia lisäsytytystä tarvitaan lähes aina.

Vaarallinen tilanne syntyy, jos tuulen suunta kääntyy yht’äkkiä päinvastaiseksi. Vastatuuleen hitaasti edennyt tuli muuttuukin voimakkaaksi ja nopeasti eteneväksi myötätuleksi, joka voi helposti ylittää palokujan. Tällaisessa tapauksessa on mahdollisimman nopeasti kierrettävä tulirintama yhteen, jotta saadaan aikaan vastatuli, joka pysäyttää myötätulien etenemisen (Heikkilä suullinen). Tulta voidaan myös ryhtyä sammuttamaan tuulen yläpuolelta, mikäli se jostain syystä muuttuu hallitsemattomaksi (Rissanen suullinen). Kulotusalueella, jossa ei ole latvapalon mahdollisuutta, maatulen sammutus tuulen yläpuolelta on usein paljon helpompaa ja nopeampaa kuin maatulen

sammutus tuulen alapuolelta savun seassa. Varotoimenpiteenä on myös tuulen alapuolella säilytettävä sammutusvalmius koko polton ajan.

Kulotus tulisi pystyä suunnittelemaan ja toteuttamaan niin hyvin, ettei polton aikana varsinaista kulotustulen hallintaa tarvitse tehdä sammutuskalustolla, vaan sammuttajat varmistavat kulotusalueen rajat ja sammuttavat mahdolliset kipinän aiheuttamat palopesäkkeet.

6 SAMMUTUS JA JÄLKIVARTIOINTI

Sammutus aloitetaan jo polton aikana ja sitä tehdään aktiivisesti koko ensimmäinen yö, jolloin kaikki sammutuskalusto on vielä paikalla. Tuulen alapuolella kulotetun alueen kastelu aloitetaan heti, kun savuolosuhteet antavat myöten. Yöaikaan sammutus on helpompaa yökasteen ja matalamman lämpötilan ansiosta ja lisäksi kytevät palopesäkkeet on helpompi havaita. Sammutustyö aloitetaan alueen reunoilta ja edetään keskustaa kohti (Kolehmainen 1951). Kytevät palopesäkkeet pyritään systemaattisesti ja perusteellisesti sammuttamaan vedellä. Esimerkiksi tervaskannot ja maapuut kytevät pitkään ja niiden sammuttaminen on hankalaa. Suojaamistoimista huolimatta syttyneet muurahaispesät ja hajotettujen pesien mahdollisesti kytevät pohjat sammutetaan voimakkaalla vesisuihkulla.

Ensimmäinen vuorokausi edellyttää jatkuvaa läsnäoloa kulotuspaikalla, jotta tulen uudelleen syttyminen saataisiin estettyä (Kallela suullinen). Kulotusta seuraava aamupäivä on vaarallisinta aikaa tulen uudelleen syttymiselle, mikäli aamu on lämmin ja tuulinen (Rissanen suullinen). Sammutuksen jälkeen kulotettu alue vaatii silmälläpitoa ja sammutuskalustoa pitäisi olla paikalla useampia vuorokausia (Kallela suullinen). Niin kauan, kun alueelta nousee savuja, kulotuspaikalla pitäisi olla jatkuva valvonta (Rissanen suullinen). Kun savuja ei enää näy, voidaan valvonta siirtää tarkastuskäynteihin. Jälkivartiointia tulisi jatkaa seuraavaan kastelemaan sateeseen saakka.

Sammutustyö tulisi tehdä perusteellisesti, eikä jälkivartioinnissa saisi tapahtua laiminlyöntejä, koska suurin osa kulotuksesta syttyneistä metsäpaaloista on aiheutunut riittämättömästä jälkisammutuksesta ja -vartioinnista.

