

Energiapuun mittaus ja varastointi



Pienpuunkorjuuta toteutetaan koneellisesti. Kuva: Eva Ekholm, Suomen metsäkeskus

Description

Energiapuun mittaaminen on keskeinen osa energiapuukauppaa ja metsähakkeen tuotantoa. Sama energiapuuerä voidaan toimitusketjun aikana mitata useammassa eri vaiheessa ja eri menetelmillä. Oikein tehdyllä tienvarsivarastoinnilla ja kuivattamisella pystytään parantamaan hakkeen laatua ja energiasisältöä. Olennaista on, että raaka-aine ei ole märkää.

Toteutus

Energiapuun mittaus



Kuormainvaakamittauksessa kourataakat punnitaan kuormatraktoriin tai puutavara-autoon asennetulla kuormainvaa'alla. Mittaus tehdään joko purettaessa kuormaa tienvarsivarastoon tai kuormatessa puuta kaukokuljetusta varten. Kuva: © Kalle Kärhä.

Energiapuun mittaaminen on keskeinen osa energiapuukauppaa ja metsähakkeen tuotantoa. Sama energiapuuerä voidaan toimitusketjun aikana mitata useammassa eri vaiheessa ja eri menetelmillä. Mittaus voi tapahtua hakkuun, metsäkuljetuksen, haketuksen tai murskauksen yhteydessä. Se voidaan myös tehdä tienvarsi- tai terminaalivarastossa, kaukokuljetuksen yhteydessä sekä käyttöpaikalla.

Mittaamisen perusteet

Energiapuun mittauksesta säädetään laissa puutavaran mittauksesta (414/2013, muutokset: 566/2014 ja 725/2016), maa- ja metsätalousministeriön asetuksissa (1323/14/2013 ja 1014/2017)) ja muuntolukujen osalta Luonnonvarakeskuksen määräyksissä.

Ennen energiapuun mittausta on lain mukaan (21§) sovittava seuraavat asiat:

- mittausosapuolet, joita ovat
 1. luovutusmittauksessa myyjä ja ostaja
 2. työmittauksessa työnsuorittaja ja työnantaja
 3. urakointimittauksessa urakoitsija ja urakanantaja
- mittauksen kohteen yksilöivät tiedot
- mittausmenetelmä ja mittaaja
- mittauskustannuksen maksaja
- mittayksikkö.

Mittausosapuolten on suositeltavaa sopia, mihin ajankohtaan mennessä lopullinen mittaus tehdään. Osapuolet voivat sopia mittauserän osittamisesta, jolloin ositteiden mittaus voidaan toteuttaa eri ajankohtina. Puukauppasopimuksessa on syytä olla maininta korjattavan energiapuun mittaustavasta.

Mittaustoimitukseen sisältyy energiapuuerän mittaaminen ja tulosten laskenta sekä mittausasiakirjan (mittaustodistus) laadinta ja toimittaminen mittausosapuolille. Mittausasiakirja on säilytettävä viisi vuotta mittaustoimituksen päättymisestä.

Yleisin käytössä oleva mittausmenetelmä energiapuunkorjuussa on energiapuun painon mittaus ja tarvittaessa muunto tilavuusyksiköksi. Energiapuun luovutus-, työ- ja urakointimittauksessa käytettävät ensisijaiset suureet ja mittayksiköt ovat:

- tilavuus: kiintotilavuus (m³) tai kehystilavuus (m³)
- paino: tuorepaino (kg) tai kuivapaino (kg)

Kiintotilavuuden määrittämiseen käytetään yleisesti EPPU – energiapuun mittauslaskuria.

Energiapuun mittaus voi myös tapahtua metsähakkeen ja murskeen mittauksena. Karsitun rangan tai kokopuun määrä kiintokuutiometreinä voidaan määrittää myös pinomittauksella.

Tarkemmat ohjeet energiapuun mittaukseen ovat Luonnonvarakeskuksen verkkosivulla:

- [Energiapuun mittausopas](#)
- [EPPU](#) – energiapuun mittauslaskuri

Energiapuun mittauksen erityispiirteitä

- Energiapuun tarkka mittaus on vaikeaa. Energiapuuta mitataan eri menetelmillä hankintaketjun eri vaiheissa. Energiapuuerään tulee käsittelyn myötä määrähävikkiä ja varastoinnin kuluessa kuiva-ainehävikkiä. Lisäksi sääolosuhteet ja mittausmenetelmien tarkkuuserot aiheuttavat vaihtelua mittauksiin. Käytännössä energiapuun mitattu määrä vähenee hankintaketjun aikana.
- Energiasisällön ja lämpöarvon mittaus eivät kuulu puutavaran mittauslain soveltamisalaan. Niiden määrittäminen käsitellään Puupolttoaineiden laatuohjeessa ^[1].

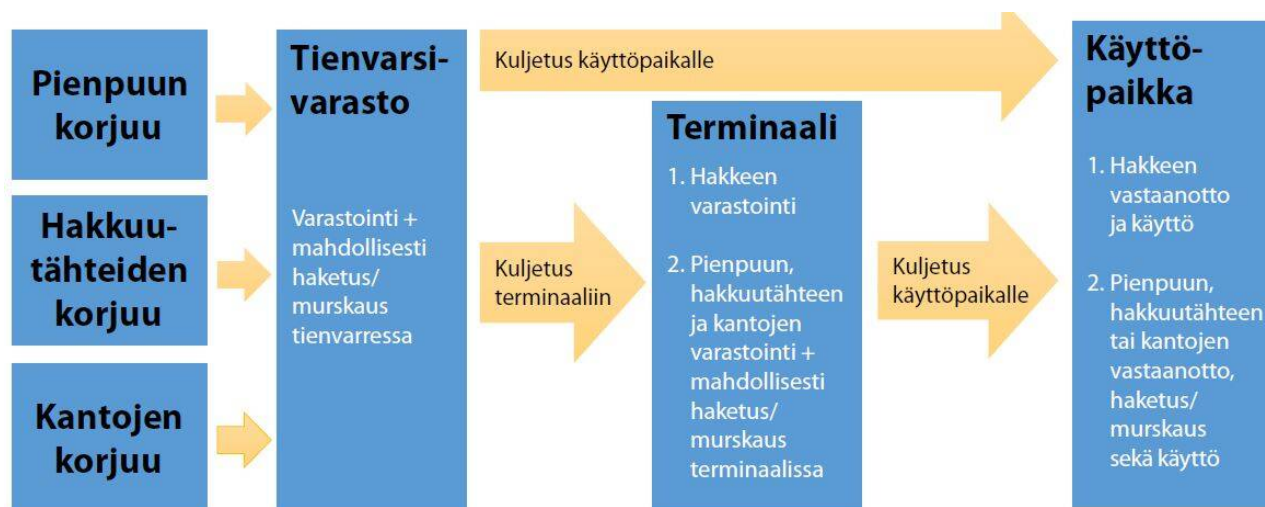
Puutavaran mittauksen omavalvonta

Laki puutavaran mittauksesta (414/2013) koskee myös energiapuuta ja velvoittaa mittauksen omavalvontaan. Hakkuukoneen kuljettajan tekemään omavalvontaan sisältyy mittauslaitteen käytönaikainen seuranta, kalibrointi, mittauslaitteen viritys, mittaustulosten tarkastukset ja niiden dokumentointi.

Omavalvontaan kuuluvia mittaustuloksen tarkastusten tuloksia on säilytettävä vähintään kahden vuoden ajan tarkastuksen tekemisestä.

Puutavaran mittaukseen liittyvät säännökset on koottu Luonnonvarakeskuksen [verkkosivulle](#).

