



Biopolttoaineterminaalit

Ohjeistus terminaalien perustamiselle ja käytölle

Impola Risto
Tiihonen Ismo

30.11.2011



KESKI-SUOMEN LIITTO
Regional Council of Central Finland



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2007-2013



Alkusanat

Tämä biopolttoaineterminaalien perustamista ja käyttöä palveleva käsi kirja on toteutettu VTT:n koordinoimassa tutkimushankkeessa ”Toimintamallien kehittäminen uusia kuljetusmuotoja palveleville biopolttoaineterminaaleille Keski-Suomessa”. Länsi-Suomen lääninhallitus myönsi hankkeelle rahoitusta Euroopan aluekehitysrahastosta ja OPM:n hallinnonalan kansallisista varoista. Hanketta on hallinnoinut vuoden 2010 alusta Keski-Suomen liitto. Lisäksi hanketta rahoittivat KS Laatuenergia Oy, Vapo Oy, Jousan Kone Oy, Kehittämisyhtiö Witas Oy ja Saarijärven Seudun Yrityspalvelu Oy sekä VTT. Hanke kuului maakunnalliseen Bioenergiasta elinvoimaa -klusteriohjelmaan, jonka tavoitteena on lisätä biopolttoaineiden käyttöä 4 TWh:in tasolle vuoteen 2015 mennessä. Bioterminaaliprojekti toteutettiin vuosina 2009 – 2011.

VTT:n toteuttamassa tutkimushankkeessa luotiin edellytyksiä biopolttoaineterminaalien uusille toimintamalleille huomioiden myös polttoaineiden uudet kuljetusmuodot. Tavoitteena oli parantaa polttoaineiden laatua ja lisätä biopolttoaineiden toimitusvarmuutta sekä varmistaa kotimaisten polttoaineiden ympärivuotinen saatavuus eri kokuokan lämpö- ja voimalaitoksille.

VTT teki terminaalihankkeessa yhteistyötä KS Laatuenergia Oy:n kanssa. Yritys on perustanut Pihtiputaalle uuden biopolttoaineterminaalin. Terminaali on toiminut pilotkohteena tämän projektin kehitys- ja tutkimustyössä. Hankkeen aikana on kehitetty ja testattu uudenlaisia haketus- ja murskauslaitteita sekä laiteketjuja polttoaineen valmistukseen terminaalioloissa. Erilaisten lähinnä metsäenergiapohjaisten biopolttoaineiden valmistus ja toimitukset käynnistyivät Pihtiputaan terminaalissa vuoden 2010 aikana.

Tässä ohjeistuksessa on hyödynnetty pilot-terminaalin ja muutaman muun suomalaisen biopolttoaineterminaalin perustamisesta ja toiminnasta saatuja kokemuksia. Myös eri yritysten ja organisaatioiden tekemiä terminaalien toimintaa sisältäviä selvityksiä on hyödynnetty tämän käsi kirjan laadinnassa.

Aineiston kokoamiseen ja tämän käsi kirjan kirjoittamiseen ovat VTT:llä osallistuneet erikoistutkija Risto Impola ja tutkimusinsinööri Ismo Tiihonen.

Jyväskylässä 30.11.2011

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	4
2	Biopolttoaineterminaali – tehtävät ja toiminnot	5
2.1	Raaka-aineiden varastotermi naali.....	5
2.2	Valmiin polttoaineen varastotermi naali	5
2.3	Polttoaineiden tuotantotermi naali.....	5
2.4	Polttoaineiden käsittely ja laadunhallinta	6
3	Terminaalin sijainti.....	7
4	Terminaalin koko	8
4.1	Terminaalin kapasiteetti	8
4.2	Terminaalin pinta-ala	8
5	Terminaalin perustaminen	12
5.1	Terminaalin suunnittelu.....	12
5.2	Terminaalin rakentaminen.....	12
6	Terminaalii n liittyvät lupa-asiat.....	14
7	Terminaalii n varustelu	17
7.1	Raaka-aineen varastotermi naali	17
7.2	Valmiin polttoaineen varastotermi naali	17
7.3	Polttoaineen valmistus termi naalilla	17
7.3.1	Siirrettävät laitteet	17
7.3.2	Kiinteät laitteet	19
7.4	Muut termi naalilaitteet.....	19
7.5	Melun ja pölyn torjunta.....	20
8	Polttoaineiden laadunhallinta termi naalilla.....	21
8.1	Energiapuun mitta us	21
8.2	Metsähakkeen laadunmää ritys	21
8.3	Laadunhallinta termi naalilla.....	21
8.3.1	Kosteus.....	21
8.3.2	Palakoko	23
8.3.3	Epäpuhtaudet.....	23
8.3.4	Sekoitus	24
9	Polttoaineiden uudet kuljetusmuodot.....	25
10	Terminaalii n liiketoimintamallit.....	27
11	Muu mahdollinen toiminta termi naalilla.....	30
11.1	Terminaalii n turvetuotantoalueella	30
11.2	Sivutuotteet.....	30
11.3	Kierrätyspuu.....	30
11.4	Jalostus.....	30
11.5	Lämpöyrittä jyy s	30
12	Terminaalii n kustannukset.....	32
12.1	Perustaminen ja investoinnit	32
12.2	Terminaalii n toiminta.....	34
	Lähdeviitteet	38

1 Johdanto

Metsäenergian tuotanto ja käyttö voimalaitosten polttoaineena ja mahdollisesti hyvin nopealla aikataululla myös nestemäisten biopolttoaineiden raaka-aineena kasvaa lähivuosina Suomessa. Metsähakkeen käyttö on kasvanut voimakkaasti 2000-luvulla Suomessa. Vuonna 2010 metsähakkeen käyttö kohosi ennätyslukemiin ollen 6,9 milj. m³ eli lähes 14 TWh. Lämpö- ja voimalaitoksissa käytetystä metsähakkeesta 40 % tehtiin pienpuusta (koko-, ranka- ja kuitupuu), 36 % hakkuutähteestä, 16 % kannoista ja loput 8 % järeästä, usein lahovikaisesta runkopuusta.

Metsähaketta arvioitiin käytetyn vuonna 2010 noin 800 eri kokoluokan laitoksessa. Pääosa niistä oli pieniä lämpölaitoksia. Yli 100 GWh metsähaketta käyttäviä laitoksia oli vain 30 kappaletta, mutta ne käyttivät kuitenkin lähes 70 % metsähakkeen koko määrästä. Metsähakkeen käyttötavoitteeksi Suomessa on asetettu vuoteen 2020 mennessä noin 25 TWh eli metsäenergian käytön lähes kaksinkertaistaminen 10 vuodessa. Jotta näihin käyttötavoitteisiin päästään, metsähakkeen lisäkäytön täytyy jatkossakin painottua joko uusiin suuriin bioenergialaitoksiin tai merkittäviin polttoainemuutoksiin vanhoissa laitoksissa.

Metsähakkeen tuotantoketjut ovat kehittyneet viime vuosien aikana. Tienvarsihaketus on säilyttänyt asemansa etenkin hakkuutähde- ja pienpuuhakkeen tuotannossa. Käyttöpaikkamurskaus ja -haketus käynnistyivät vuosituhannen alussa laitosten hankkiessa tehokkaita kiinteitä käyttöpaikkamurskaimia. Se on ollut vallitseva tuotantomuoto kantojen ja järeän puun murskauksessa. Kaikesta metsähakkeen tuotannosta käyttöpaikkamurskauksen osuus on vaihdellut vuosittain 25 – 35 %. Terminaalihaketuksen osuus on lisääntynyt viime vuosina. Sen osuus kaikesta metsäenergian tuotannosta oli vuonna 2010 vajaa 20 %. Hakkeen käyttömäärien kasvaessa suurissa laitoksissa metsähaketta on jatkossa hankittava entistä laajemmalla alueelta. Terminaalit tulevat olemaan jatkossa tärkeä osa metsäpolttoaineiden uudentyyppisiä hankinta- ja toimitusketjuja ja tulevat osaltaan lisäämään yritystoimintaa ja työpaikkoja uusille alueille.

Toimivat polttoaineterminaalit edellyttävät sekä teknistä kehitystyötä että taloudellisesti kannattavien liiketoimintakonseptien luomista. Terminaalien tavoitteena on toimittaa riittävän laadukkaita polttoaineita ottamalla huomioon sekä kuljetusten että voimalaitosten asettamat laatuvaatimukset. Kuljetusmatkojen ja -kustannusten kasvaessa toimitettavien polttoaineiden laadunhallinta edellyttää mm. kosteuden alenuttamista, energiatihedden lisäämistä, partikkelikoon pienentämistä sekä epäpuhtauksien poistamista.

Raaka-aineina terminaalit voivat käyttää metsäenergiaa eri muodoissa, kuten hakkuutähteitä, kantoja ja nuorten metsien energiapuuta. Myös metsäteollisuuden erilaisista sivutuotteista ja peltoenergiasta voidaan terminaalissa valmistaa voimalaitospolttoaineita. Varsinkin runsaasti epäpuhtauksia sisältävät kannot ovat haasteellinen raaka-aine tuottaa puhdasta, voimalaitoksille hyvin soveltuvaa polttoainetta.

2 Biopolttoaineterminaali – tehtävät ja toiminnot

Biopolttoaineterminaali on osa voimalaitoksille toimitettavien polttoaineiden tuotanto- ja logistiikkaketjua. Terminaalien toimintamalleista riippuen voidaan erottaa seuraavat terminaalityypit. Lisäksi terminaalin sijainnin mukaan suhteessa voimalaitokseen voidaan puhua lähi- ja kaukoterminaaleista. Myös toimintatavan mukaan terminaaleja voidaan nimittää lastaus-, käyttöpaikka-, palvelu- tai satelliittiterminaaleiksi.

2.1 Raaka-aineiden varastoterminaali

Terminaali voi olla erilaisten metsästä toimitettujen raaka-aineiden (esim. kannot, hakkuutähteet, kokopuu) keskitetty varastopaikka, josta kuivuneet raaka-aineet toimitetaan murskattavaksi tai haketettavaksi joko suoraan voimalaitoksille tai muualle. Varastopaikka valitaan hyvien kulkuyhteyksien varrelta, jotta varastosta voidaan toimittaa puupolttoaineita käyttöön myös kelirikkoaikoina.

2.2 Valmiin polttoaineen varastoterminaali

Terminaali saattaa olla valmiiden polttoaineiden (hakkeet, murskeet, sivutuotteet, seokset) varastoalue, joka toimii puskurivarastona joko yhdelle tai useammalle laitokselle ja jolla varmistetaan puupolttoainehuolto kaikissa oloissa. Nykyään useimpien voimalaitosten piha-alueilla on tällaisia biopolttoaineiden puskurivarastoja joko vain viikonlopun tarpeisiin tai pitemmiksi ajoiksi (kuva 1). Suorien toimitusten osalta puupolttoaineiden logistiikkaketjut eivät aina ole tarpeeksi joustavia huomioiden mm. nopeat muutokset laitosten polttoaineiden käyttömäärissä. Myös viikonloppuisin suorat metsäenergiatoimitukset vähenevät. Samoin vaikeat sääolot rajoittavat hetkellisesti puupolttoainetoimituksia (kovat pakkasjaksot, kelirikko aika keväällä).



Kuva 1. Voimalaitosten yhteyteen perustetut sekä raakapuun että valmiiden polttoaineiden varastoalueet turvaavat laitoksen biopolttoaineen saannin kaikissa oloissa.

2.3 Polttoaineiden tuotantoterminaali

Pelkkien varastopaikkojen lisäksi polttoaineterminaalit mielletään yhä useammin myös valmiiden polttoaineiden tuotantoalueiksi, joissa erilaisia raaka-aineita haketetaan ja murskataan valmiiksi polttoaineiksi eri kokoluokan laitoksille. Terminaalien tavoite on ollut hakkeen ja murskeen tuottaminen erilaisista metsäenergiälähteistä (ranka- ja ko-

kopuu, kannot, hakkuutähteet). Osa polttoaineterminaaleista tulee jatkossa käsittelemään pienempinä virtoina myös muita biopolttoaineita sekä mahdollisesti kehittämään muuta terminaaleille soveltuvaa yritystoimintaa.

Terminaalin koosta ja sijainnista sekä omistussuhteista ja toimintamalleista riippuen toiminta terminaaleilla voi olla jaksottaista tai jatkuvaa, mikä määrittää laitekannan laajuuden ja mitoituksen (esim. kiinteät tai siirrettävät laitteet).

2.4 Polttoaineiden käsittely ja laadunhallinta

Metsäenergian käytön lisääntyessä ja kuljetusmatkojen kasvaessa biopolttoaineiden laadunhallinnan tärkeys korostuu myös terminaaleilla. Terminaalin perustaminen aiheuttaa merkittävät investointikustannukset ja lisäksi nykyisiin muihin tuotanto- ja toimitusketjuihin verrattuna terminaalitoiminta vaatii yhden ylimääräisen purku- ja lastaus-toiminnan. Näitä lisäkustannuksia voidaan korvata terminaalioihin suunnitelluilla tehokkaimmilla ja vähemmän energiaa kuluttavilla hakkureilla ja murskaimilla. Lisäksi terminaaleilla hallituissa olosuhteissa on mahdollista parantaa polttoaineiden laatuominaisuuksia, joilla voidaan alentaa kuljetuskustannuksia ja vaikuttaa voimalaitosten käsittelyn ja polton käytettävyyteen. Epäpuhtauksien poisto, partikkelikoon hallinta, polttoaineen kuivuminen ja erilaisten polttoaineseosten tekeminen soveltuvat hyvin biopolttoaineterminaalien toimintaan.

3 Terminaalin sijainti

Biopolttoaineterminaalien maantieteellisen sijainnin määrittää, millä toimintamallilla yritys lähtee terminaalitoimintaa pyörittämään. Mikäli voimalaitoksen polttoainetarve ohjaa terminaalitoimintaa ja polttoaineen valmistusta, terminaalit sijaitsevat silloin lähellä laitosta, jopa laitoksen piha-alueella ja terminaalit toimii lähinnä yhden suuren voimalaitoksen puskurivarastona. Mikäli terminaalitoiminnasta vastaa polttoaineen toimittaja, maantieteellisen sijainnin määrittää hyödynnettävissä oleva alueellinen metsäenergiapotentiaali. Lisäksi ympäristössä on oltava käyttökohteita terminaalilla valmistetulle polttoaineelle, joko yksi iso käyttäjä tai muutamia pienempiä. Terminaalien paikkaa valittaessa on huomioitava sekä logistiikkaketjun kokonaisuus ja sen optimointi. Eli kustannustarkasteluissa on huomioitava sekä erilaisen raakapuumateriaalin kuljetusvaihtoehdot että valmiin polttohakkeen kuljetusvaihtoehdot ja -etäisyydet laitoksille. Terminaalien eräänä tavoitteena on polttoaineen laadun parantaminen ja tietyillä polttoainelajeilla on mahdollisuus hieman alentaa kuljetuskustannuksia (€/MWh).

