

Bioterminaalien sijainnin määrittäminen

Mikko Korpela
Miro Salomaa

Opinnäytetyö
Toukokuu 2017
Tekniikan ja liikenteen ala
Insinööri (AMK), logistiikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Korpela, Mikko Salomaa, Miro	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2017
	Sivumäärä 83	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Bioterminaalien sijainnin määrittäminen		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), logistiikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Lähdevaara, Hannu		
Toimeksiantaja(t) Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Logistiikka - Biopooli-hanke		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työn tavoitteena oli määrittää pohjoisesta Keski-Suomesta kannattava sijainti bioenergiaterminaalitoiminnalle. Sijainnin määrittäminen toteutettiin osana Jyväskylän ammattikorkeakoulun Biopooli-hanketta. Kolmivuotisen hankkeen tavoitteena on luoda uusia toimintamalleja puupolttoaineille ja kehittää niiden kilpailukykyä. Lisäksi työhön kuului tutkimustyö bioenergian markkinatilanteesta.</p> <p>Luonteeltaan työ oli alustava selvitystyö, jossa tutkittiin bioenergialiiketoimintaa ja sen kannattavuutta Keski-Suomen alueella. Terminaalien sijaintivaihtoehdoista saatiin lista toimeksiantajalta. Työssä tehtiin katselmus ehdotetuilla tonteilla ja havainnoitiin niiden maaston ja ympäristön soveltuvuutta. Alustava soveltuvuusarvio tonteista tehtiin tonteilla vierailuista tehtyjen havaintojen ja karttaohjelmien avulla. Soveltuvuusarvion avulla karsittiin lähtökohtaisesti soveltumattomat tontit, jonka jälkeen tehtiin tarkempia kustannusarvioita ja laskelmia soveltuvista tonteista.</p> <p>Kustannuslaskelmissa tarkasteltiin terminaalista aiheutuvia investointi- ja kuljetuskustannuksia. Työn tulokseksi saatiin ehdotus kannattavasta sijainnista bioenergiaterminaalille, sekä alustavat laskelmat sen toiminannasta ja kannattavuudesta. Käytännön toimenpiteitä terminaalien perustamiseksi ei tehty. Laskelmien mukaan kannattavammaksi sijainniksi terminaalitoimintaan osoittautui Viitasaarella sijaitseva Soranottoaika, merkittävä soveltuvuuteen vaikuttava tekijä olivat tontin maaston ominaisuudet ja alhaiset muokkaukuskustannukset.</p> <p>Johtopäätöksenä havaittiin, että terminaalien sijaintia määritettäessä tontin maaston ominaisuuksien rooli on erittäin merkittävä investointikustannusten ja toiminnan kannattavuuden kannalta.</p>		
Avainsanat (asiasanat)		
Hake, bioenergia, terminaalit, Biopooli		
Muut tiedot		

Author(s) Korpela, Mikko Salomaa, Miro	Type of publication Bachelor's thesis Number of pages 83	Date May 2017 Language of publication: Finnish Permission for web publication: x
Title of publication Bioterminaalin sijainnin määrittäminen		
Degree programme Insinööri (AMK), logistiikan tutkinto-ohjelma		
Supervisor(s) Lähdevaara, Hannu		
Assigned by JAMK University of Applied Sciences, Logistiikka - Biopooli-hanke		
Abstract <p>The task was to find a viable location in northern part of Central Finland for a bioenergy terminal. It was done as a part of JAMK university of applied sciences Biopooli-project. Biopooli is a three years long project and it's goal is to create new business models for wood based fuels and make them more competitive against other alternatives. Part of the thesis was also to study the market situation of the bioenergy.</p> <p>The task was a preliminary survey in which business and profitability in the bioenergy sector was researched. A list of the suggested locations for the terminals was given by the client. Evaluation of the areas were based on observations made on-site and with the help of geographic software. Observations were made of surroundings and terrain, infrastructure and distance to nearest dwelling house. Several of the suggested locations were at beginning eliminated by factors previously mentioned. Calculations of investment and operating costs were calculated for the remaining locations.</p> <p>As a result Soranottopaikka located in Viitasaari-municipality was found to be the most suitable and profitable location for bioenergy terminal. Significant factor for its viability are area's low adaptation costs.</p> <p>As a conclusion was found out that terrain has a significant effect on investment cost and profitability of operations.</p>		
Keywords/tags (subjects) Woodchips, bioenergy, terminal, Biopooli		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto	5
1.1	Biopooli-hanke	5
1.2	Työn tavoitteet	6
1.3	Työn rajaukset	6
1.4	Bioterminaali	7
1.4.1	Terminaalityyppejä	8
2	Biomassa	9
2.1	Energiapuukauppa.....	11
2.2	Hake.....	13
2.3	Biomassan laatu	14
3	Bioterminaali	16
3.1	Terminaalin sijainti ja koko.....	16
3.2	Terminaalin toiminnot.....	18
3.2.1	Varastointi ja kuivaus.....	19
3.2.2	Haketus	21
3.3	Terminaalin kustannukset	23
3.3.1	Terminaalin rakennuskustannukset	24
3.3.2	Terminaalin toimintakustannukset	25
3.3.3	Kuljetuskustannukset	28
4	Tuotantoketju	30
4.1	Kuljetukset.....	31
5	Tutkimusmenetelmät	33
5.1	Työpöytä tutkimus	34
5.2	Kenttätutkimus.....	34
5.2.1	Tonteilla vierailu	34
6	Biolaitokset ja asiakkaat	35
7	Ehdotetut tontit	36