7 KULOTUKSEN KUSTANNUKSET

7.1 Nykyiset kustannukset

Kulotuksen kustannukset riippuvat paljon kulotettavan kohteen ominaisuuksista, kuten maastosta ja alueen koosta sekä palkatun työvoiman määrästä. Muodoltaan sokkeloiset alueet aiheuttavat kulotuksessa lisäkustannuksia. Useimmiten kulotuksen lisäksi alueelle on tehtävä kevyt maanmuokkaus, joka myös lisää kustannuksia. Vuoden 1999 hehtaarikohtaiset kulotuskustannukset vaihtelivat 1 100 – 3 000 mk:n välillä. Keskimääräinen kulotuskustannus hehtaaria kohti oli noin 2 000 mk. Tähän summaan tulee lisäksi vielä maanmuokkaukuskustannus, joka äestystä käytettäessä on noin 700 mk/ha.

7.2 Kemera-tuki

Yksityisellä sektorilla valtio tukee kulotusta kestävänsä metsätalouden rahoituslain perusteella, mikäli tietyt ehdot täyttyvät. Jotta kulotushankkeelle voi saada tukea, on kulotuksen toteuttajan huolehdittava siitä, että kulotusta varten on otettu tarvittava vakuutus (Kemera 2000). Vakuutusten aiheuttamat menot korvataan laskun perusteella kokonaisuudessaan. Lisäksi kulotushankkeen koon tulee olla vähintään kaksi hehtaaria tuen saamiseksi (Kemera 2000). Tukea varten kulotushankkeesta laaditaan tarvittaessa kulotussuunnitelma, josta ilmenee kulotusvakuutuksen järjestäminen sekä vedenottoa paikkojen sijainti (Kemera 2000). Kulotussuunnitelman laadinnasta aiheutuneita kustannuksia valtio korvaa enintään 400 mk + 20 mk/ha (Kemera 2000). Valtion tuki kulotuksen toteuttamiskustannuksiin on I-vyöhykkeellä 50 % ja II-vyöhykkeellä 60 % (Kemera 2000). Tuki määräytyy Maa- ja metsätalousministeriön määrittelemästä keskimääräisestä toteuttamiskustannuksesta, joka kulotukselle on 2 200 mk/ha (Kemera 2000). Kulotuksesta on myös laadittava toteutusselvitys, josta on käytävä ilmi kulotuksen laajuus ja työmäärät sekä muut myönnettävän rahoituksen määrään ja toimenpiteen rahoituskelpoisuuteen vaikuttavat seikat (Kemera 2000). Toteutusselvityksen laadintaan saa myös tukea, jonka suuruus on enintään 100 mk + 20 mk/ha (Kemera 2000). Toteutusselvitys on toimitettava rahoitushakemuksen kanssa metsäkeskukselle kahden kuukauden kuluessa kulotushankkeen toteuttamisesta (Kemera 2000).

7.3 Vakuutukset

Valtion tuella tehtävissä kulotuksissa asianomaiset vakuutukset kuuluvat tuen saamisehtoihin. Kaikissa tapauksissa kulottajan oma metsä kannattaa vakuuttaa kulotettaessa tapahtuvan palovahingon varalta. Suositeltavaa on myös ottaa vastuuvakuutus, joka korvaa muiden omaisuudelle aiheutuneet vahingot. Jos kulottajan omaa metsää tuhoutuu kulotuksen seurauksena, niin kulottajan oma metsävakuutus korvaa vahingon, ellei kysymyksessä ole vakuutuksenottajan törkeä huolimattomuus tai tahallisuus (Kokko suullinen). Jos palovahingossa tuhoutuu naapurin metsää tai muuta omaisuutta, kulottajan ottama vastuuvakuutus korvaa aiheutuneet vahingot, ellei kyseessä ole törkeä huolimattomuus tai tahallisuus (Kokko suullinen). Vaihtoehtoisesti naapurin oma metsävakuutus voi korvata aiheutuneet vahingot. Tällöin kuitenkin naapurille korvauksen maksanut vakuutusyhtiö voi jälkikäteen vaatia kulottajan vastuuseen, jos kulottaja oikeuden mukaan on korvausvastuullinen (Kokko suullinen).