Energiapuun hankintaketju



Energiapuun hankintaketju.

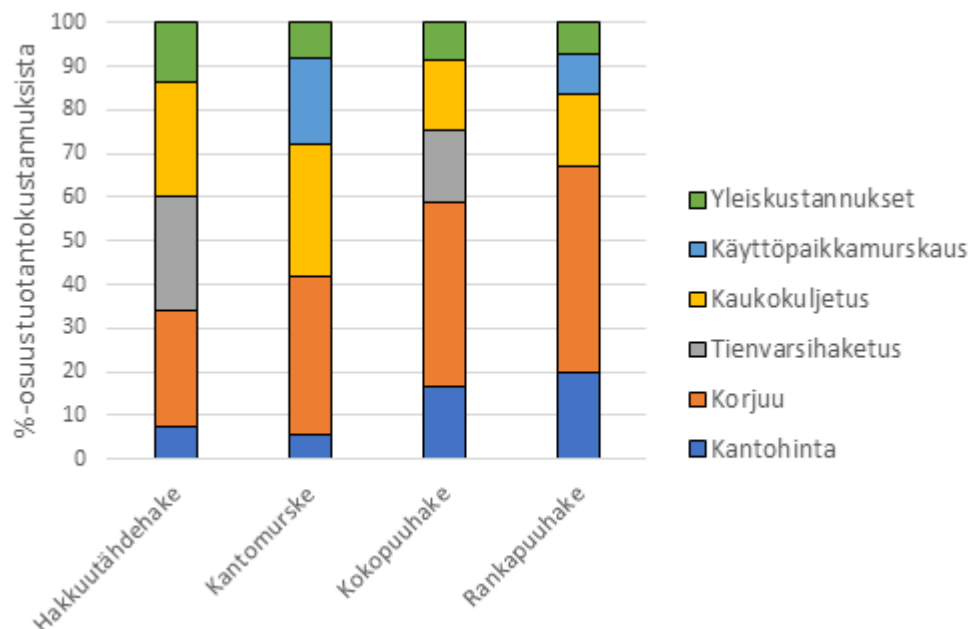
Energiapuun hankinnassa yleisin hankintaketju koostuu korjuusta, tienvarsihaketuksesta ja kaukokuljetuksesta käyttöpaikalle. Metsäenergiajakeet voidaan myös kuljettaa terminaaliiin tai käyttöpaikalle haketettaviksi tai murskattaviksi. Terminaalit toimivat polttoaineiden varmuusvarastoina, tasoittavat kausivaihteluita ja parantavat puupolttoaineen laadunhallintaa.

Maksetaan energiamäärästä

Lämpölaitokset maksavat metsähakkeesta sen sisältämän energiamäärän mukaan (MWh)^[2]. Kuivattamisella on erittäin suuri merkitys koko metsäenergian hankintaketjun kannattavuudelle, joten energiapuu tulisi saada mahdollisimman kuivaksi ennen laitokselle toimittamista. Laadukas energiapuu ei sisällä myöskään vierasaineita, kuten kiviä.



Metsäenergian tuotannon arvoketjut ja käyttöpaikkahinnan muodostuminen. Haketus voidaan tehdä tienvarsivarastolla, terminaalissa tai käyttöpaikalla.



Esimerkki tuotantokustannusten osuuksista eri energiapuulajikkeilla. Kaaviossa verrataan myös tienvarsihaketuksen ja käyttöpaikkamurskauksen eroja korjuun kustannusketjussa. Lähde: TTS, 2020.



Tienvarsihaketus tehdään kuorma-autoalaustaisella tai traktorikäyttöisellä hakkurilla suoraan kaukokuljetusautoon. Kuva: © Kalle Kärhä.

Energiapuun tienvarsivarastoinnin suunnittelu



Tienvarsivarastossa pitää olla riittävästi tilaa energiapuun haketus- ja kuljetuskalustolle. Kuva: © Hannu Niemelä.

Oikein tehdyllä tienvarsivarastoinnilla ja kuivattamisella pystytään parantamaan hakkeen laatua ja energiasisältöä. Olennaista on, että raaka-aine ei ole märkää. Näin voidaan vähentää myös kuljetuskustannuksia, sillä vettä ei kannata kuljettaa lämpö- tai voimalaitokseen.

Haketus ja kaukokuljetus huomioitava

Tienvarsivarastoa suunniteltaessa tulee ottaa huomioon kaukokuljetuksen ja haketuksen asettamat vaatimukset, kuten kääntöpaikat, kantavuus sekä kuormauksen ja haketuksen vaatima tila. Energiapuun tienvarsihaketukseen ja kuljetukseen käytettävä kalusto vaatii enemmän tilaa kuin ainespuun kuljetuskalusto.

Rangan ja hakkuutähteiden tienvarsivarastot kannattaa yleensä peittää. Peittäminen vähentää tienvarsivaraston kostumista sekä estää lumen ja jään joutumisen hakkeeseen haketuksen yhteydessä. Peittämisen merkitys korostuu hakkuutähteiden varastoinnissa. Karsittu ranka ja kokopuu eivät kostu talvella yhtä herkästi kuin hakkuutähteet.

Kuiva-ainetappiot voivat olla huomattavia hakkuutähteiden tienvarsivarastoinnissa. ^[3]

Hakkuutähteitä ei kannata varastoida tienvarressa muutamaa kuukautta pidempään, mutta toimituksiin liittyvistä käytännön syistä varastointiajat ovat yleensä pidemmät.

Rankapuuvarastoissa kuiva-ainetappiot eivät muodostu suuriksi noin vuoden mittaisessa tienvarsivarastoinnissa ^[4]. Kannot säilyttävät ominaisuutensa

tienvarsivarastossa pisimpään.

Tiealueiden käyttö

Yleisillä teillä, valtateillä (tie nro: 1–39) ja kantateillä (tie nro: 40–99) kaikenlainen puutavaran käsittely, puutavaran varastointi tiealueelle sekä peruutusvarastojen tekeminen on kiellettyä. Valta- ja kantateiltä tehtävillä pistoilla on aina oltava puutavara-autolle kääntöpaikka. Poikkeaminen tästä ohjeesta edellyttää ELY-keskuksen (elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus) lupaa.

Myös alemman tieverkon osalta kannattaa olla yhteydessä alueen tiemestariin. Edellä mainittujen teiden lisäksi puutavaran kuormaus on kiellettyä tienkohdissa, joissa pysäyttäminen on kielletty, ja teillä, joilla suurin sallittu ajonopeus on enemmän kuin 80 km/h.

Yleisille teille uusien, tilapäistenkin liittymien teko on aina luvanvaraista. Luvan myöntää ELY-keskus, jonka ohjeen mukaan uusi liittymä rakennetaan tai olemassa oleva parannetaan. Varastopaikalla ja liittymässä on oltava riittävä näkymäalue ottaen huomioon liikennetiheys sekä liikenteen nopeus. Tämä koskee sekä yleisiä että yksityisteitä.

Energiapuun haketus on kielletty yleisellä tiellä.

Energiapuun varastopaikan valinta

Varaston sijainnilla on merkittävä vaikutus energiapuun kosteuteen. Avoimella, tuulisella paikalla sijaitsevan varastopinon kosteus voi olla useita prosentteja alhaisempi kuin varjoisessa paikassa sijaitsevan pinon.