Liikenteellisesti hyviä terminaalien paikkoja ovat valtateiden varret ja varsinkin risteysalueiden läheisyydet. Hakkeen autokuljetuksissa on nykykalustolla mahdollisuus tiettyin osin hyödyntää myös meno-paluukuljetuksia. Valmiin polttoaineen junakuljetukset voivat jatkossa lisääntyä tietyillä rataosuuksilla ja muutamia alueellisia tarkasteluja on meneillään. Mahdolliset radanvarsiterminaalit tulevat todennäköisesti olemaan yhteisterminaalieja ainespuulle ja biopolttoaineille ja niiden kuljetuksia keskitetään samoihin juniin. Tällöin terminaalien suunnittelulle asetetaan lisähaasteita mm. tilakysymysten suhteen.

Polttoaineterminaalieja on perustettu mm. vanhoihin hiekan, soran tai muun maa-aineksen ottoalueille. Niille on valmis rekkautoille soveltuva tiestö jo olemassa eikä asutusta useinkaan ole aivan alueen läheisyydessä. Asutuksen läheisyys aiheuttaa usein ongelmia sekä rekkaliikenteestä johtuen että polttoaineen valmistuksessa syntyvän melun ja mahdollisen pölyn takia.

Taajama-alueilla terminaalit voidaan sijoittaa olemassa olevien teollisuusalueiden yhteyteen, joissa saattaa jo olla ympäristön kannalta vastaavanlaista toimintaa. Valmiit rekkaliikenteelle soveltuvat kulkuyhteydet on jo olemassa, usein myös muut terminaalien perustamiseen ja toimintaan liittyvät palvelut (sähkön saanti, valaistus, jätahuolto, teiden kunnossapito talvella). Valmiiden mahdollisten käytöstä poistettujen asfalttikenttien hyödyntäminen pienentää terminaalien investointikustannuksia merkittävästi. Teollisuusalueiden yhteydessä on usein mahdollista tehdä yhteistyötä eri toimialoja edustavien yritysten kanssa (esim. erilaiset huoltopalvelut, lastauskaluston yhteiskäyttö, henkilöstön vuokraus).

4 Terminaalien koko

4.1 Terminaalien kapasiteetti

Perustettavan biopolttoaineterminaalien koko voidaan määrittää sen mukaan kuinka paljon terminaalista toimitetaan polttoainetta laitoksille vuodessa (GWh/vuosi, m³/vuosi). Suunnitteluvaiheessa on myös määritettävä terminaalien pinta-ala. Siihen vaikuttaa terminaalille valittu toimintamalli eli lähinnä varastointitarpeet sekä metsästä toimitetulle raaka-aineelle että valmiille hakkeelle ja murskeelle. Pinta-alaa varattaessa on huomioitava myös laitteiston ja rekkaliikenteen vaatima tilantarve.

Vuosittain terminaalissa käsiteltävää polttoainemäärää on arvioitava jo olemassa olevien ja mahdollisesti uusien toimitussopimusten mukaan. Kannattavuuslaskelmissa on huomioitava sekä lähiympäristön teknis-taloudellisesti korjattavissa oleva metsäenergiapotentiaali että lähialueen erikokoisten lämpö- ja voimalaitosten biopolttoaineiden käyttö. Arvioita tehtäessä on huomioitava ja tunnistettava myös alueen muiden polttoainetoimittajien toimitusmäärät ja toimintamallit. Raaka-aineen hankinta-alueen laajuus ja käyttökohteiden sijainti vaikuttavat kuljetuskustannuksiin ja myytävän polttoaineen hintaan sekä terminaalitoiminnan kannattavuuteen.

Kun terminaalissa käsiteltävä polttoainemäärä ja toimintamalli ovat tiedossa, terminaalien koko ja laitteisto voidaan mitoittaa. Laitekantaa mitoittaessa on lisäksi tiedettävä onko terminaalilla jatkuvaa toimintaa vai toimiiko se vain osan aikaa vuotta. Tämä ja myös toimintatapa määrittää käytetäänkö kiinteitä vain terminaalikäyttöön suunniteltuja murskaimia ja hakkureita vai perinteisiä myös tienvarsihaketuksessa käytettyjä mobiililaitteita. Oleellista on myös tietää jo alkuvaiheessa toimiiko terminaalii yhdessä vai kahdessa vuorossa. Varsinkin terminaalille sijoitetuilla kiinteillä laitteilla on tärkeää, että niiden käytölle saavutetaan riittävän korkea käyttöaste.

4.2 Terminaalien pinta-ala

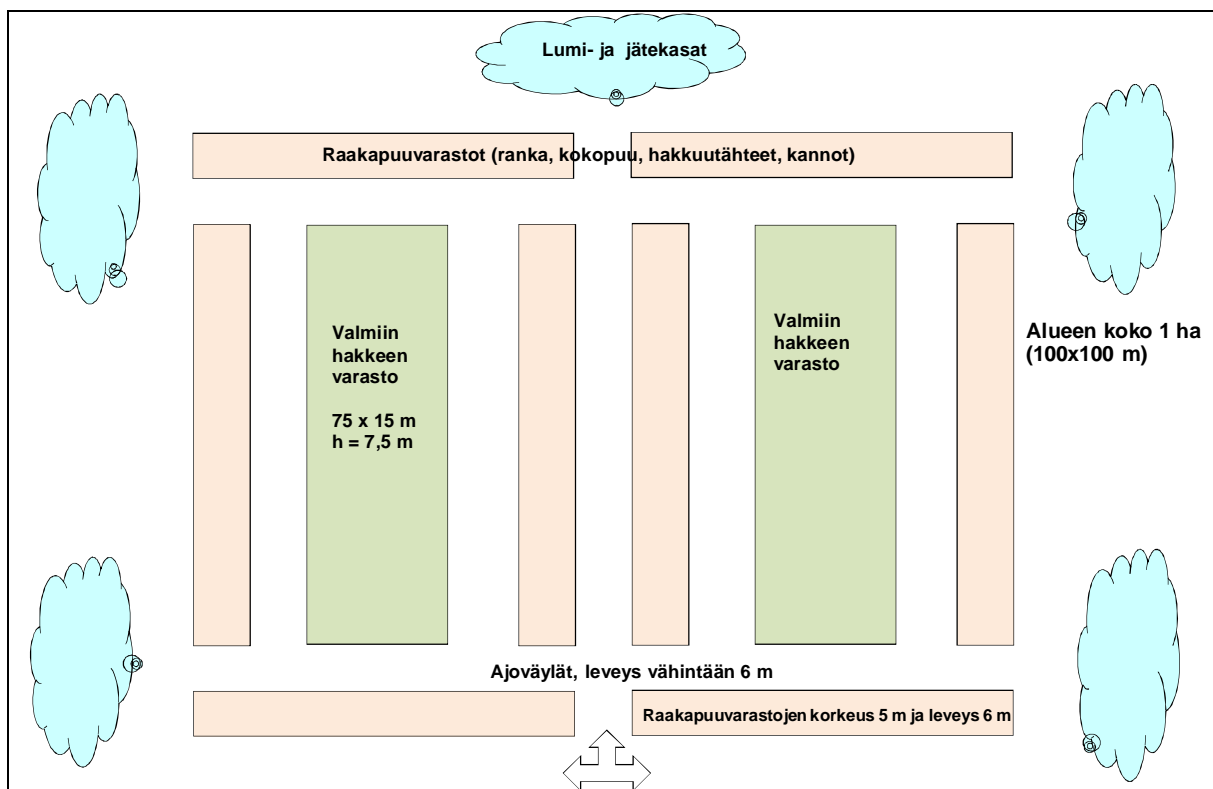
Sekä metsästä tuotettujen raaka-aineiden että valmiiden biopolttoaineiden varastointitarpeet ja varastointijaksojen pituudet määrittävät ensisijaisesti koko suunnitellun terminaalien pinta-alan tarpeen. Terminaalien pinta-alaa suunniteltaessa on huomioitava myös polttoaineen valmistuksessa käytettävien laitteiden vaatima tila. Kiinteästi sijoitettavan murskaimen ja/tai hakkurin paikka oheislaitteineen on valittava huolella, koska ne muodostavat jatkossa keskeisen osan terminaalien toimintaa.

Kiinteästi sijoitettavien laitteiden ympärille on varattava riittävästi tilaa. Murskaimelle on voitava syöttää erilaisia raaka-aineita sekä suoraan autokuormista että pyöräkuormaajalla. Valmis tuote voidaan lastata hihnakuuljettimella suoraan hakerekkaan tai varastoida tilapäisesti hakkurin tai murskaimen läheisyydessä (kuva 2). Tämän varaston koko ja vaadittava pinta-ala riippuvat purkukuljettimen pudotuskorkeudesta ja mahdollisesta kääntymissäteestä.



Kuva 2. Esimerkit sekä kiinteän suuren haketusaseman (Rovaniemen Mustikkamaa) että siirrettävän hakkurin (Pihtipudas) vaatimista tilantarpeista terminaali-alueella.

Käytettäessä liikkuvaa haketus- tai murskauskalustoa terminaaleilla suunnitelma tilan käytöstä on tehtävä jo etukäteen huolella. Toimintatapoja lienee useampia. Mobiililaitteilla on mahdollisuus siirtyä terminaaleille varastoitujen raaka-ainekasojen viereen ja raaka-aineen syöttö voidaan tehdä joko hakkurin ja murskaimen omalla tai esim. metsätraktorin syöttökouralla. Mikäli pääosin terminaalilla toimivaan mobiililaitteeseen hankitaan normaalia pidempi hakekuljetin, voidaan myös hakevarastojen kokoa kasvattaa. Kuvassa 3 on esimerkki, missä noin yhden hehtaarin alueelle on sijoitettu raaka-ainevarastot ja niiden keskelle tehdyt hake- tai murskevarastot. Raaka-ainevarastot on tässä esimerkissä mitoitettu seuraavasti; pituus 40 – 75 m, leveys 6 m ja korkeus 5 m Vastaavat mitat valmiin hakkeen varastolle ovat; pituus 75 m, leveys 15 m ja korkeus 7,5 m.



Kuva 3. Esimerkki raaka-aine- ja hakekasojen sijoittelusta ja tilantarve käytettäessä siirrettävää hakkuri- tai murskainlaitteistoa.

Kyseisellä mitoituksella ja varastojen sijoituksilla yhden hehtaarin alueelle mahtuu kerrallaan noin 7 GWh haketta tai mursketta. Vastaavasti raaka-ainevarstojen koko on rankapuuna varastoituna vajaa 14 GWh. Hakkuutähteillä, kannoilla ja kokopuulla raaka-ainevarstojen määrät jäävät pienemmästä tiiviyskertoimesta johtuen energiasisällöltään huomattavasti pienemmiksi ollen 7 – 10 GWh. Raakapuuvarastot tehdään samalla periaatteella ja samojen varastointiohjeiden mukaan kuin muuallekin. Terminaalin toimiessa tällä periaatteella varastojen tilantarve on useissa laskelmissa käytetty noin 2 MWh/m².

Rekkaliikennettä ja mobiilihakkureita varten ajoväylien leveyden on oltava vähintään 6 metriä. Raaka-ainevarastoja voidaan täyttää heti edellisen kasan haketuksen jälkeen. Haketta ja mursketta voidaan toimittaa varastoista laitoksille jatkuvasti kysynnän mukaan.

Metsäenergialla raaka-aineiden vaatima tilantarve terminaaleilla riippuu varastojen korkeudesta ja muodosta sekä varastojen tiivyydestä eli paljonko kiintotilavuutta tai energiaa varastoalue sisältää pinta-alaa kohti. Taulukossa 1 on esitetty varastojen tilantarve eri raaka-ainelajeilla ja oletetuilla varastojen tiiviyskerroimilla. Esitetyissä luvuissa on huomioitu myös varastojen välissä tarvittavien kulkuväylien vaatima pinta-ala. Taulukon mukaan esimerkiksi karsittua rankaa mahtuu samalle varastoalueelle 2 - 2,5 kertaa enemmän kuin hakkuutähdettä olettaen, että varastot ovat samankokoisia ja -muotoisia.

Taulukko 1. Eri raaka-aineiden vaatima tilantarve terminaaleilla oletetuilla varastojen tiiviyskerroimilla. Laskuissa varaston leveys on 6 m ja korkeus 5 m sekä varastokasojen välissä olevan kulkuväylän leveys 6 m.

Varaston tiiviyskerroin kiinto-m ³ /kehys-m ³		Varaston tilantarve eri puulajeilla			Pinta-ala 1 GWh kohti m ² /GWh
		kiinto-m ³ /m ²	MWh/m ²	GWh/ha	
0,70	Kuitupuu	1,75	3,50	35	286
0,60	Kuitupuu	1,50	3,00	30	333
0,50	Rankapuu	1,25	2,50	25	400
0,40	Hake/Rankapuu/Paalit	1,00	2,00	20	500
0,35	Kokopuu/Kannot	0,88	1,75	17,5	571
0,30	Kokopuu/Kannot	0,75	1,50	15	667
0,25	Hakkuutähteet	0,63	1,25	12,5	800
0,20	Hakkuutähteet	0,50	1,00	10	1000

Mikäli varastojen korkeus pienenee 5 metristä 4 metriin, varastoalueen tilantarve kasvaa samaa varastoitavaa energiamäärää kohti 25 %. Vastaavasti 3 metriä korkeilla varastoilla tarvitaan peräti 67 % enemmän terminaalilla varastointiin pinta-alaa kuin 5 metriä korkeilla varastoilla. Mahdollisimman korkeilla varastokasoilla voidaan myös parantaa raaka-aineiden säilyvyyttä varastoinnissa.

Varastojen leveyden muutokset eivät vaikuta vaadittuun pinta-alaan yhtä voimakkaasti kuin korkeus. Kun varaston leveys pienenee 6 metristä 5 metriin varastoalueen tilantarve kasvaa samaa energiamäärää kohti 10 % ja vastaavasti 4 metriä leveillä varastoilla tarvitaan 25 % enemmän pinta-alaa kuin 6 metriä leveillä varastoilla.