Vakuutusten sisällöt vaihtelevat hieman vakuutusyhtiöittäin, joten kannattaa ottaa etukäteen tarkasti selvää, minkälaisissa tapauksissa vakuutus korvaa mitään ja millaisissa tapauksissa vakuutus ei korvaa vahinkoa. Useimmiten vakuutusehdoissa on minimivahingon määrä, jota pienempiä vahinkoja ei korvata. Lisäksi vaihtelua voi esiintyä esimerkiksi jälkivartiointikulujen korvaamisessa.

8 KULOTUKSEEN LIITTYVÄ LAINSÄÄDÄNTÖ

Pelastustoimilaki (PTL 561/1999) sisältää tiettyjä velvoitteita kulotusta koskien. Seuraavassa on listattu pelastustoimilain ja -asetuksen kulotukseen ja metsäpalona sammutukseen liittyvät kohdat.

Pelastustoimilaki (561/1999):

6 § Muiden viranomaisten tehtävät

... Metsähallitus on velvollinen antamaan pelastusviranomaisille asiantuntija-apua metsäpalojen torjunnassa ja varautumaan omatoimisesti hallinnassaan olevalla valtion maalla tapahtuvien metsäpalojen ehkäisyyn ja torjuntaan yhteistyössä pelastusviranomaisten kanssa. ...

25 § Avotulen teko

Nuotiota tai muuta avotulta ei saa sytyttää metsään tai sen läheisyyteen, jos olosuhteet ovat kuivuuden tai muun syyn takia sellaiset, että metsäpalon vaara on ilmeinen.

Avotulta ei saa tehdä toisen maalle ilman lupaa, jollei siihen ole pakottavaa tarvetta.

Metsämaalla saadaan kuivanakin aikana suorittaa kulotus erityistä varovaisuutta noudattaen metsäammattilaisen valvonnassa.

26 § Kulotuksesta ilmoittaminen

Metsämaan kulotuksesta ja muustakin kulotuksesta on ennakolta ilmoitettava hätäkeskukselle.

49 § Jälkiraivaus ja vartiointi

Tulipalon jälkiraivauksesta ja -vartioinnista on kohteen omistaja tai haltija velvollinen huolehtimaan sen jälkeen, kun tilanne ei enää vaadi palokunnan toimenpiteitä. Ajankohdan ratkaisee pelastustoiminnan johtaja.

Jos kohteen omistajaa tai haltijaa ei tavoiteta tai nämä eivät huolehdi jälkiraivauksen ja -vartioinnin suorittamisesta, on pelastustoiminnanjohtajalla oikeus teettää välttämättömät toimenpiteet omistajan tai haltijan kustannuksella.

73 § Metsä- ja maastopalojen sammutuskustannukset

Jos metsä- tai maastopalo on ulottunut useamman kuin yhden kunnan alueelle, maksaa sammutuskustannukset se kunta, jonka alueelta palo on saanut alkunsa, jollei toisin sovita. Muiden kuntien on korvattava viimeksi mainitulle kunnalle näistä kustannuksista osuutensa palaneen pinta-alan tai muun kohtuullisen perusteen mukaan.

82 § Rangaistukset

Joka

1) laiminlyö 23, 24, 26, 27, 30, 31 tai 37 §:ssä taikka 48 §:n 1 momentissa taikka mainittujen säännösten perusteella annetussa määräyksessä tarkoitettua velvoitteen taikka muutoin toimii mainituissa lainkohdissa tai niiden perusteella annetuissa määräyksissä asetettua velvoitteen vastaisesti tai

2) rikkoo 25 §:ssä tai 48 §:n 3 momentissa tarkoitettua kieltoa, on tuomittava, jollei teosta muualla laissa säädetä ankarampaa rangaistusta, pelastusrikkomuksesta sakkoon.