Hyvän energiapuun varastopaikan ominaisuudet:

riittävä tila varastoinnille (taulukko alla)

- tasainen ja kantava maasto
- avoin, tuulinen ja mieluiten ympäröivää maastoa korkeampi kohta, joka on kuivumisen kannalta hyvä
- riittävän etäällä sähkö- ja puhelinlinjoista (taulukko alla)
- ei sijaitse kääntölenkin varressa, jossa kuormaaminen olisi vaikeaa
- ei sijaitse jyrkässä mäessä tai mutkassa
- kiviä, kantoja tai puita ei ole koneiden esteenä, eikä niitä jää varastopinon alle
- ei sijaitse toimivien ojien päällä (ravinteiden huuhtoutumisriski vesistöihin vähenee).
- paloturvallisuuden varmistamiseksi ja haketuksen meluhaittojen vähentämiseksi ei sijaitse rakennusten lähietäisyydellä.

Energiapuupinon tilantarve pituussuunnassa per hakkuuhehtaari. Lisäksi on otettava huomioon pinon sijaintiin ja muihin mittoihin liittyvät tekijät, jotka on esitetty jäljempänä.

Energiapu	Pinon tarvitsema tila
Hakkuutähteet	n. 20 m/ha
Kokopuu	n. 12 m/ha
Karsittu ranka	n. 10 m/ha
Kannot	n. 15 m/ha

Energiapuupinon tilantarve pituussuunnassa per hakkuuhehtaari. Lisäksi on otettava huomioon pinon sijaintiin ja muihin mittoihin liittyvät tekijät, jotka on esitetty jäljempänä.

Energiapuupinon vähimmäisetäisyys sähkölinjasta. Puutavaravarasto on sijoitettava niin etäälle sähkö- ja puhelinlinjoista, että sähköjohtojen ja kuormaajan välillä säilyy taulukon mukainen vähimmäisetäisyys taakka mukaan lukien. Turvallisuussyistä varastoa ei tehdä suurjännitelinjan (≥ 110 kV) alle eikä sivusuunnassa mitattuna 10 metriä lähemmäksi linjan lähintä virtajohdinta.

Nimellisjännite, kV	Avojohto, alla (m)	Avojohto, sivulla (m)	Riippujohto (m)
1	2	2	0,5
20	2	3	1,5

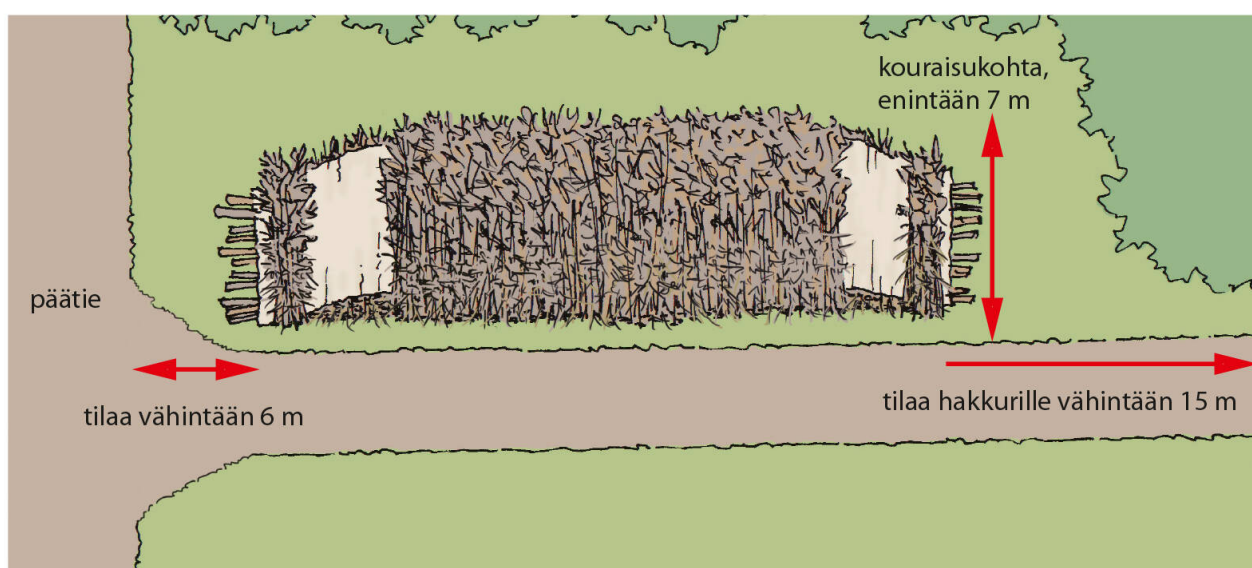
Nimellisjännite, kV	Avojohto, alla (m)	Avojohto, sivulla (m)	Riippujohto (m)
110	3	5	
220	4	5	
400	5	5	

Puutavaravarasto on sijoitettava niin etäälle sähkö- ja puhelinlinjoista, että sähköjohtojen ja kuormajan välillä säilyy taulukon mukainen vähimmäisetäisyys taakka mukaan lukien. Turvallisuussyistä varastoa ei tehdä suurjännitelinjan (≥ 110 kV) alle eikä sivusuunnassa mitattuna 10 metriä lähemmäksi linjan lähintä virtajohdinta.

Yläotsikko 2.-4. sarakkeille: Vähimmäisetäisyys (m)

Haketus- ja kuljetuskaluston varastopaikalle asettamat vaatimukset

1. Kääntöpaikan ja tien kantavuuden on oltava riittävät.
2. Väistö- ja ohituspaikkoja on oltava muulle liikenteelle.
3. Varasto on kuormaimen ulottuvilla, eli kasan kouraisukohta on enintään 7 metrin päässä ajotien reunasta.
4. Jos varasto on sijoitettu pistotien varteen, varastokasan takapäähän on jätettävä vähintään 15 metriä tilaa hakkurille ja kasan etupään on oltava vähintään 6 metrin etäisyydellä päätiestä. Kasan tekeminen aloitetaan päätien suunnasta.



Varastopinon leveys ja sijainti päätien varressa.

Varastopinon leveys ja sijainti päätiehen nähden. Kuva: Juha Varhi, © Tapio

Kantojen tienvarsivarastointi



Kantojen varastoinnissa on huomioitava metsätuholain velvoite kuljettaa kannot pois määräaikaan mennessä. Kuva: © Kalle Vanhatalo.

Kunnollisen tienvarsipinon teko on keskeistä onnistuneessa kantojen varastoinnissa. Kannot tulee kaukokuljettaa pois tienvarsivarastosta korjuun ajankohdasta riippuen viimeistään kahden vuoden tai kahden vuoden ja kuuden kuukauden kuluessa.

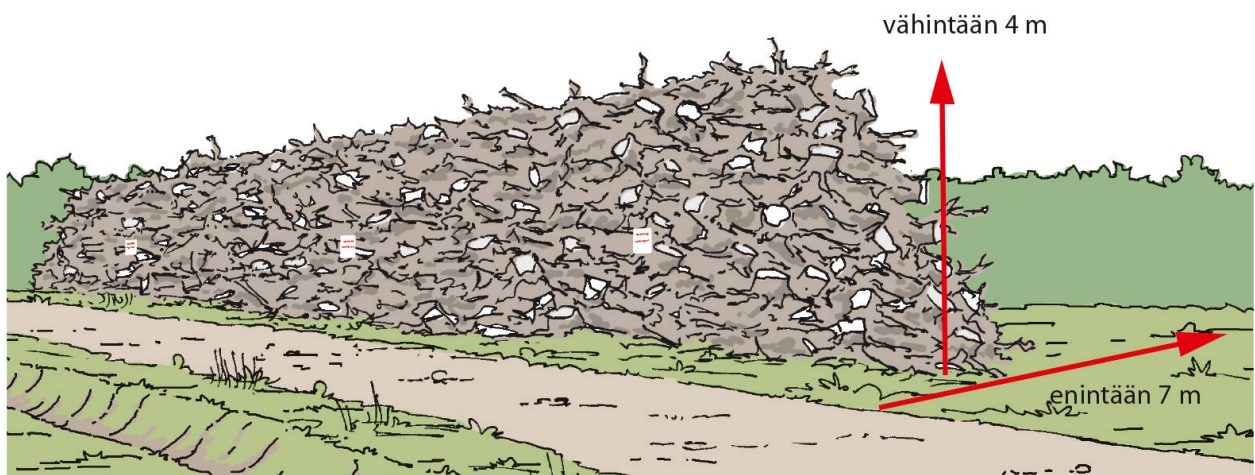
Kantojen varastoinnin toteutus

Kantojen varastointi

- Varmista pinon tukevuus asettelemalla palat huolellisesti. Sortumattomuus on kantovaraston tärkein tekijä.
- Tee pinosta vähintään 4 metriä korkea.