Mikäli varastojen välissä olevia kulkuväyliä pienennetään 6 metristä 5 metriin, varastoalueen tilantarve pienenee samaa energiamäärää kohti 8,4 % ja vastaavasti 4 metrin kulkuväylillä tilantarve pienenee noin 17 %. Terminaalialueella raaka-ainevarastoja voidaan tehdä ja purkaa, vaikka varastojen väliin ei rekkaliikenteen vaatimia ajouria jätetä. Mutta varsinkin pitkäaikaisvarastoinnissa riittävän leveät kulkuväylät varastojen välissä edistävät tehokkaasta haihtumisesta johtuvaa puukasojen kuivumista (kuva 4).



Kuva 4. Terminaalialueen hyvällä suunnittelulla ja varastomuodoilla ja varsinkin korkeudella voidaan minimoida varastoalueen vaatima pinta-ala. Kulkuväylien leveydellä ja hyvillä pohjapuilla voidaan tehostaa varastojen kuivumista ja säilyvyyttä.

Hakkuutähteillä ja kannoilla ja varsinkin hakkeella varastokasa kapenee korkeussuunnassa, mikä lisää varastoinnin tilantarvetta. Mikäli varastojen poikkileikkaus on täysin kolmionmuotoinen, varastoalueen tilantarve kaksinkertaistuu verrattuna suorakaiteen muotoiseen leikkaukseen samaa energiamäärää kohti laskettuna.

Terminaalia mitoitettaessa on huomioitava myös terminaalin puhtaanapito ja lumen poisto talvella. Tilaa täytyy olla sekä koneiden liikkumiseen että esimerkiksi talvella alueelta pois siirrettävän lumen varastointiin. Lumen poistossa on huomioitava, ettei kulkuväyliltä lunta lingota tai aurata varastokasoihin, joista sen poistaminen toimitusvaiheessa on lähes mahdotonta ja sulamisvedet kastelevat varastokasat.

Raaka-aineiden varastointi ei välttämättä vaadi asfaltoitua kenttää terminaalilla vaan niitä voidaan varastoida suoraan maapohjalla riittävän hyviä aluspuita käyttäen (kuva 4). Varastoja purettaessa on kuitenkin varmistettava, ettei kiviä ja muuta maa-ainesta nouse puiden mukana hakkurille.

Terminaalia perustettaessa ja terminaalin paikkaa valittaessa on syytä varautua myös terminaalin pinta-alan kasvutarpeeseen toiminnan mahdollisesti kasvaessa.

5 Terminaalin perustaminen

5.1 Terminaalin suunnittelu

Koska hyvin toimivan monivuotiseen käyttöön tarkoitetun biopolttoaineterminaalin perustamis- ja käyttökustannukset ovat suhteellisen korkeat, terminaalin suunnitteluun on syytä panostaa. Suomessa on jo muutamia eri toimintamalleja omaavia polttoaineterminaaleja, joiden kokemuksia voi hyödyntää terminaalin suunnitteluvaiheessa. Polttoaineterminaalia suunniteltaessa ja perustettaessa on huomioitava mm. seuraavat terminaalin tekniikkaan ja kannattavuuteen liittyvät asiat:

- terminaalin vaihtoehtoiset liiketoimintamallit
- mahdolliset yhteistyökumppanit
- terminaalin maantieteellinen ja alueellinen sijainti
- terminaalin pinta-ala ja tuotantokapasiteetti
- raaka-aineiden ja valmiin tuotteen varastointitarpeet
- ympäristövaikutukset ja -luvut
- raaka-aineen alueelliset potentiaalit
- alueen voima- ja lämpölaitokset sekä kuljetusetäisyydet
- raaka-aineen ja valmiin polttoaineen kuljetusvaihtoehdot
- terminaalin laitteet ja muu varustelu
- terminaalialueen suunnittelu
- investointi- ja käyttökustannukset sekä rahoitus ja mahdolliset avustukset
- kannattavuus ja vaihtoehtoiset toimintamuodot

Kun tiedetään terminaalin kautta kulkevat biopolttoainemäärät vuosi-, kuukausi- ja vuorokausitasolla, voidaan laskea polttoaineen kuljettamiseen ja valmistamiseen tarvittava laitteisto sekä terminaalin minimipinta-ala. Terminaalin pinta-alaa voidaan kasvattaa jo suunnitteluvaiheessa tai myöhemmin eri polttoaineiden varastointitarpeen mukaan.

5.2 Terminaalin rakentaminen

Terminaalin varsinainen perustaminen ja rakentaminen riippuvat kohteesta. Mikäli terminaali perustetaan täysin uuteen paikkaan taajaman ulkopuolelle, on varmistettava maastokartoituksilla kohteen ja maaperän soveltuvuus terminaalitoimintaa ajatellen. Koska terminaali vaatii tasaista pinta-alaa laajasti, maanrakennuskustannuksiin voidaan vaikuttaa, mikäli alueen riittävä kantavuus saavutetaan mahdollisimman pienellä massanvaihdolla.

Normaalisti terminaalin perustaminen aloitetaan puiden kaatamisella sekä kantojen ja pintamaan poistolla. Maapohja rakennetaan kantavaksi ajamalla sinne hiekkaa ja sen päälle karkeaa soraa tai soramursketta sekä kalliomursketta. Myös muuhun hyötykäyttöön soveltumattomien voimalaitostuhkien käyttöä sekä yleensä maanrakennustekniikassa että myös teiden ja terminaalialueiden pohjustukseen on selvitetty. Tuhkan käyttö maanrakennustekniikassa vaatii ympäristöluvan. Lopuksi terminaalialueen päällystäminen tehdään asfalttoimalla. Osa alueesta voidaan jättää ilman asfalttikerrosta ja käyttää sitä osaa raaka-aineiden varastoalueena. Polttoaineen valmistus sekä valmiin hakkeen tai murskeen varastointi on sijoitettava asfaltoidulle alueella, jotta

laitokselle toimitetuissa polttoaine-erissä olisi mahdollisimman vähän epäpuhtauksia. Yleensä viime vuosina perustetut terminaalit ovat käynnistyneet yhden hehtaarin asfalttialueella.

Mikäli terminaalialueelle ei tehdä salaojitusta eikä viemärointiä, sade- ja sulamisvedet voidaan ohjata alueen reunoille sopivilla pinnan kaltevuuksilla. Talviaikainen lumien poisto terminaalialueelta sekä puhtaanapidon mukana siirtyvä puuaines ja sen myöhempi käsittely on otettava huomioon alueen suunnittelussa. Ympäristölupamenetelyllä varmistetaan, ettei terminaalitoiminta tuota ongelmia mahdollisen pohjavesialueen läheisyydessä.

Mikäli terminaalille tulee kiinteitä haketus- ja murskauslaitteita, niiden oikealla sijainnilla suhteessa laitteiden syöttö- ja purkutapahtumiin sekä varastointiin voidaan vaikuttaa terminaalin jouhevaan toimintaan jatkossa. Myös rekkojen purku ja lastaus sekä terminaalialueen sisäinen liikenne on huomioitava suunnittelussa. Sekä hake- että raaka-ainevarastojen oikeilla sijoitteluilla terminaalialueella voidaan pienentää haketuksesta ja murskauksesta aiheutuvia melu- ja pölyongelmia terminaalin lähialueelle eli niillä voidaan korvata terminaalilla mahdollisesti tarvittavat kiinteät meluvallit.

Muutamia biopolttoaineterminaaleja on perustettu teollisuuslaitosten, esimerkiksi sahojen sekä vastaavia lähiterminaaleja voimalaitosten yhteyteen. Perustamiskustannukset jäävät tällöin pienemmiksi, sillä valmista kenttää, jopa asfaltoituna saattaa olla valmiina. Myös muu infra, kulkuväylät raskaalle rekkaliikenteelle, sähkö, yms. on jo olemassa. Samoin terminaalitoiminnan aloittamiseen edellyttämä ympäristölupakäytäntö saattaa yksinkertaistua. Synergiaetuja löytyy myös henkilöiden ja koneiden yhteiskäytöstä viereisten laitosten kanssa.

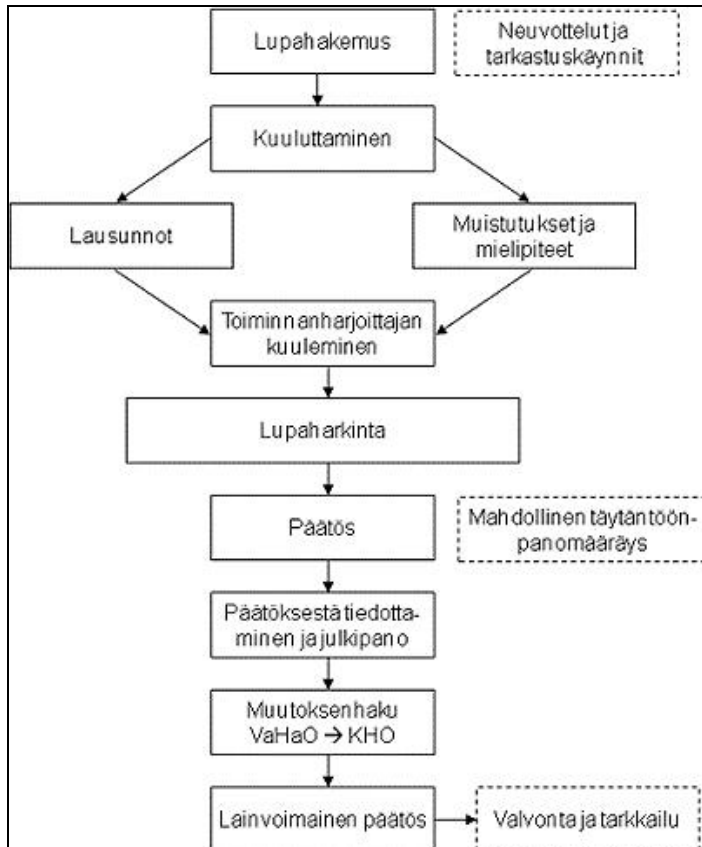


Kuva 5. Polttoaineterminaalikentän tasoitus on tehty ennen asfaltointia ja laitteiden asennustyöt on aloitettu asfaltoinnin jälkeen Pihtiputaan terminaalilla.

6 Terminaaliin liittyvät lupa-asiat

Biopolttoaineterminaalin perustaminen vaatii pääsääntöisesti ympäristöluvan. Käytäntö hieman vaihtelee alueittain. Jos on odotettavissa, että terminaalilla tapahtuvat polttoaineen valmistusprosessit ja lisääntyvä liikenne tulevat aiheuttamaan melu- ja pölyhäiriöitä lähiseudun asutukselle, on syytä aloittaa keskustelut ympäristöviranomaisten kanssa. Luvan tarve riippuu myös onko polttoaineen varastointi ja valmistus tietyllä alueella kertaluonteista vai jatkuvaa ympärivuotista teollista toimintaa. Lupa-menettelyyn vaikuttaa myös terminaalilla varastoidut ja prosessoidut raaka-aineet ja materiaalit. Esimerkiksi metsäteollisuuden sivutuotteiden sekä erilaisten kierrätys- ja jätepuun varastointi ja valmistus polttoaineeksi vaatii ympäristöluvan hankkimista.

Ympäristölupahakemus tehdään kirjallisesti ympäristönsuojeluasetuksessa määrätyle lupaviranomaiselle, käytännössä aluehallintovirastolle (AVI). Hakemuslomakkeita täyttöohjeineen ja muuta lupamenettelyyn liittyvää tietoa on saatavilla mm. valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelusta (<http://www.ymparisto.fi>). Ympäristöluvassa annetaan määräyksiä mm. toiminnan laajuudesta, päästöistä ja niiden vähentämisestä. Luvan myöntämisen edellytyksenä on muun muassa, että toiminnasta ei saa aiheutua terveyshaittaa tai merkittävää ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa. Ympäristölupaviranomainen tiedottaa hakemuksesta kuulutuksella. Hankkeen vaikutusalueen asukkailla ja viranomaisilla on tilaisuus esittää hakemuksesta muistutuksia, vaatimuksia ja mielipiteitä. Lupakäsittely etenee seuraavan kuvan 6 kaavion mukaan.



Kuva 6. Ympäristölupien käsittely etenee vaiheittain.

Biopolttoaineterminaaleja koskevat lupapäätökset sisältävät mm. seuraavaa

- kuvaus terminaalin toiminnasta ja sen maantieteellinen sijainti
- toiminnan sijaintipaikka ja sen ympäristö
- yleiskuvaus toiminnasta (varastointi, haketus/murskaus)
- toiminta-ajat, esim. 7 – 22 välisenä aikana, vrk/vuodessa
- tuotanto ja käytetyt raaka-aineet eriteltyinä (tonnia/vuosi)
- liikennejärjestelyt, käytetyt ajoreitit, rekkaa/vrk
- melu ja tärinä, polttoaineen murskaus, dB tietyille etäisyyksille
- tuotannosta aiheutuva pöly
- toiminnan ja sen vaikutusten tarkkailu (esim. kirjanpito tulevista ja lähtevistä materiaaleista)
- paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT)
- kemikaalien käyttö ja polttonesteiden varastointi
- jätteiden käsittely
- poikkeukselliset tilanteet ja niihin varautuminen
- vaikutukset yleiseen viihtyvyyteen ja ihmisten terveyteen

Biopolttoaineterminaalien ympäristölupahakemusten käsittelyvaiheissa eniten valituksia ovat aiheuttaneet terminaalista johtuva lisääntyvä rekkaliikenne sekä haketuksesta ja murskauksesta syntyvä melu, tärinä ja mahdollinen pölynmuodostuminen. Sekä vakituisen asutuksen että kesäasutuksen läheisyys suunniteltuun terminaaliin ja sinne johtaviin kulkuväyliin lisää ympäristön kriittisyyttä lupamenettelyn käsittelyn aikana.

Vesikuljetuksia varten tarvitaan joko valmiin polttoaineen lastauspaikkoja tai suurempia terminaaleja, joissa on myös polttoaineen valmistusta ja varastointia. Vesistön läheisyys mahdollisine virkistyskäyttöineen ja kesäasutuksineen asettaa suuremman haasteen ympäristölupien käsittelyllä. Rantaterminaalien osalta esillä on ollut jopa laajempi YVA-menettelyn käyttö.