9 KIRJALLISUUS

- Aalto-Kallonen, T., Janhonen, T. ja Kallela, K.** 1990. Metsän uudistaminen. Valtion painatuskeskus. Helsinki. 177 s.
- Andrews, P. L. ja Rothermel, R. C.** 1982. Charts for interpreting wildland fire behavior characteristics. General Technical Report INT-131. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 21 s.
- Artsybashev, E. S.** 1985. Forest fires and their control. Russian translations series 15. A.A. Balkema/Rotterdam. 160 s.
- Borg, A.** 1931. Metsän kylvö ja istutus. Keskusmetsäseura Tapion käsi-kirjasia N:o 15. 45 s.
- Bradshaw, S.** 1993. Ground ignition systems: an equipment guide for prescribed and wild fires. United States Department of Agriculture. Forest Service. Technology & Development Program. 72 s.
- Brown, A. A. ja Davis, K. P.** 1973. Forest fire: control and use. Second edition. McGraw-Hill Book company. 686 s.
- Byl, M.** 1986. Kemiallisten kulontorjunta-aineiden käyttö kulotuksen apuvälineenä. Metsähallitus. Kehittämisjaosto. HIRVAS. N:o 8/86. 6 s.
- Chandler, C., Cheney, P., Thomas, P., Trabaud, L. ja Williams, D.** 1983. Fire in forestry. Volume I. Forest fire behaviour and effects. John Wiley & Sons. 450 s.
- Chandler, C., Cheney, P., Thomas, P., Trabaud, L. ja Williams, D.** 1983. Fire in forestry. Volume II. Forest fire management and organisation. John Wiley & Sons. 298 s.
- Cleary, B. D., Greaves, R. D. ja Hermann, R. K.** (toim.). 1978. Regenerating Oregon's forests. A guide for the regeneration forester. Fifth Printing 1988. Oregon State University Extension Service. Oregon. 287 s.
- Duryea, M. L. ja Dougherty, P. M.** (toim.). 1991. Forest regeneration manual. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht / Boston / London. 433 s.
- Forestry Suppliers, Inc. 2000. Catalog 51. Postimyyntikuvasto. 608 s.

- Franssila, M.** 1958. Kulovaaran ja säätekijöiden välisestä riippuvuudesta. Summary: The dependence of forest fire danger on meteorological factors. Suomalaisen Kirjallisuuden Kirjapaino Oy. Helsinki. 25 s.
- Hawkes, B. C., Feller, M. C. ja Meehan, D.** 1990. Site preparation: fire. Julkaisussa: Lavender, D. P., Parish, R., Johnson, C. M., Montgomery, G., Vyse, A., Willis, R. A. ja Winston, D. (Toim.). 1990. Regenerating British Columbia's forests. University of British Columbia Press.
- Heikkilä, T. V., Grönqvist, R., Jurvelius, M.** 1993. Handbook on forest fire control. Forestry training programme publication 21. National Board of Education of the Government of Finland. 239 s.
- Heikkilä, T., Jurvelius, M., Niemi, I., Nissinen, S., Soudunsaari, M ja Valtoaho, T.** 1999. Metsäpalot. Suomen pelastusalan keskusjärjestö. Tammer-Paino Oy. 129 s.
- Herranen, T. ja Tiuraniemi, K.** 1989. Kulotus- ja paloruiskut. Metsähallitus. Kehittämisjaosto. Seloste 10/89. 8 s. + liitt.
- Hörnsten, L., Nohlgren, E. ja Aldentun, Y.** 1995. Brand och bränning – en litteraturstudie. Stiftelsen Skogbrukets Forskningsinstitut. Redogörelse nr 9, 1995. 36 s.
- Joensuu, S. ja Kokkonen, J.** 1992. Metsätalouden vesiensuojelu. Metsäkeskus Tapio. 32 s.
- Karjalainen, J.** 1994. Tuli pohjoisissa havumetsissä ja metsänhoidollinen kulotus. Metsähallitus, kehittämisyksikkö. Tiedote 5/1994. 13 s.
- Karjula, M.** 1986. Marttiin kulotuslaitteen käyttökokeilut. Metsähallitus. Kehittämisjaosto. HIRVAS. 6 s.
- Kemera 2000. 2000. Kestävän metsätalouden rahoituslaki ja asetus sekä Maa- ja metsätalousministeriön määräykset. Pirkanmaan metsäkeskus. Opasvihko. 48 s.
- Kolehmainen, V. A.** 1951. Kulottajan opas. Keskusmetsäseura Tapio. 47 s.
- Kubin, E. ja Puustinen, M.** 1995. Kulotuksessa palavan hakkuutähteen ja humuksen määrä sekä niistä vapautuvat ravinteet. Julkaisussa: Poikolainen, J. ja Väärä, T. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Kuusamossa 1994. Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 552: 55-61.
- Kulotustoimikunnan mietintö. 1980. Komiteamietintö 1980:1. 80 s. + 22 s. liitt.