Pinon takareuna ei saa olla yli 7 metrin etäisyydellä tienreunasta, jotta kannot saadaan kuormattua kaukokuljetusta varten.

- Vältä vierasesineiden joutumista varastopinoon.
- Varmista varastoalueelle johtavan tien siisteys metsäkuljetuksen päätyttyä.
- Tarkasta kuorman purkamisen jälkeen, että kuormatraktori on kunnossa ja erityisesti, että kaikki pankkojen jatkeet ovat paikoillaan.
- Laita pinoon selkeästi näkyville asianmukaiset pinolaput: varoitukset ja omistustiedot.
- Ota huomioon metsätuholain varastoinnin kestoa koskevat rajoitukset (enintään 2 tai 2,5 vuotta), kun varastoituna on yli 10 kuutiometriä havupuiden kantoja.
- Varmista juurikäävän leviämiskisän vuoksi, että myös pinon alimmat kannot kuljetetaan pois.



Kantojen varastointi.

Kantojen varastointi. Kuva: Juha Varhi, © Tapio.

Hakkuutähteen tienvarsivarastointi



Avoin tuulinen paikka ja hyvä peittely edistää hakkuutähteen kuivumista. Varastopinon peite pysyy paikoillaan, kun sen päälle on nostettu muutama kourakasallinen latvuksia. Kuva: © Kalle Kärhä.

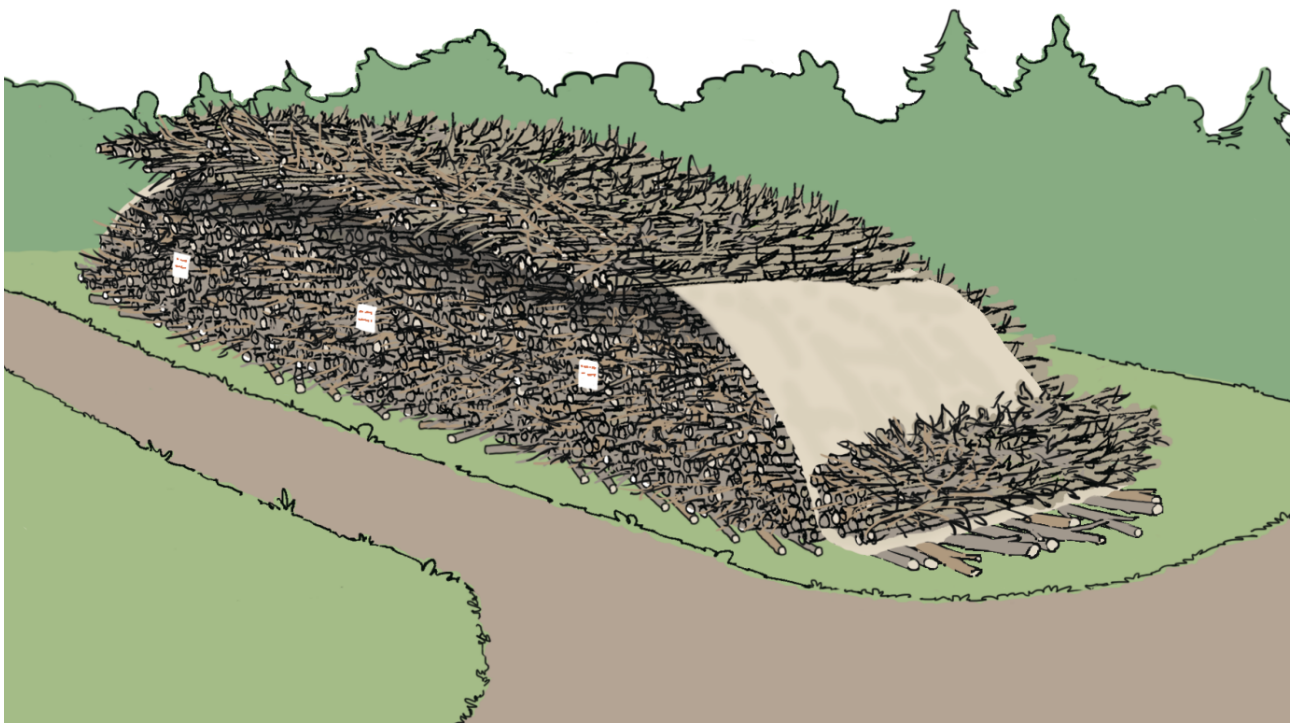
Hakkuutähteen tienvarsivarastoinnissa on keskeistä tehdä kunnollinen varastopino, jossa hakkuutähde jatkaa kuivumista ennen kaukokuljetusta.

Hakkuutähteen varastoinnin toteutus

- Laita pinon pohjalle aluspuut.
- Käytä aluspuina maastoon jääneitä ainespuupölkkyyä, ojasiltana käytettyjä puita ja mahdollisesti varastoalueen läheltä hakattuja, taloudellisesti vähäarvoisia lehtipuita.
- Jos aluspuumateriaalia on huonosti saatavilla, tee varaston aluspuut latvuksista.
- Tee pinosta mahdollisimman korkea (enintään 5 metriä) ja varmista sen

sortumattomuus.

- Tee päältä tasainen pino, joka ei ole notkollaan eikä terävästi koholla.
- Vältä vierasesineiden, kuten raudan, kivien ja maa-aineksen, joutumista varastopinoon.
- Peitä varastopino aina. Huolehdi peitteen pysymisestä paikoillaan nostamalla hakkuutähdetäakkoja peitepaperin päälle.
- Varmista varastoalueelle johtavan tien siisteys metsäkuljetuksen päätyttyä.
- Tarkasta kuorman purkamisen jälkeen, että kuormatraktori on kunnossa ja erityisesti, että kaikki pankkojen jatkeet ovat paikoillaan.
- Laita pinoon asianmukaiset pinolaput: varoitukset ja omistustiedot.



Hakkuutähteen varastointi. Kuva: Juha Varhi, © Tapio.

Karsitun tai karsimattoman rangan varastointi



Alus- ja välipuita käytetään kokopuun, rangan ja hakkuutähteen varastoinnissa. Kuva: © Tommi Tenhola.

Keskeistä sekä karsitun rangan että karsimattoman kokopuun tienvarsivarastoinnissa on huolellisesti tehty varastopino.