Ympäristölupahakemus on syytä tehdä mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, sillä ympäristöluvan käsittely muistutuskierröksineen on hidastanut merkittävästi muutamien biopolttoaineterminaalien käynnistämistä. Ennakkoneuvotteluilla lupaviranomaisten kanssa sekä mahdollisimman täydellisillä hakemuksilla voidaan lupahakemuksen käsittelyä nopeuttaa.

Biopolttoaineterminaaleja on perustettu myös sekä voimalaitosten että muun teollisuuden yhteyteen. Koska laitoksilla on jo olemassa omaan teolliseen toimintaan liittyvät ympäristöluvat, terminaalitoiminnan aloittaminen ei aina enää vaadi omaa lupamenettelyä.



Kuva 7. Ympäristöluvissa annetaan ohjeet mahdollisista pöly- ja melupäästöistä sekä määritetään myös eri polttoaineiden sekä vuotuiset käyttömäärät että maksimi varastointimäärät.

7 Terminaalin varustelu

7.1 Raaka-aineen varastoterminaali

Mikäli terminaali toimii erilaisten metsästä tuotettujen raaka-aineiden varastoalueena, terminaalin laitevarustelua ei juuri tarvita. Varastojen teko ja purku tapahtuvat pääosin eri raaka-aineille soveltuvien metsätraktorien tai rekka-autojen omilla puutavara- ja kouranostureilla. Laajemmassa mitassa raaka-aineiden terminaalivarastoinnissa ja esimerkiksi junavaunujen lastattaessa saattaa erillinen lastauskalusto tulla kyseeseen. Samanlaiset kahmari- tai kurottajatyypiset laitteet soveltuvat myös ainespuun käsittelyyn.

7.2 Valmiin polttoaineen varastoterminaali

Mikäli terminaali toimii vain valmiin biopolttoaineen varastoalueena, polttoaineen käsittely, siirto ja lastaus edellyttävät normaalia bulkkimateriaaleille soveltuvaa kalustoa. Pyöräkuormaajaa on yleisimmin käytetty hakkeen käsittelyssä. Kuormaajan koko on oltava riittävän suuri, jotta se soveltuu hyvin sekä varastoauomojen tekoon että hakerekkojen lastaamiseen ja laitosterminaalien yhteydessä polttoaineen siirtoon aumasta laitoksen vastaanottoon. Jatkuvassa laajamittaisessa toiminnassa myös kiinteät varaston täyttö-, purku- ja siirtolaitteet voivat tulla kyseeseen. Pohjapurkuruuvi- ja hihnakuljetinlaitteet ovat käytettyä tekniikkaa mm. selluhakkeen ulkoarastoinnissa ja -käsittelyssä.

7.3 Polttoaineen valmistus terminaalilla

Varustelutarve ja -vaihtoehdot lisääntyvät, kun terminaali keskittyy polttoaineen valmistukseen ja laadun parantamiseen. Terminaalin toimintatavasta riippuen polttoaineen valmistukseen voidaan käyttää joko siirrettäviä mobiililaitteita tai kiinteitä laitteistoja. Yleisperiaate terminaalilla noudattaa muuallakin hyväksi todettua menetelmää. Suhteellisen puhtaat puupolttoaineet (ranka- ja kokopuu, hakkuutähteet) hakeetaan. Maa-ainesta ja muita epäpuhtauksia sisältävät raaka-aineet (kannot, osa hakkuutähteistä, pöydänaluskuori) murskataan polttoaineeksi hakkuriterien kunnossapitokustannusten minimoimiseksi.

7.3.1 Siirrettävät laitteet

Siirrettävät laitteet soveltuvat tekniikoiltaan hyvin myös terminaalikäyttöön, varsinkin jos terminaaleilla valmistetaan polttoaineita vain ajoittain ja lyhytkestoisissa jaksoissa. Suomessa on käytössä eri kokoluokan kalustoa sekä murskaukseen että hakeutukseen. Ne soveltuvat terminaalikäyttöön ilman mitään erikoisjärjestelyjä ja toiminta on verrattavissa normaaliin tienvarsihaketuksen ja -murskaukseen. Mobiililaitteiden käyttö terminaalilla on organisoituna tehokkaampaa, kun voidaan valmistaa suuria polttoainemääriä joko suoraan kuljetuskalustoon tai terminaalin kenttävarastoon. Laitteiston siirrot vähenevät ja toiminta on jouhevaa asfaltoidulla terminaalilla, joten käytötuntituottavuus on suurempi kuin perinteisissä tienvarsihaketusketjuissa.

Hakkurit

Suuren kokoluokan hakkurit ovat joko autoalustalle rakennettuja autohakkureita tai vedettäviä rumpu- ja laikkahakkureita. Kuvassa 8 on kaksi esimerkkiä myös terminaalihaketukseen soveltuvista mobiilihakkureista. Laittevalmistajat ilmoittavat suurimpien mobiilihakkureiden kapasiteetiksi 200 – 300 hake-m³/h (tehotuntuottavuus). Hakkureiden tuottavuus vaihtelee eri haketettavilla raaka-aineilla. Myös käytetyn pohjaseulan koko ja hakkurin terien kunto vaikuttavat sekä hakkurin tuottavuuteen että hakkeen partikkelikokoon ja -kokojakaumaan.



Kuva 8. Terminaaleilla voidaan käyttää samoja mobiilihakkureita kuin tienvarsihaketuksessa ja laitosalueella toimiessa.

Murskaimet

Eri kokoluokan murskaimia on tuotu Suomeen aluksi lähinnä kierrätyspuun ja muun vastaavan materiaalin murskaamiseen. Samoja murskaimia on myöhemmin alettu käyttämään myös metsäpolttoaineiden murskaamiseen. Murskainlaitteet ovat pääosin siirrettäviä, osa erittäin raskaita ja siten ne soveltuvat paremmin terminaalikäyttöön kuin tienvarsimurskausketjuun. Laitteiden kapasiteetti on suuri, mutta vastaavasti hintataso on myös korkea. Pohjaseulojen oikealla valinnalla saadaan voimallaisilla partikkelikooltaan hyvin soveltuvaa polttoainetta. Osa murskaimista tekee hyvin karkeaa murskettä. Niitä voidaan käyttää esimerkiksi kantojen esimurskaukseen parantamaan kantomurskeen varastointi- ja kuljetustehokkuutta.



Kuva 9. Raskaat mobiilmurskaimet soveltuvat paremmin tasaisille asfalttipäällysteisille terminaaleille kuin tienvarsimurskaukseen.

Siirrettävien laitteiden tuottavuuteen vaikuttaa haketettava ja murskattava raaka-aine sekä miten tehokkaasti ja tasaisesti raaka-aineen syöttö onnistuu. Varsinkin terminaalioloissa käytettyjen hakkurien ja murskaimien syöttömenetelmien ja -laitteiden tekniikoissa ja mitoituksissa on kehitystarpeita huomioiden eri raaka-ainelähteet.

7.3.2 Kiinteät laitteet

Kiinteän sähkökäyttöisen hakkurin tai murskaimen hankinta ja käyttö tulee kilpailukyiseksi vaihtoehdoksi terminaaleilla, kun käsiteltävät polttoainemäärät ovat riittävän suuria ja toiminta terminaalilla jatkuvaa. Muutamia kiinteitä laitteistoja on rakennettu Suomessakin terminaalikäyttöön. Esimerkkeinä Rovaniemen Energia Oy:n Mustikamaan terminaalilla on Heinolan Sahakoneet Oy:n rakentama kiinteä haketusasema, jonka mitoituskapasiteetti on jopa 450 hakekuutiota tunnissa (kuvat 2 ja 10).

Kustannustehokkuuden lisäämiseksi muutamat terminaaliyrittäjät ovat ottaneet käyttöön kiinteitä sähkökäyttöisiä murskausasemia. Niitä on toteutettu myös kierrätyspolttoaineiden valmistuksessa. KS Laatuenergia Oy:n biopolttoaineterminaalilla Pihtiputaalla on kehitetty kiinteätä kaksivaihemurskainta metsäpolttoaineiden valmistukseen (kuva 10). Nopeakäyntinen kiinteäteräinen esimurskain pienentää materiaalin alle 500 mm palakokoon. Jälkimurskaimen seuloilla voidaan vaikuttaa lopputuotteen partikkelikokoon tuottamalla joko normaalia voimalaitoskäyttöön soveltuvaa haketta tai muihin erikoistarkoituksiin soveltuvaa jopa alle 2 mm hienomursketta.



Kuva 10. Vasemmalla Rovaniemen terminaalin kiinteän hakeaseman ranka- ja kokopuulle soveltuva syöttöpöytä. Oikealla Pihtiputaan terminaalissa käytössä oleva kiinteä sähkökäyttöinen kaksivaihemurskain.

Voimalaitoksilla yleistyneet kiinteät sähkökäyttöiset käyttöpaikkamurskaimet soveltuvat tekniikaltaan myös suurimmille terminaaleille. Uusimpien suurien nopeakäyntisten ja vaakasyöttöisten murskaimien kapasiteeteiksi ilmoitetaan 400 – 500 i-m³/h. Hidaskäyntisillä roottorimurskaimilla kapasiteetit jäivät huomattavasti pienemmiksi.

7.4 Muut terminaalilaitteet

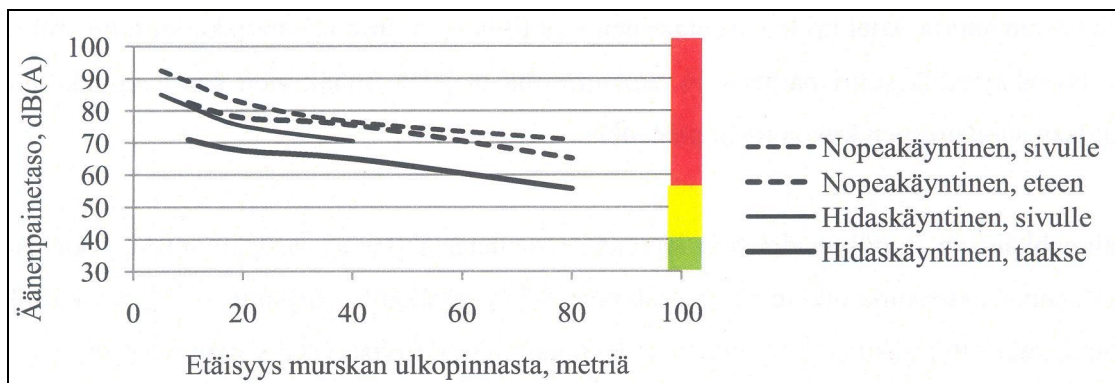
Mikäli terminaali suunnitellaan jatkuvaan ympärivuotiseen käyttöön ja se käsittelee suuria määriä polttoaineita, myös terminaalin muuhun varustukseen on syytä panostaa. Alueen valaistus tuo turvallisuutta talviajan toimintaan. Lisäksi tarvitaan erilaista varasto- ja huoltotilaa, josta osan on syytä olla lämmitettävää.

Toimitettaessa ympäri vuoden erilaisia polttoaineita useille eri kokoluokan laitoksille, terminaaliyrittäjän on syytä panostaa myös toimitetun polttoaineen laadun ja määrän mittaamiseen. Oma autovaaka on suhteellisen kallis hankinta. Sille löytyy usein myös muuta alueellista käyttöä, joten kustannuksia voidaan jakaa muun yritystoiminnan kanssa.

Polttoainekaupassa laadun määrittämisessä kosteuspitoisuus on tärkein polttoaineominaisuus. Mikäli näytteenotto järjestetään terminaalilla, kosteudenmäärittäminen ei vaadi kalliita laiteinvestointeja. Siihen riittää lämpökaapin ja analyysivaa'an hankinta sekä lämmintä tilaa niiden käyttöön. Muiden polttoaineominaisuuksien määrittäminen vaatii kalliit analyysilaitteet, joten kalorimetrisen lämpöarvon ja tarvittaessa muiden ominaisuuksien määrittäminen voi teettää tilaustyönä niitä tekeviltä laboratorioilta.

7.5 Melun ja pölyn torjunta

Taajamiin perustetuissa terminaaleissa, mutta myös syrjempänä maastossa virkistysalueiden lähellä toimittaessa on kiinnitettävä huomiota pölyn- ja meluntorjuntaan sekä työntekijöiden terveyden että ympäristön viihtyisyyden kannalta. Kuvassa 11 on esimerkkejä murskaimien aiheuttamista melutasoista ja melun vaimenemisesta tietyillä etäisyyksillä. Dieselmoottorikäyttöisen laitteen vieressä äänenpainetaso lähtee 100 dB. Avoimessa maastossa vielä 100 metrin päässä melutaso on noin 70 dB. Käytettäessä nopeakäyntisiä murskaimia terminaalin etäisyys asutuksesta on oltava vähintään noin 500 metriä, ellei melua vaimenneta tai se ei vaimennu maastoestein tai meluseinämien (Rinne 2010).



Kuva 11. Hidas- ja nopeakäyntisen, dieselmoottorilla varustetun murskaimen aiheuttamia äänenpainetasoja terminaalissa (Rinne 2010).

Kun suurimmat sallitut äänenpainetasot asuntoalueilla ovat 40 – 55 dB paikasta ja ajankohdasta riippuen, ovat suojaustoimet tarpeen asutuksen lähelle suunnitelluilla terminaaleilla. Oikein suunnitelluilla meluaidoilla saavutetaan suhteellisen tehokas melun vaimennus. Myös murskauksen ja haketuksen toteuttamisella varastokasojen välissä voidaan melun ja myös pölyn leviämistä lähiympäristöön vähentää merkittävästi. Melun ja pölyn torjunta vaatii suuria rakenteita, joita on vaikea yhdistää mobiililaitteisiin. Vesisumutuksella ja hyvin suunnitelluilla meluseinämillä voidaan ympäristöhaittoja kuitenkin torjua. Varsinkin asutuksen lähellä olevilla terminaaleilla kiinteästi suunnitellut murskaimet ja hakkurit on syytä sijoittaa rakennuksen sisään, jolloin ympäristöongelmat ovat paremmin hallittavissa.