- Kumpare, T.** 1999. Palonestoaineen käyttö kulotuksen rajauksessa. Metsähallitus, kehittämissyksikön tiedote 5/1999. 3 s.
- Kurkela, T.** 1994. Metsän taudit. Metsäpatologian perusteet. Otatieto Oy. 320 s.
- Laakko, S.** 1996. Prescribed burning techniques used in the northern coniferous forest zone and techniques that could be developed for spot burning. Tapio. 32 s.
- Levula, J.** 1999. Kulotuksen vaikutus metsämaan ominaisuuksiin Kuller-vonkaskella. Metsämaatiiteen Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto. Metsäekologian laitos. 37 s.
- Levula, T.** 2000. Hakkuutähteet pitäisi levitellä metsään. Metsälehti n:o 10. 18.5.2000. s. 9.
- Luonnonläheinen metsänhoito. Metsänhoitosuosituksset. 1994. Metsäkeskus Tapion julkaisu 6/1994. 72 s.
- Martin, R. E. ja Dell, J. D.** 1978. Planning for prescribed burning in the Inland Northwest. USDA Forest Service General Technical Report. PNW 76.
- Martin, R. E.** 1990. Goals, methods, and elements of prescribed burning. Julkaisussa: Walstad, J. D., Radosevich, S. R. ja Sandberg, D. V. (toim.). 1990. Natural and prescribed fire in Pacific northwest forests. Oregon State University Press. 317 s.
- Metsälaki (1093/1996). Suomen säädöskokoelma.
- Metsänparannusohjeisto. 1993. Metsäkeskus Tapio.
- Mobley, H. E., Jackson, R. S., Balmer, W. E., Ruziska, W. E. ja Hough, W. A.** 1978. A guide for prescribed fire in southern forests. U.S. Department of Agriculture. Forest Service, Southeastern Area. Georgia. 40 s.
- Mälkönen, E.** 1976. Effects of whole tree harvesting on soil fertility. *Silva Fennica* 3: 157-164.
- Mälkönen, E.** 1993. Kontrolloitu tulen käyttö maan käsittelyssä. Julkaisussa: Piri, E. (toim.). Tuli metsän ekologisessa kierrossa. Metsäntutkimuslaitoksen 75-vuotisjuhlaretkeily Kolilla 7. - 8.6.1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 462: 15-18.

Mälkönen, E., Levula, T. ja Fritze, H. 1998. Kulotus maanhoidon menetelmänä. Julkaisussa: Mälkönen, E. (toim.). Ympäristömuutos ja metsien kunto. Metsien terveydentilan tutkimusohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 691: 224-227.

Pelastustoimilaki (561/1999). Suomen säädöskokoelma.

Smolander, A. ja Priha, O. 1998. Puulajivalinta. Julkaisussa: Mälkönen, E. (toim.). Ympäristömuutos ja metsien kunto. Metsien terveydentilan tutkimusohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 691: 219-221.