Rankapuun varastoinnin toteutus

Karsitun rangan ja kokopuun varastointi

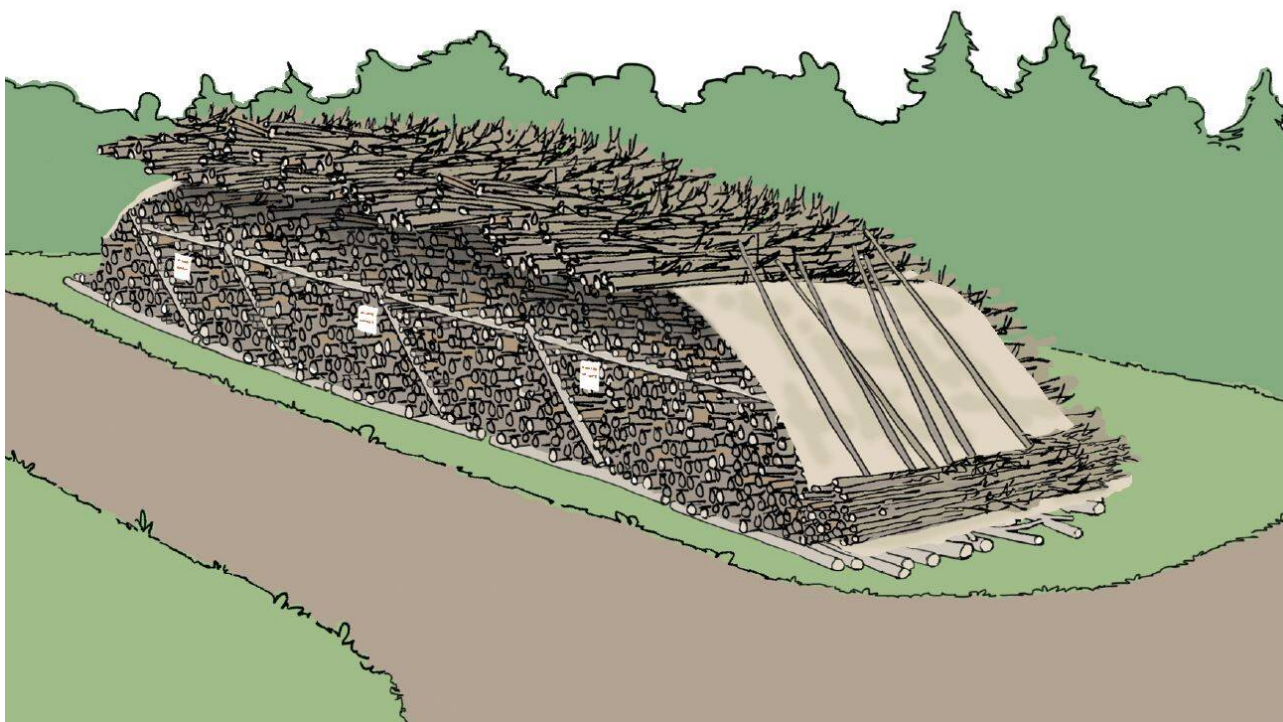
- Laita pinon pohjalle isot aluspuut (ilman tulee päästä kiertämään pinon alla).

Lisää välipuut vinosti pystyyn noin 5 metrin välein.

- Lisää puoliväliin välipuut pinon suuntaisesti.
- Tee pinosta mahdollisimman korkea (enintään 5 metriä), varmista sortumattomuus.
- Pinoa korjattujen puiden tyvet tielle päin, mieluiten niin, että ne osoittavat etelään.
- Vältä vierasesineiden joutumista varastopinoon.
- Tee pinon päälle tien suuntaan noin metrin pituinen lippi, joka suojaa varastoa kastumiselta.
- Peitä varastopino peittopaperilla.
- Levitä peite siten, että varaston päällys peittyy kokonaan ja lisäksi 0,5 metrin leveydeltä pinon sivut ja päädyt.
- Lukitse peite paikalleen nostamalla sen päälle painoksi kourakasoja energiapuuta.
- Laita pinoon asianmukaiset pinolaput: varoitukset ja omistustiedot.

Varastopinon omistaja:

- Ota huomioon metsätuholain varastointia koskevat rajoitukset, kun puutavarapinon tilavuudesta yli puolet on havupuutavaraa, joka on läpimitaltaan yli 10 cm.



Karsitun tai karsimattoman rangan varastointi. Kuva Juha Varhi, © Tapio.

Metsähakkeen laadun turvaaminen



Laadukkaassa hakkeessa ei ole epäpuhtauksia kuten maa-ainesta. Kuva: © Martti Kuusinen.

Metsähakkeen laatuvaatimukset määrittelee viime kädessä käyttäjä eli energialaitos. Eri laitoksilla voi olla toisistaan poikkeavia polttoaineen koostumus, palakokojakauma-, kosteus- ja epäpuhtausvaatimuksia.

Maksu energiasisällön mukaan

Metsähakkeen laatuvaatimukset sekä laaduntarkkailussa käytetyt näytteenotto- ja mittausmenetelmät on kuvattu Puupolttoaineiden laatuohjeessa (VTT-M-07608-13)^[1].

Suuret laitokset pystyvät käsittelemään melko kosteaakin polttoainetta, mutta pienemmissä laitoksissa kosteuden tulisi olla alle 40 %. Lämpö- ja voimalaitokset maksavat metsähakkeesta ja metsäraaka-aineesta energiasisällön mukaan. Tuoreessa puussa on keskimäärin 50–60 % vettä.

Metsähakkeen laatu

Metsähakkeen laatu määritellään hakkeen ominaisuuksien mukaan, joita ovat esimerkiksi

- kosteus
- tehollinen lämpöarvo saapumistilassa ts. käyttöpaikalla
- energiatiheys saapumistilassa ts. käyttöpaikalla
- toimitettu energiamäärä
- irtotiheys
- palakokojakauma
- neulasten määrä.

Metsähakkeen kosteus

Kosteudella on suurin suora vaikutus metsähakkeen toimittamisen kannattavuuteen. Hakkeen käyttäjä ostaa yleensä energiasisältöä eli megawattitunteja. Mitä kosteampaa raaka-aine on, sitä alhaisempi on energiasisältö ja sitä vähemmän tuloja toimituksesta saadaan.

Kostea metsähake aiheuttaa myös talvella käsittelyongelmia jäätyessään, mikä lisää kuljetuskustannuksia huomattavasti. Lisäksi kostea metsähake palaa epätäydellisesti, jolloin hiilimonoksidi-, hiilivety- ja hiukkaspäästöt lisääntyvät. Metsähakkeen kosteuteen ja siten koko ketjun kannattavuuteen voidaan vaikuttaa oikein tehdyllä korjuulla, palstakuivatuksella, tienvarsivarastoinnilla, haketuksella ja kaukokuljetuksella.

Epäpuhtaudet metsähakkeessa

Metsähakkeen laatuun vaikuttaa merkittävästi erilaisten epäpuhtauksien, kuten maa-aineen, jään, lumen ja vierasesineiden, määrä. Nämä epäpuhtaudet aiheuttavat ongelmia niin haketuksessa kuin poltossakin. Niistä voi syntyä suuria kustannuksia esimerkiksi niiden rikkoessa hakkureita.