8 Polttoaineiden laadunhallinta terminaalilla

8.1 Energiapuun mittaus

Viime vuosina on selvitetty energiapuun mittausmenetelmiä toimitusketjujen eri vaiheissa metsästä laitokselle sekä laadittu eri osapuolten hyväksymä ohjeistus Energiapuun mittaus (Lindblad ym. 2010). Energiapuun luovutusmittauksessa ja suoriteperusteisessa työmittauksessa perinteisten tilavuusmääritysten (kiinto- tai irto-m³) avuksi on hyväksytty energiapuun massanmäärittäminen (tuore- tai kuivamassa). Massanmittauksessa käytetään yleisimmin metsätraktorin tai puutavara-auton kuormaimen asennettua vaakaa. Toimitettaessa energiapuuta terminaaleihin massanmäärittäksen luotettavuus paranee, mikäli terminaali on varustettu ajoneuvovaa'alla.

8.2 Metsähakkeen laadunmäärittäminen

Voima- ja lämpölaitokset asettavat vaatimuksia polttoaineen laadulle. Aikaisemmin käytössä ollut Puupolttoaineiden laatuohje 1998 on korvattu uusilla eurooppalaisilla CEN-standardeilla. Ne antavat ohjeet hakkeen ja murskeen laatuvaatimuksille ja luokille, näytteenotolle ja -käsittelylle sekä eri ominaisuuksien määrittämismenetelmille.

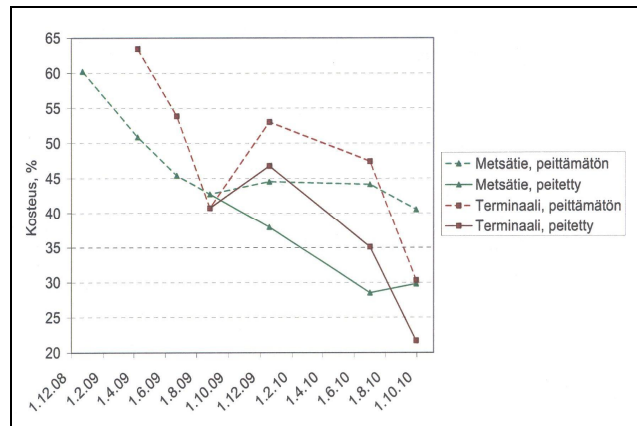
Lopullisesti biopolttoaineiden laadusta sovitaan toimitussopimuksissa. Pääsääntöisesti polttoainekaupassa laitokselle toimitettu polttoaine vaihtaa omistajaa voimalaitoksen portilla, joten laadun ja määrän mittaukset tehdään kuormien purkauksen yhteydessä. Useille eri kokoluokan laitoksille biopolttoaineita toimittavat ja läpi vuoden toimivat suurterminaalit voisivat muuttaa tilannetta siten, että polttoaineen laadun ja määrän mittaukset sovittaisiin tehtävän terminaalilla kuormien lastauksien yhteydessä. Tällöin terminaali voisi hankkia tarvittavat laitteet ja ammattitaidon näytteenottoon ja laadunmäärittämiseen, koska varsinkin pienemmillä laitoksilla kyseistä kalustoa ja henkilöstä ei nykyisin ole.

Pienemmät aluelämpölaitokset asettavat suuremmat vaatimukset puupolttoaineiden laadulle; mm. alhaisempi kosteus ja tasalaatuinen palakoko. Polttoaineen laatua voidaan hallita koko tuotanto-, varastointi-, valmistus- ja toimitusketjussa metsästä laitoksen kattilaan. Terminaalitoiminnan yleistytessä niiden osuus koko tässä laadunhallintaketjussa tulee korostumaan, koska terminaaleilla polttoaineiden varastointi, valmistus ja muu käsittely voidaan tehdä hallituimmista oloista kuin muualla tuotanto- ja toimitusketjuissa.

8.3 Laadunhallinta terminaalilla

8.3.1 Kosteus

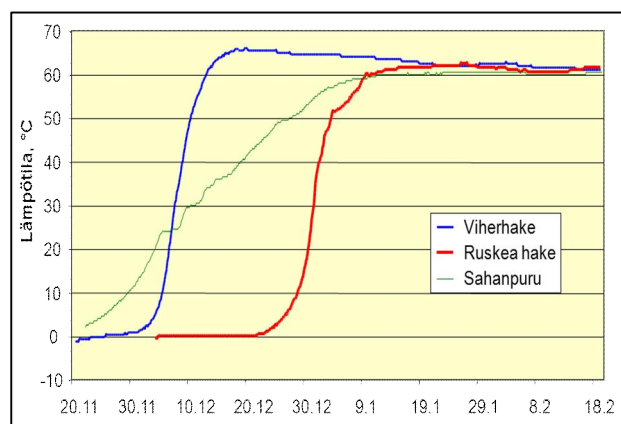
Kosteuden alentaminen ja säilyttäminen tiettyyn rajaan saakka onnistuu parhaiten varastoimalla eri metsäraaka-aineet annettujen ohjeiden mukaisesti (paikka, peittäminen, aluspuut, jne.) samoilla periaatteilla kuin nykyisin yleisesti käytetyissä tienvarstavarastoissa. Syyssateiden ja lumen vaikutusta jo kesällä kuivuneiden varastojen uudelleen kostumiseen voidaan vähentää peittämisellä varsinkin hakkuutähde- ja kokopuuvarastoilla. Kuvan 12 mukaan avoimilla terminaalialueilla varastojen uudelleen kostuminen saattaa olla voimakkaampaa kuin suojaisilla metsäalueilla.



Kuva 12. Raaka-ainevarastojen peittämisellä voidaan ehkäistä syysateiden aiheuttamaa uudelleen kostumista myös terminaalioloissa. (Erkkilä ym. 2010)

Valmiin hakkeen pitkäaikaista varastointia ei suositella varastojen lämpenemisen vuoksi. Mitä enemmän hakkeessa on mukana hienoainesta, kuten neulasmassaa, sitä nopeammin varastokasa alkaa lämmetä, muutamassa viikossa yli 60 asteeseen (kuva 13). Tällöin varastossa tapahtuu kuiva-ainetappioita eikä varaston keskikosteus juuri laske, koska varaston pintaan muodostuu kostea kerros. Eri tutkimusten mukaan varaston lämpenemisestä johtuvat kuiva-ainetappiot ovat ensimmäisen 1 - 2 kuukauden aikana 2 - 5 % ja sen jälkeen noin 1 % kuukaudessa. Varastojen lämpeneminen saattaa sopivissa oloissa johtaa itsesytyttymiseen ja varastopaloihin.

Mikäli valmiin hakkeen tai murskeen pitempiaikaista puskurivarastointia tarvitaan terminaaleilla, onnistuu se parhaiten mahdollisimman puhtaalla rankahakkeella ja varsinkin karkealla esimurskatulla materiaalilla. Kokemuksen mukaan esimerkiksi esimurskattu ja seulottu kantomurske säilyy hyvin useita kuukausia ilman varaston lämpenemistä.



Kuva 13. Vasemmalla muutaman kuukauden terminaalilla varastoitu hyvin säilyvä esimurskattu kantovarasto. Oikealla esimerkki hakkuutähdehakevarastojen nopeasta lämpenemisestä.

Muutamit voimalaitokset ovat kehittäneet menetelmiä säilyttää piha-alueellaan hakevarastoja ja laskea niiden kosteutta termisen kuivauksen avulla periaatteena johtaa lämmitettyä ilmaa varaston läpi. Tämä luonnollisesti edellyttää, että tiettyinä aikoina vuodesta on riittävän halpaa lämpöenergiaa käytössä.

8.3.2 Palakoko

Nykyiset rumpuhakkurit ja murskaimet tekevät palakooltaan riittävän tasalaatuista polttoainetta eri kokoluokan laitoksille. Palakokoa voidaan säätää murskaimien ja hakkurien pohjaseuloilla. Terminaaleilla voidaan tarvittaessa tehdä pienkattiloille soveltuvia parempilaatuisia polttoaine-eriä seulomalla hienoaines tai ylisuuret partikkelit pois.

8.3.3 Epäpuhtaudet

Seulontaa voidaan käyttää myös epäpuhtauksien poistossa. Varsinkin kantojen murskauksessa irtoava, pääosin hiekkaa ja muuta maa-ainesta sisältävä hienoaines voidaan poistaa ennen laitoksille kuljetusta ja siten parantaa kantopolttoaineiden laatua ja kuljetustehokkuutta. Menetelmiä on testattu sekä pyörivillä rumpuseuloilla että tasoseuloilla (kuva 14). Rumpuseuloja testattaessa erotetun maa-ainesta sisältävän hienoaineksen osuus oli noin 10 tilavuus-%. Tehokkailla tasoseuloilla voidaan hienoaineksen lisäksi kantojen mukana tulevat suurimmat kivet erottaa polttoaineen joukosta (kuva 15).



Kuva 14. Epäpuhtauksien poistoa kantomurskeesta on testattu sekä monivaiheisella tasoseulalla että pyörivällä rumpuseulalla.



Kuva 15. Vasemmalla tasoseulalla kantomurskeesta poistettua karkeaa kivi- ja puuainesta. Oikealla; kantoauton pohjalta laitoksilla kuorman purkupaikalle voi pahimmissa tapauksissa kertyä suuret määrät polttoon kelpaamatonta hieno- ja kiviainesta.

Metsäpolttoaineiden energiatiheyden ($\text{MWh}/\text{i-m}^3$) lisäämisellä on vaikutusta sekä kuljetusten tehokkuuteen että laitospolttolaitoksen ja polton käytettävyyteen. Energiatiheyttä nostaa alhainen kosteus, korkea lämpöarvo kuiva-aineessa sekä irtotiheyttä lisäävä optimaalinen tasakokoinen partikkelikoko.

8.3.4 Sekoitus

Pääosa bioenergiasta poltetaan seospoltona voimalaitoksissa. Koska kaikkien laitosten vastaanotto- ja käsittelyjärjestelmiä ei ole suunniteltu riittävän tehokkaiksi seostamaan erilaatuisia polttoaineita, terminaaleilta on mahdollisuus tarvittaessa toimittaa valmiita seoskuormia laitoksille. Seoksia voidaan tehdä joko murskauksen yhteydessä, varastokasoissa kentällä tai kuormauksen yhteydessä. Seoskuormilla on mahdollisuus parantaa myös tiettyjen kevyiden polttoainelaatujen, esimerkiksi ruokohelven kuljetustehokkuutta.

Polttoaineiden laadunhallinta ja kuljetustehokkuuden lisääminen ovat pääkohteet, joiden avulla varsinkin kaukana käyttökohteista sijaitsevan terminaalin kannattavuutta voidaan parantaa.

9 Polttoaineiden uudet kuljetusmuodot

Tuotantoketjuista riippumatta lähes kaikki kiinteät biopolttoaineet kuljetetaan voimalaitoksille rekkakuljetuksina maanteitse. Alhainen tilavuuspaino ja energiasisältö alentavat sekä metsäenergian raaka-aineiden että valmiiden hakelaatujen autokuljetusten kannattavuutta. Kuljetusmatkat tulevat edelleen kasvamaan metsähakkeen käytön lisääntyessä suurissa käyttökohteissa.

Kuljetusmatkojen kasvu ja mahdolliset rekkaliikenteen rajoitukset ovat lisänneet mielenkiintoa uusiin kuljetusmuotoihin. Sekä rautatie- että vesiliikennekuljetuksia käytetään Suomessa ainespuun kuljetuksissa. Molempia kuljetusmuotoja on kokeiltu myös metsäenergian kuljetuksessa sekä valmiin hakkeen että eri raaka-aineiden osalta. Sekä rautatie- että aluskuljetuksen etuna ovat suuret kertakuljetuserät, esim. 2000 – 3000 i-m³/juna ja 3000 – 5000 i-m³/alus. Suuret kuljetuserät asettavat haasteita tuotanto- ja kuljetusketjun sekä lastauspäässä että voimalaitoksien vastaanotossa (Ranta 2010).

Polttoaineita valmistavalle terminaalille uudet kuljetusmuodot asettavat uusia haasteita. Tällaisen lastauspaikkana toimivan terminaalin suunnittelussa on huomioitava erilaisten kuljetusmuotojen tarpeet. Sekä alus- että rautatiekuljetuksia varten terminaalilla on oltava valmista metsähaketta tai -mursketta riittävän suuri määrä ja siten varastoituna, että se voidaan tehokkaasti ja riittävän nopeasti lastata rautavaunuihin tai alukseen. Esimerkiksi jatkuvissa junakuljetuksissa terminaalin koko toiminta on mitoitettava riittävän suuren lastauskapasiteetin mukaan. Valmiin polttoaineen kuormaus voidaan tehdä joko riittävän tehokkaalla liikkuvalla kalustolla (kauhakuormaaja, kairavinkone) tai syöttölaitteella varustetulla hihnakuljettimella. Polttoaineen varastokasojen tulisi sijaita riittävän lähellä lastauspaikkaa, jotta lastauskustannukset voitaisiin minimoida. Jatkuvissa rautatietoimituksissa hakkeen lastauksen automatisointia lienee mahdollisuus kehittää (vaunujen siirto, täyttöasteen valvonta, siirtokuljettimien toiminta, näytteenotto, määränmittaus, jne.).

Konttien käyttö ruotsalaisen käytännön mukaan mahdollisesti yleistyy Suomessakin metsähakkeen ja muiden polttoaineiden rautatie- ja rekkakuljetuksissa. Tällöin terminaalien suunnittelussa on huomioitava sekä konttien täyttö- ja purkujärjestelmät että konttien varastointi ja tehokas siirtomenetelmä kuljetusvälineisiin.

Rautatieterminaalia suunniteltaessa on huomioitava myös muu kuin valmiin hakkeen lastaus ja kuljetus (kuva16). Osa terminaalilla käsitellystä raaka-aineesta voidaan myös tuoda terminaalille junakuljetuksina esimerkiksi karsittuna tai karsimattomana puuna tai kantoina. Toisaalta sama terminaalialue voi toimia myös ainespuun varastokenttänä ja junakuljetusten lastauspaikkana. Tällöin tilantarve terminaalilla kasvaa ja olisi pyrittävä joko useampiin tai pidempiin pistoraitisiin varastoalueella. Esimerkiksi nykyisin ainespuun kuljetuksiin käytetyn 24 vaunun lastaus edellyttää vähintään 550 metrin raidepituutta (likkanen 2011).



Kuva 16. Suomessa eri biopolttoaineiden rautatiekuljetus on vasta kokeiluvaiheessa, mutta Ruotsissa jo yleisemmässä käytössä. Kantokuormaa puretaan laitoksen pihalla suoraan käyttöpaikkamurskaimelle (vasen kuva) ja junassa olevia kontteja lastataan hakkeella ruotsalaisella terminaalilla (oikea kuva).