SMS 1002-1. Metsäsertifioinnin kriteeristö. 1998. Metsäsertifioinnin valmiusprojekti. Suomen metsäsertifiointijärjestelmän standardiluonnokset. 19.11.1998.

Vasander, H. ja Lindholm, T. 1985. Fire intensities and surface temperatures during prescribed burning. Seloste: Tulen voimakkuus ja maanpinnan lämpötila kulotuksen aikana. *Silva Fennica* 19(1): 1-15.

Viro, P. J. 1969. Prescribed burning in forestry. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 67.7:1-49.

Weatherspoon, C. P., Almond, G. A. ja Skinner, C. N. 1989. Tree-centered spot firing – A technique for prescribed burning beneath standing trees. *Western Journal of Applied Forestry*. Volume 4 No. 1 January 1989: 29-31.

Zackrisson, O. 1977. Influence of forest fires on the north Swedish boreal forest. *Oikos* 29: 22-32.

Suulliset lähteet:

Heikkilä, Olavi. Haastattelu 22. 8. 2000.

Hiltula, Helge. UPM-Kymmene Oyj. Kokous 14.12.2000.

Höglund, Risto. UPM-Kymmene Oyj. Haastattelu 9.8.2000.

Joensuu, Samuli. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Puhelinhaastattelu 28.3.2001.

Kallela, Kari. Uudenmaan maaseutuopisto. Haastattelu 11.8.2000.

Kokko, Pekka. Tapiola Oy. Esitelmä 17.5. 2000.

- Korhonen, Tapio.** Veljekset Kulmala Oy. Haastattelu 17.10.2000.
- Lahdelma, Jyrki.** Hakkuukoneyrittäjä. Haastattelu 26.12.2000.
- Levola, Pekka.** Softonex Oy. Puhelinhaastattelu 17.11.2000.
- Levula, Teuvo.** Metsäntutkimuslaitos. Haastattelu 22. 8. 2000.
- Meriluoto, Markku.** Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio.
Kirjallinen vastaus 11.10.2000.
- Munter, Kuisma.** Somerniemen mhy. Puhelinhaastattelu 20. 7. 2000.
- Rissanen, Kalervo.** Metsähallitus. Haastattelu 7.8.2000 ja kokous
14.12.2000.
- Ruotsalainen, Pauli.** Stora Enso Oyj. Kokous 14.12.2000.
- Tamminiemi, Mauri.** Metsämannut Oy. Haastattelu 25.8.2000 ja kokous
14.12.2000.
- Yrjönen, Klaus.** Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Kirjallinen vastaus
15.2.2001.

**ENNAKKOILMOITUS METSÄNHOIDOLLISEN KULOTUKSEN
TOIMITTAMISESTA (PTL 26 §)**

VASTAANOTTAJA: _____ Puh: _____

Fax: _____ Sähköposti: _____

TIEDOT KULOTETTAVASTA KOHTEESTA:

MAANOMISTAJA / HALTIJA _____

KUNTA _____

TARKEMPI PAIKAN MÄÄRITTELY:
SIJAINTI KARTALLA (paikka, koordinaatit, kulkutiet) _____

PARHAITEN PAIKANMÄÄRITYS VOIDAAN ILMOITTA A TOIMITTAMALLA KARTTA
KOHTEESTA TÄMÄN ILMOITUKSEN LIITTEEKSI.

KULOTUKSEN SUUNNITELTU TOTEUTTAMISAIKA _____
(LOPULLINEN AJANKOHTA ILMOITETAAN PUHELIMITSE HÄTÄKESKUKSELLE)

KULOTUKSEN JOHTAJA _____

YHTEYSTIEDOT: _____

MUUTA TIETOA KULOTUKSESTA _____

ILMOITUSPVM: _____

ILMOITUKSEN TEKIJÄ: _____ PUH: _____

VASTAANOTTAJAN KUITTAUS: _____