Epäpuhtauksia voi joutua hakkeen joukkoon muun muassa palstalta kourataakkojen mukana. Lisäksi tienvarsikasoihin voi talvella kulkeutua aurauksen mukana kiviä, hiekkaa ja roskaa. Maa-aineksen ja muiden epäpuhtauksien vähentäminen korostuu erityisesti kantomurskeen tuotannossa, koska ylimääräinen aines kulkeutuu helposti kantojen

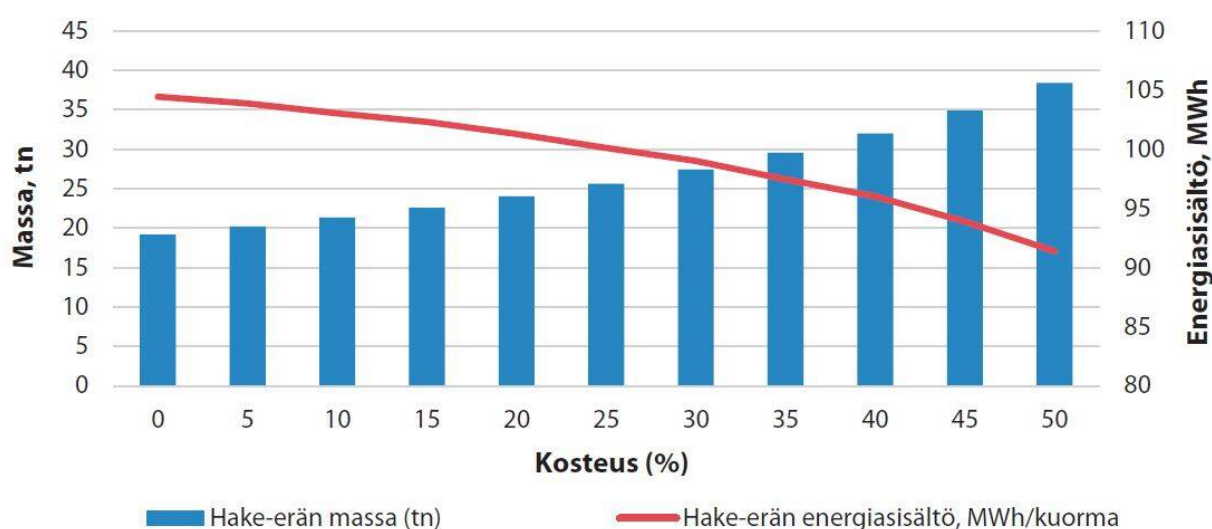
mukana.

Muut laatutekijät

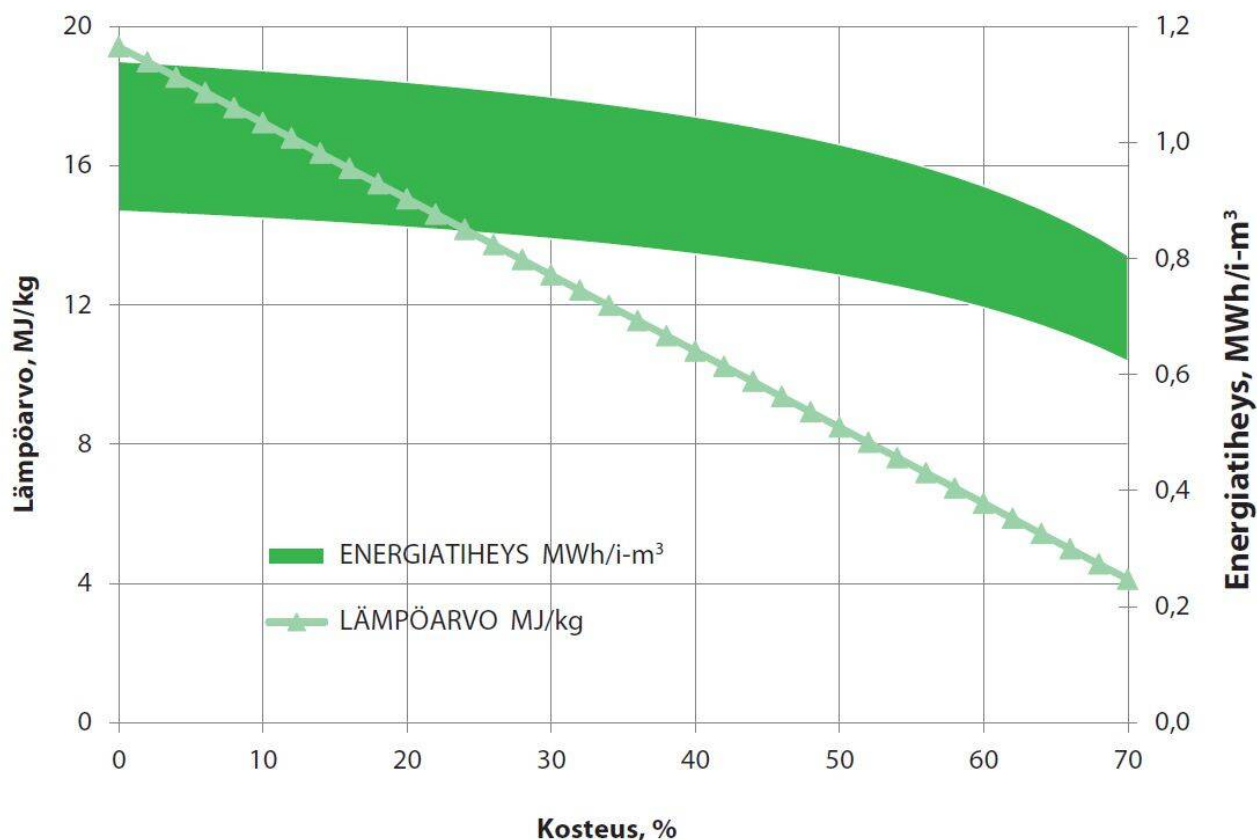
Metsähakkeen laatuun vaikuttaa myös lähtömateriaali. Karsitusta rangasta valmistettu hake on yleensä tasalaatuista. Sen sijaan kokopuusta ja hakkuutähteistä valmistetussa hakkeessa palakoko voi vaihdella ja hakkeen sekaan voi jäädä pitkiä tikkuja. Hakepalan keskimääräinen tavoitepituus on tavallisesti 30–40 mm. Mikäli hakkeen joukkoon jää pitkiä tikkuja, ne voivat aiheuttaa ongelmia voimalaitosten kuljettimissa ja muissa käsittelylaitteissa. Liian pieni palakoko ja hienoaines taas voivat tukkia arinakattiloiden ilma-aukkoja.

Metsähakkeen laatuun vaikuttavat myös kemialliset ominaisuudet, kuten klooripitoisuus. Kloori aiheuttaa lämpölaitosten tulistimissa likaantumista ja korroosiota. Korroosiota voidaan ehkäistä käyttämällä rikkiä sisältäviä polttoaineina, kuten turvetta, yhdessä metsähakkeen kanssa.

Klooria sisältävät eniten puiden neulasen. Siksi on suositeltavaa, että hakkuutähteet kuivataan ensin palstalla, jolloin neulasen varisevat suurimmaksi osaksi uudistusalalle. Tämä on hyväksi myös metsikön ravinteisuuden hoidossa. Kuivissa olosuhteissa kesällä kuusen neulasen varisevat palstakuivatuksen aikana yleensä alle kuukaudessa. Männyn neulasen taas karisevat palstakuivatuksen aikana huonosti, joten puut pitää karsia, mikäli neulasista halutaan eroon.



Esimerkki kosteusprosentin vaikutuksesta tyypillisen hakekuormaerän (120 m^3) massaan ja energiasisältöön. Kosteuden ollessa yli 48 % hakeauton kantavuus rajoittaa kuorman kokoa. Kuiva-aineen tehollisena lämpöarvona on käytetty arvoa $5,44 \text{ kWh/kg}$ ja puun kuivatuoretiheytenä arvoa 400 kg/m^3 .



Hakkeen kosteus vaikuttaa energiatiheyteen sekä suoraviivaisesti hakkeen lämpöarvoon. Kosteus vaikuttaa siten metsähakkeen toimittamisen kannattavuuteen.