Sekä raakapuun että valmiin metsähakkeen **vesitiekuljetuksia** on kokeiltu Suomesakin sisävesiliikenteessä (Ranta 2010). Vesistöjen rannoilla sijaitsee muutamia suuria biopolttoaineita käyttäviä laitoksia, joihin on mahdollista kuljettaa metsäenergiaa vesiteitse pitkältikin etäisyydeltä. Testattavana on ollut erilaisia proomu- ja alustyyppisiä sekä raakapuun ja hakkeen lastaus- ja purkumenetelmiä (kuva 17). Vesitiekuljetusten osalta erääksi kriittiseksi tekijäksi saattaa muodostua ympäristölupien saanti rantaterminalle mahdollisten pöly- ja melurajoitusten suhteen johtuen runsaasta ranta- ja kesämökkiasutuksesta sisävesijärvien rannoilla.



Kuva 17. Sekä valmiin metsähakkeen että kokopuun vesitiekuljetuksiin liittyviä kokeiluja ja laitteiden kehitystyötä on tehty Suomen sisävesillä, lähinnä Saimaan alueella (Ranta 2010)

10 Terminaalin liiketoimintamallit

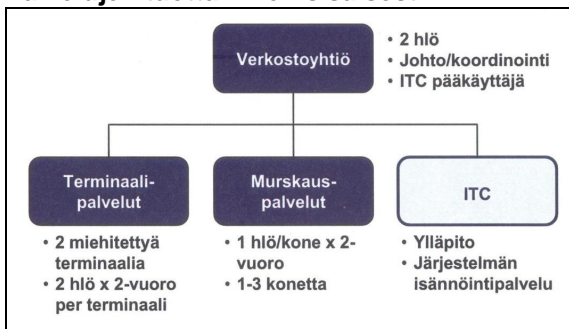
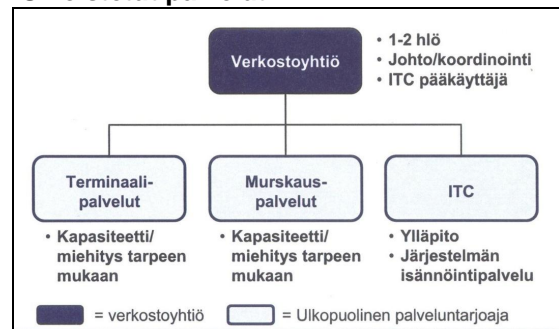
Biopolttoaineterminaalin omistus ja toimintatapa eli palvelujen tuottaminen terminaalla määrittää liiketoimintamallin. Jo terminaalin suunnitteluvaiheessa on erilaiset liiketoimintavaihtoehdot huomioitava mahdollisten alueellisten yhteistyökumppaneiden kanssa. Terminaaliverkostossa osapuolina voivat olla metsäyhtiöt ja muut metsäenergian raaka-aineiden toimittajat, kuljetusyrittäjät, haketus- ja murskausurakoitsijat sekä lämpö- ja voimalaitokset. Lisäksi kunnilla tai muilla mahdollisella yhtymillä saattaa olla mielenkiintoa omistaa terminaali-alue sekä olla rahoittamassa terminaalin infrastruktuurin rakentamista hankkeen käynnistysvaiheessa.

Liiketoiminnaltaan yksinkertaisin ratkaisu on yhden monialayrityksen omistama biopolttoaineterminaali, jonka toiminnasta myös sama yritys täysin vastaa. Esimerkki tällaisesta on KS Laatuenergia Oy:n terminaali Pihtiputaalla, jossa yritys toimittaa osan valmistamastaan polttoaineesta lähiseudun voimalaitoksille ja käyttää osan omassa lämpökeskuksessa ja myy lämmön kunnan kaukolämpöverkkoon. Myös pääosa raaka-aineesta tulee oman puunhankinnan kautta.

Vastaavia yhden yrityksen hallinnoimia terminaaleja on mm. metsäyhtiöillä. Ne ovat usein keskitettyjä, hyvien tieyhteyksien varrella olevia varastoalueita. Niissä yritys varastoi metsäraaka-aineita sekä murskaa ja hakettaa omien urakoitsijoiden toimesta metsäenergiaa, jonka se toimittaa joko omille laitoksilleen tai myy ulkopuolisille. Liiketoiminta perustuu pääosin omista puukaupoista syntyneiden metsäenergiavarojen hyödyntämiseen ja keskitetyllä terminaalityöllä parannetaan metsäpolttoainesten toimitusvarmuutta esim. kelirikkokausien ja muiden poikkeusolojen aikana. Useinkaan näiden terminaalien toiminta ei ole jatkuvaa, vaan siirrettävä haketus- tai murskauskalusto käy tarvittaessa terminaallilla hakettamassa sinne varastoidun raaka-aineen.

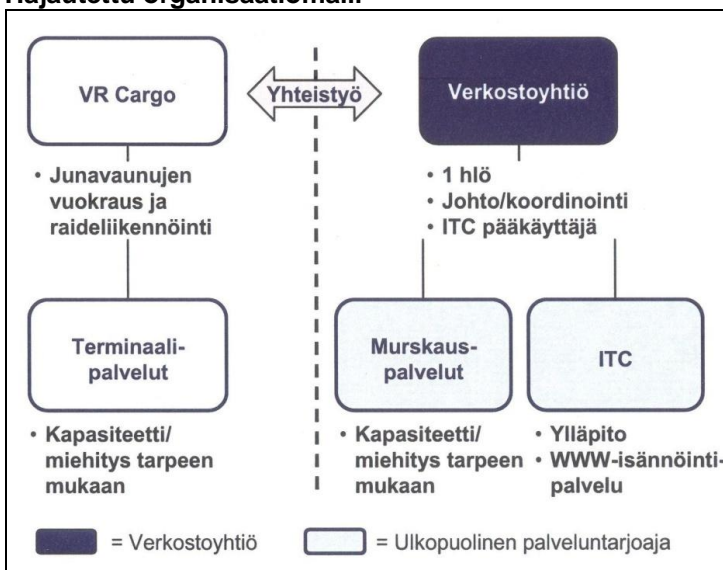
Kuvan 18 kaavioissa on kuvattu esimerkkinä kaksi verkostoitumisen **keskitettyä organisaatiomallia** (Kainuun Etu/Pöyry 2010). Terminaalin hallinnointia varten perustetaan verkostoyhtiö, joka johtaa ja koordinoi omistamansa tai vuokraamansa terminaalin toimintaa. Yhtiö voi itse vastata erilaisista terminaalin toimintaan liittyvistä palveluista (raaka-aineen hankinta, varastointi, murskaus ja haketus, purku ja lastaus, huolto, mittaukset ja laadunhallinta, tietojärjestelmät, yms.). Verkostoyhtiö voi myös erilaisilla pitkäaikaisilla palvelusopimuksilla ostaa osan em. palveluista alan urakoitsijoilta ja asiantuntijaorganisaatioilta (Ulkoistetut palvelut -malli). Tällaiset laajemmat terminaalihankkeet toimivat usein myös monialaterminaaleina, joissa energiapuun ohella on myös muuta toimintaa, useimmiten raakapuun varastointia ja lastausta.

Molemmissa tapauksissa päätoimija eli verkostoyhtiö vastaa kaikesta toiminnasta asiakkaiden suuntaan. Koska ulkopuolisilla palveluntarjoajilla eli aliorakoitsijoilla on valmista kalustoa ja alan erikoisosaamista, uuden terminaalin käynnistäminen on helpompaa ja todennäköisesti halvempaa Ulkoistetut palvelut -mallissa. Siinä ei myöskään päätoimijan tarvitse palkata terminaali-alueeseen vakituista työvoimaa. Haasteita tuo toiminnan joustava koordinointi useamman osapuolen kesken.

Palvelujen tuottaminen sisäisesti

Ulkoistetut palvelut


Kuva 18. Kaksi esimerkkiä keskitetyistä liiketoimintamalleista, joissa terminaaliyrittäjä joko vastaa pääosin kaikista toiminnoista (vasen kaavio) tai teettää vastaavat toiminnot urakoitsijoilla (oikea kaavio). (Kainuun Etu/Pöyry 2010)

Terminaalitoiminnan laajentuessa esimerkiksi junakuljetuksiin eli terminaalit sijaitsevat rautateiden varrella verkostoterminaaliksi joutuu tekemään tiivistä yhteistyötä sekä raideliikennöinnistä ja vaunukalustosta vastaavien sekä radanvarsiterminaalien omistavien yhtiöiden kanssa. Kuvan 19 kaaviossa on eräs esimerkki tällaisesta **hajaute- tusta organisaatiomallista**. Tässä mallissa toiminta asiakkaiden suuntaan on jaettu verkostoyhtiön ja rautatiekuljetuksista vastaavan yhtiön kesken. Kyseinen malli on jo käytössä raakapuuta varastoivissa ja lastaavissa radanvarsiterminaalissa.

Hajautettu organisaatiomalli


Kuva 19. Esimerkki laajemmasta verkostomallista, jossa vastuuta on jaettu useamman päätoimijan kesken. (Kainuun Etu/Pöyry 2010)

Suurille verkostoterminaalille on oleellista keskeytymätön toiminta läpi vuoden. Tämä edellyttää suurten materiaalivirtojen käsittelyä terminaalialueella, jolloin hankitulle kalustolle (purku ja lastaus, materiaalin siirto, murskaus ja haketus) saadaan jatkuvaa riittävää käyttöä ja esimerkiksi murskaukseen ja haketukseen voidaan käyttää kiinteitä sähkökäyttöisiä laitteita. Oleellista toiminnalle on myös riittävän laaja metsä-energiapotentiaali terminaalien läheisyydessä sekä polttoainetoimitukset useille suurille laitoksille. Rautatiekuljetukset mahdollistavat pitkätkin kuljetusmatkat.

Suuret voimalaitokset voivat olla bioterminaalien omistajia. Motiivina usein on turvata mahdollisimman tasainen bioenergian toimitusketju laitoksien vastaanottoon myös viikonloppujen aikana, jolloin puupolttoaineiden suorat toimitukset usein katkeavat tai vähenevät. Tästä johtuen useilla voimalaitoksilla on omilla piha-alueillaan terminaalihin verrattavaa hakkeen ja murskeen puskurivarastointia. Tilan salliessa laitosalueella on mahdollisuus myös varastoida raaka-aineita ja valmistaa ne polttoaineiksi joko laitoksen omalla käyttöpaikkamurskaimella tai mobiililaitteilla. Laitosalueen tila-ongelmien takia voimalaitoksen hallinnoima terminaali saattaa sijaita lähialueella, jossa eri polttoainetoimittajilla on mahdollisuus varastoida ja valmistaa metsäpolttoaineita. Toimitukset laitokselle tapahtuvat rekkakuljetuksina, joten tällaisen lähiterminaalin kannattavuus heikkenee johtuen ylimääräisestä kuormien lastauksesta. Tällöin laitoksen hallinnoiman lähiterminaalin kilpailukykyä on haettava joko edullisesta raaka-aineen hankinnasta, paremmasta laadusta tai metsäenergian toimitusvarmuudesta laitoksen kannalta.

11 Muu mahdollinen toiminta terminaalilla

Biopolttoaineterminaaleja on perustettu pääosin erilaisten metsästä toimitettujen raaka-aineiden varasto- ja jalostuspaikoiksi. Sijainnista ja omistussuhteista riippuen terminaaleja voidaan hyödyntää myös muiden kiinteiden polttoaineiden tuotanto- ja toimitusketjuissa.

11.1 Terminaali turvetuotantoalueella

Metsäpolttoaineiden varastoiminen ja valmistaminen turvesuon yhteydessä olevassa terminaalissa on luonnollinen vaihtoehto tehdä valmiita polttoaineseoksia biopolttoainetoimituksiin sellaisille voimalaitoksille, joiden vastaanotto- ja käsittelyjärjestelmässä polttoaineiden sekoittaminen ei ole mahdollista. Suotermiinaaleilta toimitettavat seospolttoaineet voivat olla erilaisia turpeen ja puupolttoaineiden sekä mahdollisesti suolla kasvatetun ruokohelven seoksia. Turvetuotantoalueiden etuna terminaalin perustamisessa on mm. valmis tiestö rekkaliikenteelle. Lisäksi turvesuot ovat usein etäämpänä asutuksesta, joten puupolttoaineiden haketus ja murskaus eivät aiheuta melu- ja pölyongelmia. Koska turvetuotantoalueet ovat suhteellisen laajoja, terminaalin varastointi ja logistiikka on suunniteltava hyvin etenkin seospolttoaineita toimitettaessa.

11.2 Sivutuotteet

Samoja etuja on mahdollisuus saavuttaa perustettaessa metsäenergiaterminaali teollisuuslaitosten yhteyteen tai läheisyyteen. Tällöin esimerkiksi sahojen sivutuotteet ovat eräs raaka-ainelähde terminaalista toimitetuille polttoaineille. Varsinkin kevätkauden repimätön pitkä kuusenkuori vaatii lisäkäsittelyä ennen voimalaitoksille toimitamista. Samoin kiviä sisältävä ns. pöydänaluskuori vaatii seulontaa tai muuta erotustekniikkaa ennen laitoksille toimittamista ja kattilaan syöttöä.

11.3 Kierrätyspuu

Metsäpolttoaineiden ohella terminaaleissa on mahdollisuus käsitellä polttoon soveltuvia kierrätyspuueriä. Esimerkiksi puhdas purkupuu soveltuu hyvin murskattavaksi terminaalilla ja sen alhainen kosteuspitoisuus tekee siitä hyvän seospolttoaineen eri kokoluokan laitoksilla. Kierrätyspuun käytössä on huomioitava aina laitokohtaiset ympäristöluvut.

11.4 Jalostus

Tietyissä olosuhteissa – kuivia puupolttoaineita saatavilla tai edullista kuivausenergiaa käytettävissä – terminaaleilla on mahdollisuus nostaa puupolttoaineiden jalostusastetta edelleen. Pellettien ja muiden puristeiden valmistus ja markkinointi voi olla eräs mahdollisuus lisätä terminaalin kannattavuutta. Myös perinteisten polttopuiden eli pilkkeiden valmistus, varastointi ja myynti soveltuvat hyvin terminaalin toimintaan.

11.5 Lämpöyrittäjäyys

Lämpöyrittäjäyys on lisääntynyt viime vuosina Suomessa. Siinä yrittäjä vastaa polttoaineen hankinnasta sekä lämpökeskuksen toiminnasta ja myy lämmön suoraan kun-

nalle tai muulle yhteisölle. Mikäli konekalustoa on riittävästi ja metsäenergiaa helposti saatavilla, lämpöyrittäjä voi laajentaa toimintaansa terminaalitoiminnaksi eli markkinoimalla hyvälaatuista haketta muille pienkäyttäjille. Tietyissä oloissa terminaalille sopiva sijoituspaikka voi olla kunnallisen tai teollisuuden lämpö- tai pienvoimalaitoksen vieressä, jolloin terminaaliryrittäjä vastaa myös laitoksen toiminnasta.

12 Terminaalin kustannukset

Biopolttoaineterminaalin kustannukset muodostuvat perustamis- ja laitekustannuksista sekä toiminnan aikaisista käyttökustannuksista. Yleispätevää mallia terminaalin kustannusrakenteesta ei voida esittää, vaan jokaisen terminaalin perustaminen ja sen kannattavuus on aina tarkasteltava erikseen.

12.1 Perustaminen ja investoinnit

Taulukoissa 2 ja 3 on esitetty yleisiä erilaisten maanrakennustöiden kustannuslaskelmissa käytettyjä tunnuslukuja, jotka soveltuvat myös terminaalien suunnittelun perustaksi.

Taulukko 2. Yleisiä maanrakennustöissä käytettyjä, myös terminaalien suunnitteluun soveltuvia tunnuslukuja (RIL 2006)

Yhdystie, 7 m leveä	320	€/m
Metsätie	35	€/m
Pysäköintialue	84	€/m ²
Asfalttiaukio	62	€/m ²
Sorasepelialue	47	€/m ²
Lisäraide liikennepaikalle	1100	€/m
Rautatievaihte	79 000	€/kpl
Meluvalli, 4 m korkea	200	€/m
Pohjaveden suojaus	21	€/m ²

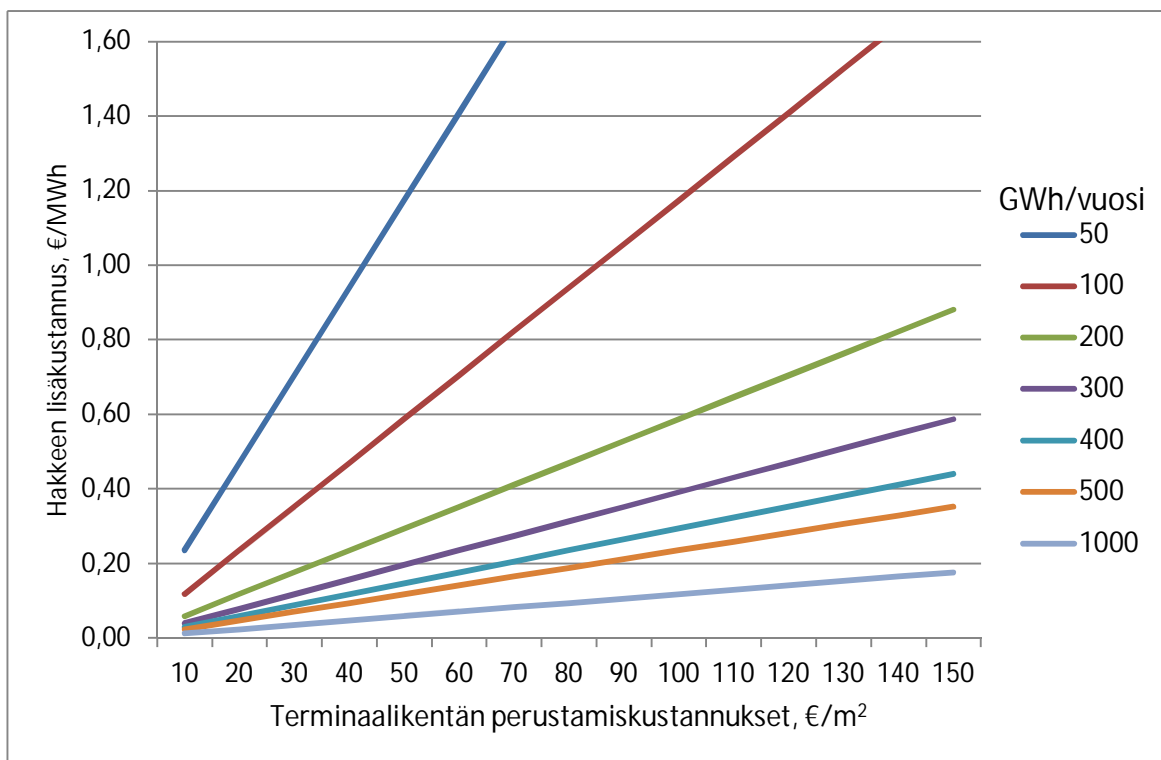
Taulukko 3. Ratahallintokeskuksen (nykyisin osa Liikennevirastoa) suunnitelmassa keskimääräisen rautatien varteen mahdollisesti rakennettavien uusien terminaalien ja puunkuormaustaikkojen tai vanhojen paikkojen laajennusten kustannusarvio (Ratahallintokeskus 2009)

Uutta raidetta	925	metriä
Varastointikenttää	1,5	ha
Vaihteita	2	kpl
Kustannusarvio	2,8	milj. €
Edellisistä arvioiden, kustannus/raidemetri	1200	€/m
Edellisistä arvioiden, maanrakennuskustannus	100	€/m ²

Muutamien tiedossa olevien rekkakuljetuksia palvelevien terminaalien perustamiskustannukset ovat jääneet huomattavasti pienemmiksi kuin taulukon 3 alimmalla rivillä mainittu radanvarsiterminaalien arvioitu kustannustaso 100 €/m². Alueen maasto-olosuhteilla on suuri merkitys perustamiskustannuksiin. Terminaalille johtavan tiestön pituus ja laatu sekä muu kustannuksia lisäävä oheisrakentaminen (sähkön tarve, valaistus, huoltotilat, yms.) vaihtelevat eri terminaaleilla.

Terminaalin laitekustannukset vaihtelevat riippuen terminaalin liiketoimintamallista. Mikäli polttoaineen valmistus sekä lastaus ja raaka-aineen vastaanotto tehdään alirakoitsijoiden toimesta mobiililaitteilla, terminaaliyrittäjällä ei ole laitekustannuksia. Vastaavasti laitekustannusten osuus korostuu terminaalin perustamisvaiheessa, mikäli terminaaliyrittäjä hankkii kiinteitä, terminaalioloihin soveltuvia omia murskain- tai haketuslaitteita.

Biopolttoaineterminaalien perustaminen on pitkäaikainen investointi, joten perustamiskustannukset on jaettava useiden vuosien aikana terminaalien kautta kulkevalle metsäenergiämäärälle. Kuvassa 20 on esitetty, miten sekä terminaalien perustamiskustannukset ilman laitehankintoja että vuosituotanto vaikuttavat terminaalilla käsitellyn polttoaineen hintaan. Lasketussa esimerkissä terminaalien pinta-ala on 1 ha ja terminaalien toiminta-ajaksi on oletettu 20 vuotta. Varsinkin suuremmilla perustamiskustannuksilla terminaalien täytyy saavuttaa riittävän suuri vuosituotanto (200 – 300 GWh/vuosi), jotta terminaalien perustamisesta syntyvät lisäkustannukset pysyvät kohtuullisina (alle 0,6 €/MWh). Alhaisilla perustamiskustannuksilla on mahdollisuus saavuttaa alle 0,2 €/MWh lisäkustannustaso tuotetun hakkeen hinnassa.

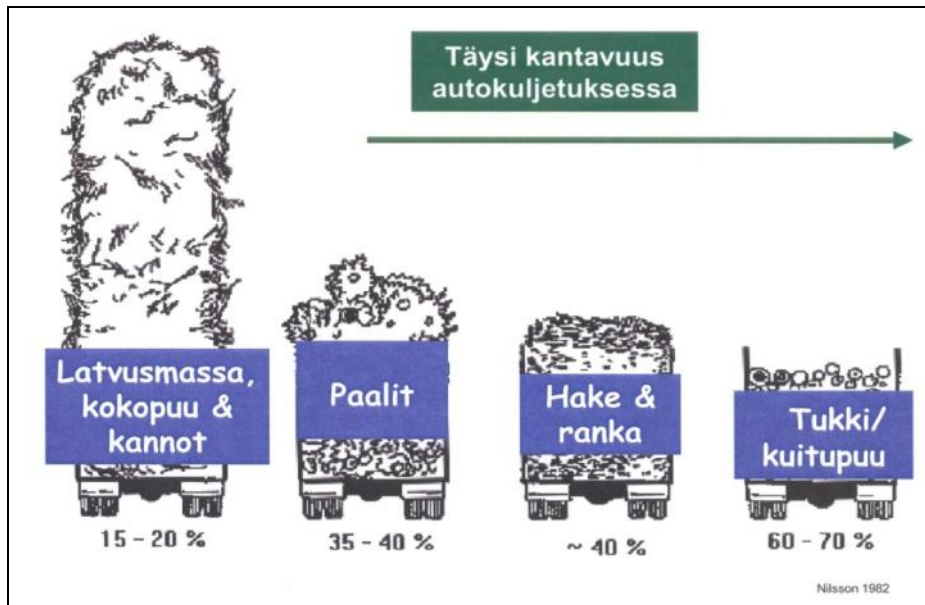


Kuva 20. Terminaalien perustamiskustannusten vaikutus tuotetun metsähakkeen hintaan (€/MWh) eri vuosituotannoilla ilman laitekustannuksia. Terminaalien pinta-ala on noin 1 ha, toiminta-aika 20 vuotta ja korko 10 %.

Bieterminaalien perustamisinvestointeihin on mahdollista saada tukea kansallisena rahoituksena valtionavustuslain (668/2001) perusteella ja EU:n rahoituksena EAKR-ohjelman kautta. Energiatuen myöntämisen yleiset ehdot on esitetty valtioneuvoston asetuksessa (1313/2007). Tuen suuruus vaihtelee hakijan, kohteen sijainnin ja hankkeen laadun mukaan. Tuki voi olla 30 – 40 % hyväksytyistä kustannuksista. Tukihakemus jätetään paikallisen ELY-keskukseen ja tuen myöntää työ- ja elinkeinoministeriö. EAKR-ohjelman kautta myönnettävän tuen suuruus terminaalien investointeihin vaihtelee esimerkiksi Keski-Suomen alueella 7,5 – 35 %:n välillä. EAKR-ohjelman kautta tulevan tuen myöntää paikallinen ELY-keskus. Työ- ja elinkeinoministeriön myöntämä kansallinen tuki bieterminaalien investointeihin on ollut Keski-Suomen alueella 20 %, kun hakijana on ollut yksityinen yritys. Kunnan ollessa hakijana tuen suuruus voi olla suurempi, jopa 35 – 40 % (Perälä 2011).

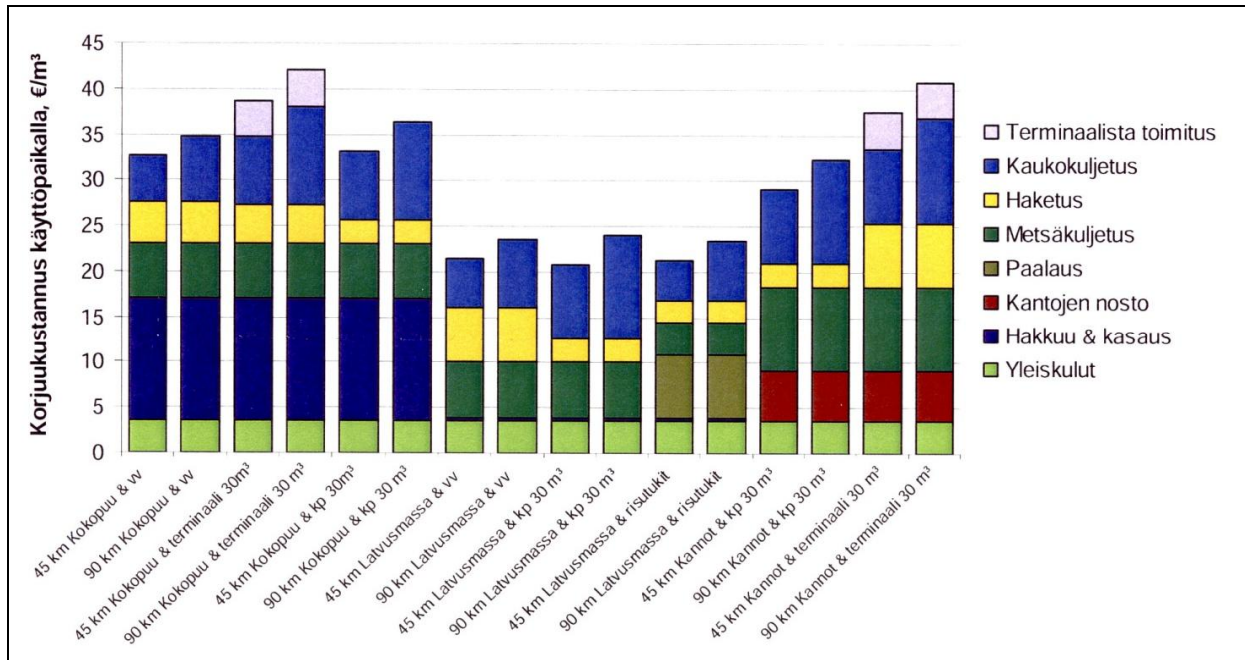
12.2 Terminaalin toiminta

Terminaalitoiminta metsäpolttoaineiden tuotanto- ja toimitusketjussa aiheuttaa investointikustannusten lisäksi vaihtelevia lisäkustannuksia. Tällaisiksi voidaan laskea raaka-aineen kuljetus ja yksi ylimääräinen purku sekä valmiin polttoaineen lastaus terminaalilla. Kun erilaisia biopolttoaineiden tuotanto- ja toimitusketjujen kustannusvertailuja tehdään ja esitetään, täytyy huomioida mm. eri metsäpolttoaineiden kuljetustiivyydet (kuva 21) ja kuljetusmatkat, koska niiden vaikutus kokonaiskustannuksiin on merkittävä.