Keinoja energiapuusta tehdyn hakkeen laadun turvaamiseen

Jotta korjatusta energiapuusta tehty hake on hyvälaatuista polttoainetta käyttövaiheessa, huolehdi korjuussa ja tienvarsivarastoinnissa, että

- rankojen karsinta on tehty tavoiteltavan hakkeen laadun mukaan
- vihreitä neulasia ja lehtiä ei päädy energiapuun joukkoon
- energiapuun seassa ei ole epäpuhtauksia, kuten maa-ainesta, erityisesti kantoja hankittaessa
- energiapuu kuivuu mahdollisimman hyvin ja säilyy kuivana myös tienvarressa
- kuivaa energiapuuta ei varastoida tarpeettoman kauan
- varastomuodostelmat ovat riittävän isot, jolloin kostuvaa pintaa on puumäärään nähden mahdollisimman vähän
- lunta ei aurata tai lingota energiapuuvarastoihin.

Hakkeen laadun turvaamiseksi myös hakkurin ja erityisesti sen terien tulee olla huollettuja.

Lain vaatimukset energiapuun korjuussa

Uudistusalojen energiapuun korjuuseen liittyy paljon lainsäädäntöä puutavaran mittauksesta, metsätuhojen torjunnasta ja työturvallisuudesta.

Energiapuun mittaukseen liittyvä lainsäädäntö

Energiapuun mittauksesta säädetään laissa puutavaran mittauksesta (414/2013, muutokset: 566/2014 ja 725/2016), maa- ja metsätalousministeriön asetuksissa (1323/14/2013 ja 1014/2017) ja muuntolukujen osalta Luonnonvarakeskuksen määräyksissä.

Ennen energiapuun mittausta on lain mukaan (21 §) sovittava seuraavat asiat:

1. mittausosapuolet, joita ovat
 - luovutusmittauksessa myyjä ja ostaja
 - työmittauksessa työsuorittaja ja työnantaja
 - urakointimittauksessa urakoitsija ja urakanantaja
2. mittauksen kohteen yksilöivät tiedot
3. mittausmenetelmä ja mittaaja
4. mittauskustannuksen maksaja
5. mittayksikkö.

Puutavaran mittauksen omavalvonta

Laki puutavaran mittauksesta (414/2013) koskee myös energiapuuta ja velvoittaa mittauksen omavalvontaan. Hakkuukoneen kuljettajan tekemään omavalvontaan sisältyy mittauslaitteen käytönaikainen seuranta, kalibrointi, mittauslaitteen viritys sekä mittautulosten tarkastukset ja niiden dokumentointi.

Omavalvontaan kuuluvia mittautuloksen tarkastusten tuloksia on säilytettävä vähintään kahden vuoden ajan tarkastuksen tekemisestä.

[Puutavaran mittaukseen liittyvät säännökset](#) on koottu Luonnonvarakeskuksen verkkosivulle.

Metsätuhojen ehkäisyyn liittyvä lainsäädäntö energiapuun korjuussa

Metsätuholain (1087/2013, muutos 228/2016) ja siihen liittyvän valtioneuvoston asetuksen (264/2016) mukaan juurikäävän torjunta on pakollista eteläisessä ja keskisessä Suomessa toukokuun alun ja marraskuun lopun välisenä aikana tehtävissä hakkuissa.



Kartassa on esitetty metsänhoidon suositusten mukainen juurikäävän torjunnan aluerajaus. Alue on laajempi kuin metsätuholain määrittämä riskialue. Kuusen juurikääpää suositellaan torjuttavaksi kuusen koko esiintymisalueella. Männyn juurikääpää suositellaan torjuttavaksi Lapin maakunnan eteläpuolella.

Metsätuhojen torjumiseksi ja metsien hyvän terveydentilan ylläpitämiseksi puutavaran varastoinnista on säädetty laissa metsätuhojen torjunnasta (1087/2013). Lakia sovelletaan metsässä ilmeneviin metsätuhoihin, terminaali- ja tehdasvarastoihin sekä alueen

sijainnista riippumatta puutavaran hakkuupaikkoihin ja välivarastoihin. Lain valvonnasta vastaa Suomen metsäkeskus.

Kantojen varastointi

Metsätuholaissa määritellään kantojen poiskuljettamisesta hakkuupaikalta tai välivarastosta. Mikäli männyn tai kuusen kantoja on hakkuupaikalla tai välivarastossa yli 10 kiintokuutiometriä, ne on kuljetettava pois

1. kahden vuoden kuluessa nostosta, jos nosto on tehty ennen elokuun 1. päivää
2. kahden vuoden ja kuuden kuukauden kuluessa nostosta, jos nosto on tehty elokuussa tai sen jälkeen.

Metsätuhojen torjuntaan liittyvä omavalvontailmoitus

Energiapuun korjuussa on noudatettava lakia metsätuhojen torjunnasta 1087/2013. Lain mukaan ammattimaisen toiminnanharjoittajan tulee tietää laissa säädetyt puutavaran, vahingoittuneen puun, männyn ja kuusen rungonosien ja kantojen poistamiseen sekä puutavaran varastointiin liittyvät velvollisuudet.

Ammattimainen toiminnanharjoittaja on velvollinen tekemään Metsäkeskukselle omavalvontailmoituksen, jos lain noudattaminen on vaarassa estyä. Tällainen tilanne voi syntyä esimerkiksi poikkeuksellisten luonnonolojen vuoksi, jolloin puuerää ei voida kuljettaa määräajassa pois metsästä.

Metsätuholain mukaisen [omavalvontailmoituksen](#) voi täyttää Metsäkeskuksen verkkosivulla.

Työturvallisuus energiapuun korjuussa

Energiapuun korjuussa keskeisimmät työturvallisuutta koskevat säädökset ovat työturvallisuuslaki (738/2002) sekä valtioneuvoston asetus puunkorjuutyön turvallisuudesta (749/2001).

Työmaat ovat usein ns. yhteisiä työpaikkoja

Puunkorjuutyömaat ovat usein niin sanottuja yhteisiä työpaikkoja, eli niissä toimii useampia työnantajia. Yhteisillä työpaikoilla on noudatettava niitä koskevia säädöksiä. Erityisesti on

otettava huomioon vastuut sekä tiedonkulun varmistaminen.^[5]

Puunkorjuutyön turvallisuus

Valtioneuvoston asetus puunkorjuutyön turvallisuudesta sisältää muun muassa seuraavia vaatimuksia:

- Puunkorjuutyömaan haltijana olevan työnantajan on huolehdittava, että kaikki työmaalla toimivat, eli myös aliurakoitsijat ja heidän työntekijänsä, saavat tarpeelliset tiedot työturvallisuuteen liittyvistä seikoista.
- Työmaasta on tehtävä suunnitelma karttoineen. Suunnitelmasta tulee selvitä työturvallisuuteen vaikuttavat jyrkänteet, pehmeiköt, vesistöjen ylitykset, sähkölinjat, kulkuväylät sekä työntekijään kohdistuvat vaara- ja haittatekijät. Lisäksi karttaan on merkittävä työmaarakat, väliavarastot ja pääkuljetussuunnat.
- Varastopaikkojen suunnittelussa ja merkinnässä on otettava huomioon käytettävän kaluston tilantarve ja liikenneturvallisuusvaatimukset. Yleiseen kulkureittiin rajoittuva työmaa on merkittävä näkyvästi alueella liikkuvien varoittamiseksi.
- Yhteydenpito työnjohdon ja työntekijöiden välillä sekä työntekijöiden kesken on järjestettävä. Työntekijän on ilmoitettava välittömästi työnantajalle ja työn vaikutuspiirissä oleville työntekijöille, jos hän joutuu tekemään yksin vaarallisia koneiden huolto- tai korjaustöitä.
- Työkoneeseen merkittyä turvaetäisyyttä on noudatettava. Työntekijöiden vähimmäisetäisyyden tulee kaatotyön aikana olla normaalisti vähintään kaksi kertaa kaadettavan puuston pituus. Kone on syytä pysäyttää, jos ihmisiä on vaara-alueella.
- Koneet, laitteet ja kuormattava taakka eivät saa joutua vähimmäisetäisyyttä lähemmäksi sähköjohtoja. Puutavaran varasto on sijoitettava siten, että vähimmäisetäisyys säilyy (ks. etäisyydet "Energiapuun tienvarsivarastoinnin suunnittelu").
- Työnantajan on hankittava työntekijälle asetuksessa mainitut turvavarusteet.
- Puunkorjuutyömaalla on oltava asianmukainen ensiapuvalmius.

Tämän lisäksi korjuussa on huomioitava esimerkiksi seuraavat seikat:

- Koneiden, laitteiden ja turvavarusteiden tulee olla asianmukaisesti hyväksyttyjä

kyseiseen käyttötarkoitukseen.

- Työskentely pimeässä edellyttää, että työkoneessa on riittävä valaistus.
- Mahdollisia torjunta-aineita käsiteltäessä on noudatettava valmistajan antamia turvaohjeita.
- Juurikääpäkäsittelyä tekevän ammattikuljettajan tulee olla kasvisuojelukoulutuksen suorittanut. Koulutus on uusittava viiden vuoden välein (ks. [Tukesin verkkosivut](#)).
- Myrskytuhopuiden korjuu vaatii erityistä varovaisuutta. Sitä koskeviin ohjeisiin voi tutustua esimerkiksi [Suomen metsäkeskuksen verkkosivulla](#).

Haketuksessa huomioitavaa

Haketuksessa on huomioitava lisäksi, että työssä syntyy pölyä, jonka hengittäminen on terveydelle haitallista. Työkoneen ohjaamon ovet ja ikkunat on tämän vuoksi pidettävä suljettuina työn aikana. Ohjaamon sisäilman suodattimet on puhdistettava ja vaihdettava valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti.

Työturvallisuusohjeita

- Ole huolellinen noustessasi metsäkoneen ohjaamoon ja laskeutuessasi sieltä.
- Tutki ajoreitti etukäteen etenkin lumiseen aikaan ja hankalassa maastossa toimittaessa.
- Tarkkaile etenkin lähellä olevia esteitä ja varaudu ajolinjassa maastonmuotoihin ja reunapuihin.
- Pyri kuormaamaan ylärinteen puolelta. Kaukana tai rinteessä oleva kasa kannattaa vetää maata pitkin lähemmäksi ennen kuormausta.
- Älä varastoi puita sähkölinjojen alle.
- Noudata varoetäisyyksiä ja pysäytä kone, jos ihmisiä on vaara-alueella eli alle 20 metrin etäisyydellä metsätraktorista.

Lisätietoja metsäalan työturvallisuudesta:

- [Työturvallisuuskeskus Metsäala - Työturvallisuuskeskus](#)

Lisätietoja tienvarsihaketuksen työympäristöriskien hallinnasta:

- [Työterveyslaitos](#)



Näkyvälle paikalle asetetut varoitukset kuuluvat työmaaturvallisuudesta huolehtimiseen. Kuva: © Kalle Vanhatalo.

Sanasto

Energiapuuharvennus



Energiapuuta voidaan korjata nuoren kasvatusmetsän ensiharvennuskohdeilla. Kuvassa kokopuuta korjataan nuorena, hoitamattomassa metsässä. Kuva: © Pentti Väisänen.

Energiapuuharvennus on nuoren kasvatusmetsän ensiharvennus, joka tehdään kokopuu- tai rankapuukorjuuna ja josta kerätty puuaines päätyy energiakäyttöön.

Harvennus on toteutettava niin, että se tukee kasvatettavan puuston jatkokehitystä metsänomistajan tavoitteiden mukaisesti. Energiapuun korjuu mahdollistaa ainespuuta pieniläpimittaisemman puun hyödyntämisen. Nuoren metsän hoitoon voi saada valtion tukea, kun tuen ehdot täyttyvät.

Hakkuutähteiden korjuu



Hakkuutähteen kuivuttua palstakasoissa varisee suurin osa neulasista uudistusaluealle. Kuva: © Martti Kuusinen.

Hakkuutähdettä ovat ainespuuhakkuun sivutuotteet, joihin kuuluvat rungon latvaosa, oksat, neulaset ja lehdet sekä ainespuukäyttöön soveltumattomat rungon osat. Soveltuvilta kohteilta hakkuutähteet ja kannot on mahdollista korjata energiapuuksi.

Monimuotoisuudelle tärkeiden vanhojen lehtipuiden sekä kuolleiden puiden korjuuta ei suositella.

Hakkuutähdettä korjataan pääasiassa reheviltä kuusivaltaisilta uudistusaloilta.

Hakkuutähteen korjuu koostuu palstakasojen tekemisestä hakkuun yhteydessä, palstakasojen kuormauksesta ja metsäkuljetuksesta sekä tienvarsivaraston tekemisestä.

Hakkuutähteen tienvarsivarastoinnissa on keskeistä tehdä kunnollinen varastopino, jossa hakkuutähde jatkaa kuivumista ennen kaukokuljetusta.



Avoin tuulinen paikka ja hyvä peittely edistää hakkuutähteen kuivumista. Varastopinon peite pysyy paikoillaan, kun sen päälle on nostettu muutama kourakasallinen latvuksia. Kuva: © Kalle Kärhä.

Kantojen korjuu



Kantojen korjuu käynnissä. Kuva: © Martti Kuusinen.

Uudistushakkuun yhteydessä metsään jää hakkuutähdettä ja kantoja. Soveltuvilta kohteilta nämä kannot on mahdollista korjata energiapuuksi. Kantojen korjuu kohdistuu pääasiassa kuusivaltaisiin uudistusaloihin. Kantojen nosto on toteutettavissa, kun hakkuutähteet on korjattu. Monimuotoisuudelle tärkeiden vanhojen lehtipuiden sekä kuolleiden puiden kantojen korjuuta ei suositella.

Kirjallisuus

1. Puupolttoaineiden laatuohje VTT-M-07608-13.
https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2014/VTT-M-07608-13_2014_%20update.pdf
2. Kettunen 2020. Energiapuun hankinnan arvoketjut ja kannattavuus. Metsänomistajan Talouskoulu. Työtehoseura.
<https://tuhtametsasta.fi/wp-content/uploads/2018/04/MOT-Energiapuun-hankinnan-arvoketjut-ja-kannattavuus-AK.pdf>
3. Routa, J., Kolström, M., Ruotsalainen, J., and Sikanen, L. 2015. Precision Measurement of Forest Harvesting Residue Moisture Change and Dry Matter Losses by Constant Weight Monitoring. International Journal of Forest Engineering, 26:71–83.
4. Erber, G., Routa, J., Wilhelmsson, L., Raitila, J., Toiviainen, M., Riekkinen, J. & Sikanen, L. 2014. A prediction model prototype for estimating optimal storage duration and sorting. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 297.
<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp297.htm>
5. Työterveyslaitos – yhteiset työpaikat
http://www.ttl.fi/fi/toimialat/pienyritykset/yhteiset_tyopaikat/sivut/default.aspx