Kuva 21. Eri metsäpolttoaineiden tiivysprosentteja, joilla on suuri vaikutus polttoaineiden kuljetuskustannuksiin (Laitila ym. 2010)

Kuvassa 22 on esitetty metsähakkeen kustannusrakenne eri korjuumenetelmillä ja metsähakelajeilla vuonna 2010 Metlan päivitettyjen laskelmien mukaan. Lähtöarvot on esitetty kuvan alla eli laskuissa on käytetty kaukokuljetusmatkoina 45 ja 90 km. Terminaalin osalta on huomioitava, että terminaali sijaitsee vain 10 km päässä laitokselta eli on ns. lähiterminaali. Terminaalissa kannot murskattiin isolla mobiilimurskaimella ja laitoksella kiinteällä käyttöpaikkamurskaimella. Nuorten metsien energia-puuvvertailussa haketus tehtiin tienvarsivarastoilla ja terminaalissa autoalustaisella rumpuhakurilla ja laitoksella kiinteällä käyttöpaikkamurskaimella. Tuotantokustannukset ketjun alkupäässä (hakkuu ja kasaus, kantojen nosto, paalaus, metsäkuljetus) on energiapuulajeittain pidetty vakioina eri ketjuvertailuissa. Tässä tarkastelussa hakkeen käsittely ja kuljetuskustannus terminaalista laitokselle kaikilla puulajeilla on noin 4 €/kiinto-m³, josta kuormauskustannuksen osuus on 0,9 €/kiinto-m³ ja loput kuljetuskustannusta 10 km matkalta laitokselle.



Kuva 22. Metsähakkeen kustannusrakenne eri korjuumenetelmillä ja metsähakelajeilla Metlan 2010 päivitettyjen laskelmien mukaan. Kuvatekstissä vv = välivarastohaketus ja kp = käyttöpaikkahaketus (Laitila ym. 2010)

Kuljetusmatkat

- metsäkuljetus 250 m
- kaukokuljetus 45 tai 90 km
- hakkeen kuljetus terminaali → laitos 10 km

Haketus ja murskaus mobiililaitteilla (€/kiinto-m³)

- hakkuutähteet 5,9
- kokopuu 4,5 (terminaalissa 3,3)
- kannot 7,0
- käyttöpaikkamurskaus 2,5

Kuormakoko (kiinto-m³) metsä- ja maantiekuljetus

- kokopuu 6,0 30
- hakkuutähteet 7,8 30
- kannot 8,6 30
- risutukit 45
- hake ja murske 44

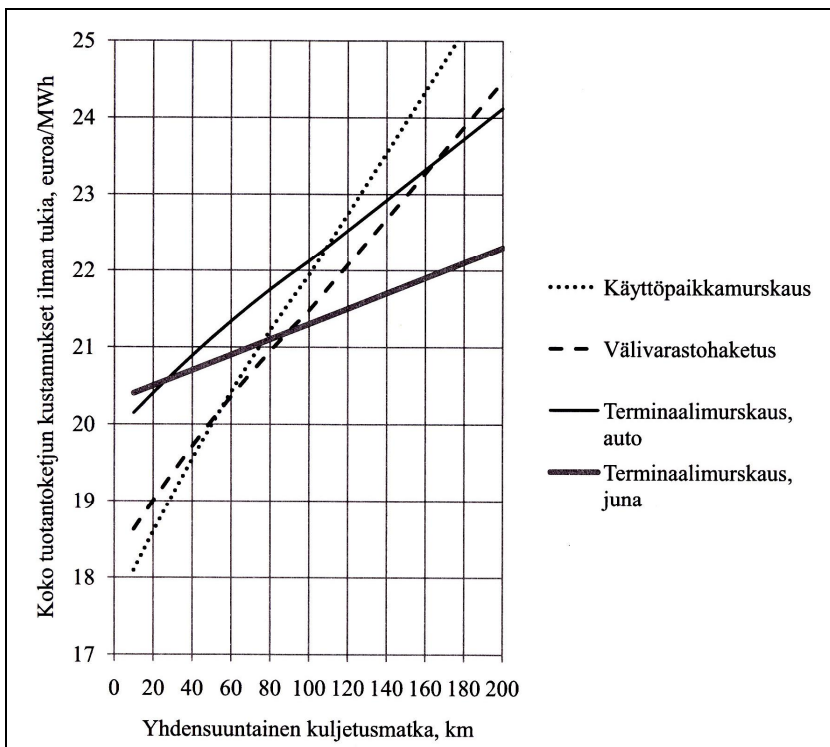
Kuten edellinen tarkastelu osoittaa, terminaali aiheuttaa tuotanto- ja toimitusketjuun lisäkustannuksia. Näitä lisäkustannuksia voidaan kompensoida seuraavilla terminaalin sisäisillä toiminnoilla. Osalla niistä voidaan parantaa terminaalista laitoksille toimitetun polttoaineen laatua

- raaka-aineen hallittu varastointi
- terminaalin optimaalinen sijainti logistiikkaketjussa tärkeimpien käyttäjien kanalta (ajomatkojen minimointi)
- laitekustannusten minimointi (oikean kokoinen murskain tai hakkuri vuosituotantoon nähden)
- toiminnan optimointi ja kapasiteetin maksimointi (yhdessä vai kahdessa vuorossa)
- laitteiden huolto hallituissa oloissa ja huoltokustannusten alentaminen
- terminaalista toimitetun polttoaineen laadun hallinta

- kuorman energiasisällön lisääminen (kosteus, irtotiheys) ja kuljetuskustannusten alentaminen
- epäpuhtauksien poisto
- seosten tekeminen
- ”laatuhakkeesta parempi hinta”

Terminaalista toimitetun metsähakkeen kuljetuskustannuksiin voidaan vaikuttaa laadun parantamisella eli rekan energiasisältö saadaan maksimoitua. Kannattavuutta pitkillä kuljetusmatkoilla voidaan lisätä myös kuljetusteknisesti. Pinnaltaan tasaisilla terminaaleilla toimittaessa rekan tilavuutta voidaan kasvattaa sekä rekan omaa painoa keventää. Toiminnan vakiintuessa terminaaleilla on mahdollisuus kuormata rekka hyvin nopeasti, jolloin ylimääräisiä odotusaikoja ei tule ja samalla kalustolla voidaan kuljettaa useampia kuormia päivässä. Vastaavasti kuormat saadaan aina täyteen yhdestä paikkaa. Kun näitä vertaa nykyiseen tienvarsihaketusketjuun, voidaan kuljetuskustannuksissa matkasta riippuen säästää 1 – 2 €/MWh (Rinne 2010).

Metsäenergian käytön lisääntyessä kuljetusmatkojen odotetaan kasvavan varsinkin suurten voimalaitosten osalta. Tällöin myös uudet kuljetusmuodot tulevat kilpailukykyisiksi ja myös terminaaliketjujen kilpailukyky paranee. Kuvassa 23 verrataan nuorten metsien energiapuun terminaalitoiminnan kannattavuutta välivarastohaketukseen ja käyttöpaikkamurskaukseen. Tässä selvityksessä terminaalin kannattavuutta on mahdollisuus parantaa polttoaineen laadun ja ennen kaikkea kuljetusteknisin keinoin. Hakkeen autokuljetuksilla terminaalitoiminta tulee kilpailukykyiseksi noin 100 km kuljetusmatkoilla. Toimivien junakuljetusten kannattavuus paranee kuljetusmatkojen kasvaessa.



Kuva 23. Esimerkki pienpuusta tehdyn polttoaineen tuotantoketjujen kokonaisvertailusta kuljetusmatkan funktiona (toiminta terminaalilla kahdessa vuorossa, suuri hakuri tai murskain, raaka-aineen alkukuljetusmatka 30 km). (Rinne 2010)

Haketus- tai murskauskustannukset harvennuksilta saadulla energiapuulla ovat edellä mainitun selvityksen mukaan perinteisessä välivarastoketjussa noin 3,4 €/MWh ja terminaalilla tai voimalaitoksella noin 2 €/MWh (Rinne 2010). Pääomakustannukset ovat kokopuuhaakkeen tuotannossa tavallisesti 1 – 1,2 €/MWh, mutta keskitetyllä terminaalilla toimittaessa noin kolmanneksen vähemmän. Kiinteillä murskaimilla pääomakustannusten osuus murskauksen kokonaiskustannuksista on noin 50 % ja mobiililaitteilla pienempi eli alle 40 %. Kiinteiden ja yleensä järeämpien laitteiden edullisuus myös terminaaleilla perustuu mm. suureen tuottavuuteen, pitkään käyttöikään ja sähkökäyttöön.

Työvoimakustannukset terminaaleilla vaihtelevat varaston ja laitteiden koosta riippuen 30 – 80 snt/MWh pienpuuta hakettaessa tai murskattaessa. Energiakustannukset dieselmoottoria käytettäessä ovat noin 50 snt/MWh ja sähkökäyttöisillä laitteilla noin 30 snt/MWh. Muut kulut, joista huolto on merkittävin, ovat 40 – 80 snt/MWh. (Rinne 2010)

Mobiililaitteiden käyttö tulee edullisemmaksi pienemmillä ja vain satunnaisesti toimivilla varastoterminaaleilla. Myös riskienhallinnan kannalta ne ovat suositeltavampia, ellei vuosittain riittävän suuria käsiteltäviä metsäenergiämääriä ole tiedossa useiksi vuosiksi eteenpäin. Pääsääntöisesti kannattaa valita sitä suurempi hakkuri tai murskain, mitä keskitetympin ja suurimmilla varastoilla toimitaan. Niiden edullisuus edellyttää kuitenkin jatkuvaa käyttöä ja riittävän suurta vuosituotantoa. Esimerkiksi kiinteillä murskaimilla pääomakustannukset voivat kasvaa noin yhdellä eurolla MWh:tia kohti, jos työskennellään yhdessä vuorossa kahden vuoron sijaan.

Terminaaliketjujen kannattavuutta voidaan parantaa mm. seuraavilla ehdoilla (Karttunen 2010):

- raaka-aineen kuivuminen, varastointi aurinkoisella ja tuulisella paikalla
- ”ylimääräinen” käsittelykerta poistaa epäpuhtauksia, voidaan tehostaa seullonnalla
- kantojen esimurskaus ja epäpuhtauksien poisto
- kiinteät sähkökäyttöiset murskaimet ja hakkurit
- riittävän suuret kapasiteetit murskaimilla ja hakkureille
- raaka-ainetta riittävästi lyhyeltä matkalta, esim. alle 30 km laitteiden kapasiteetin täyskäyttöön
- hakkeen kuljetus suurilla rekoilla (150 m³), merkittävä hyöty pitkillä kuljetusmatkoilla
- polttoaineen ominaisuudet sallivat maksimikuormat rekkoihin
- rekan nopea kuormaus kauhakuormaajalla
- ympäristölupa sallii työskentelyn kahdessa, jopa kolmessa vuorossa
- alhaiset perustamiskustannukset, tasainen ja kantava maasto
- laskentakorko ja pääoman tuotto vaatimus pieniä
- puupolttoaineiden menekki riittävän tasaista läpi vuoden

Lähdeviitteet

Alakangas, E., Keränen, J., Flyktman, M., Jetsu, P., Tukia, J. & Kataja, J. 2010. Keski-Suomen biomassavarat, tuotanto, käyttö, jalostus ja logistiikka – nykytilan analysointi. BIOCLUS –projektin raportti. VTT ja Jyväskylän ammattikorkeakoulu. 48 s. + liitt. 22 s.

Energiapuun varastointiohje. Metsäkeskus, Keski-Suomi. 2010. 4 s.

Erkkilä, A., Hillebrand, K., Raitila, J., Virkkunen, M., Heikkinen, A., Tiihonen, I. & Kaipainen, H. 2010. Kokopuun ja mäntykantojen korjuuketjujen sekä varastoinnin kehittäminen. VTT. Tutkimusraportti VTT-R-10151-10. 52 s. + liitt. 2 s.

Hillebrand, K. 2009. Energiapuun kuivaus ja varastointi. Tutkimusraportti VTT-R-07261-09. 17 s.

likkanen, P., Mukula, M., Kosonen, T. & Kiuru, T. 2009. Raakapuun terminaali- ja kuormauspaikkaverkon kehittäminen. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 4/2009. 53 s. + liitt. 12 s.

likkanen, P. & Sirkiä, A. 2011. Rataverkon raakapuun terminaali- ja kuormauspaikkaverkon kehittäminen. Kaikki kuljetusmuodot kattava selvitys. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 31/2011. 50 s. + liitt. 2 s.

Kainuun Etu Oy. 2010. Kainuun biomassaterminaalin toteuttavuus selvitys. Pöyry Management Consulting Oy. 134 s.

Karttunen, K., Föhr, J. & Ranta, T. 2010. Energiapuuta Etelä-Savosta. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Tutkimusraportti 7. 150 s.

Kärnä, K., Elo, J., Lahtinen, P., Räsänen, T., Keskinen, S., Saijonmaa, P., Heiskanen, H., Strandström, M. & Pajuoja, H. 2010. Kiinteiden polttoaineiden saatavuus ja käyttö Suomessa vuonna 2020. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 66/2010. 68 s.

Laitila, J., Leinonen, A., Flyktman, M., Virkkunen, M. & Asikainen, A. 2010. Metsähakkeen hankinta- ja toimituslogistiikan haasteet ja kehittämistarpeet. VTT Tiedotteita 2564. 143 s.

Laitila, J., 2011. Korjuuvaihtoehdot nuorten metsien energiapuun korjuussa. Metla. Bioenergian metsäseminaari 17.5.2011, Rovaniemi. 22 s.

Lindblad, J., Äijälä, O. & Koistinen, A. 2010. Energiapuun mittaus. Tapio & Metla. 31 s.

Lähdevaara, H., Savolainen, A., Paananen, M. & Vanhala, A. 2010. Mailta ja manuilta, soilta ja saloilta. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 107. 137 s.

Perälä, T., Perätä, M. & Myllylä, M. 2011. Bioterminaalin liiketoimintaselvitys. Navico Oy. Loppuraportti. 59 s.

Puupolttoaineiden kuljetusten optimointi. 2009. Keiteleen kanavatyöryhmän taustaselvitys. Merenkululaitos. 33 s.

Puupolttoaineiden laatuohje 1998. Finbio, Julkaisu 5. 33 s.

Ranta, T. 2010. Metsäenergian tehokkaat kuljetusmuodot. Itä-Suomen Bioenergia-päivät 2010. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 29 s.

RIL. 2006. Suomen rakennusinsinöörien liitto.

Rinne, S. 2010. Energiapuun haketuksen ja murskauksen kustannukset. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Diplomityö. 102 s.

Äijälä, O., Kuusinen, M. & Koistinen, A. 2010. Hyvän metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen ja kasvatukseen. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja. 31 s.