	2
7.1 Tonttien kuvaukset.....	39
8 Laskelmat	63
8.1 Investointikustannukset	63
8.2 Kuljetuskustannukset	66
8.3 Haketuskustannukset	67
8.4 Hankintakustannukset.....	68
8.5 Muut kustannukset	68
8.6 Kustannusjakauma	69
9 Tulokset	70
9.1 Ehdottamamme sijainti	70
9.2 Nettonykyarvo ja kannattavuus	72
10 Pohdinta.....	73
10.1 Bioenergian tulevaisuus	73
10.2 Terminaalin kannattavuus.....	74
10.3 Johtopäätökset	74
Lähteet	77
Liitteet.....	80
Liite 1. Alueiden parantamiskustannukset	80
Liite 2. Saapuvien kuljetusten kustannukset	81
Liite 3. Kustannusten yhteenveto	82
Liite 4. Terminaalin nettonykyarvo inflaatio 2 %.....	83

Kuviot

Kuvio 1. Energiapuun kaukokuljetuskustannukset (Laitila & Väätäinen 2011, 120) ...	30
Kuvio 2. Biovoimaa käyttäviä laitoksia Keski-Suomessa. (Maanmittauslaitos. N.d, muokattu).....	36
Kuvio 3. Ehdotettujen tonttien sijainnit Suomessa. (Maanmittauslaitos. N.d, muokattu).....	37
Kuvio 4. Ehdotettujen tonttien sijainnit Keski-Suomessa. (Maanmittauslaitos. N.d, muokattu).....	38
Kuvio 5. Sammakkokankaan alueen maastokuva.	39
Kuvio 6. Sammakkokankaan alueen karttakuva (Paikkatietoikkuna n.d.).	40
Kuvio 7. Kolkanlahden teollisuusalueen maastokuva.	41
Kuvio 8. Kolkanlahden teollisuusalueen karttakuva (Paikkatietoikkuna n.d.).	41
Kuvio 9. Linnan pysäkin eteläpuoli maasto.	42
Kuvio 10. Linnan pysäkin eteläpuoli kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).	43
Kuvio 11. Äänekosken rajaseutu maasto.	44
Kuvio 12. Äänekosken rajaseutu kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).	44
Kuvio 13. Pylkönmäen teollisuusalue maasto.....	45
Kuvio 14. Pylkönmäen teollisuusalue kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).....	46
Kuvio 15. Ridanniemi maasto.....	47
Kuvio 16. Ridanniemi kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).....	47
Kuvio 17. Saikaantie maasto.	48
Kuvio 18. Saikaantie kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).	49
Kuvio 19. Soranottoaikka maasto.	50
Kuvio 20. Soranottoaikka kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).	50
Kuvio 21. Peräneva maasto.....	51
Kuvio 22. Peräneva kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).....	52
Kuvio 23. Saarenneva maasto.	53
Kuvio 24. Saarenneva kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).	53
Kuvio 25. Rapakonkorpi maasto.....	54
Kuvio 26. Rapakonkorpi kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).....	55
Kuvio 27. Luomapuro maasto.	56

Kuvio 28. Luomapuro kartta (Paikkatietoikkuna n.d.)	56
Kuvio 29. Töyrikangas maasto.....	57
Kuvio 30. Töyrikangas kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).....	58
Kuvio 31. Ruotinmäki maasto.	59
Kuvio 32. Ruotinmäki kartta (Paikkatietoikkuna n.d.)	59
Kuvio 33. Jätemaan kaatopaikka maasto.....	60
Kuvio 34. Jätemaan kaatopaikka kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).....	61
Kuvio 35. Kiuassuo maasto.....	62
Kuvio 36. Kiuassuo kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).....	62
Kuvio 37. Kustannusjakauma	69
Kuvio 38. Soranottoaikan ympäristö ja maasto.	71
Kuvio 39. Soranottoaikan ortokuva (Paikkatietoikkuna n.d. muokattu).	71

Taulukot

Taulukko 1. Lämpö- ja voimalaitosten kiinteiden puupolttoaineiden käyttö Suomessa 1000m ³ (Lämpö- ja voimalaitosten kiinteiden puupolttoaineiden käyttö metsäkeskusalueittain (1 000 m ³) n.d.)	10
Taulukko 2. Energiapuukaupan volyymi Suomessa 2015 (Energiapuun puukauppamäärät vuosittain n.d. muokattu).....	12
Taulukko 3. Biopolttoaineiden tilantarve (Virkkunen, Kari, Hankalin & Nummelin 2015, muokattu.).....	19
Taulukko 4 Ehdotetut tontit.....	38
Taulukko 5. Haketuksen muita kustannuksia (Rinne 2010, muokattu).	67
Taulukko 6. Energiapuun hinnan keskiarvo hankintakaupassa Keski-Suomessa (Energiapuun hinta neljännesvuosittain n.d. muokattu).	68

1 Johdanto

1.1 Biopooli-hanke

Biopooli on Jyväskylän ammattikorkeakoulun toteuttama hanke, jonka tavoitteena on parantaa kotimaisen puupolttoaineen kilpailukykyä kehittämällä uudenlaista terminaalitoimintaa. Biopooli-hanke käynnistyi keväällä 2015 ja kestää kolme vuotta. Biopooli pyrkii demonstroimaan toimintamallia, jossa kotimainen metsäbiomassa on kilpailukykyinen polttoaine. Hankkeessa on mukana Jyväskylän Ammattikorkeakoulun lisäksi useita alaan liittyviä yrityksiä, sekä pohjoisen Keski-Suomen kunnat. Biopooli-hanke toteutetaan Euroopan aluekehitysrahaston tuella.

Biopoolissa luodaan uusi yhteinen liiketoimintamalli ja toimintakonsepti, jonka toimivuutta demonstroidaan pohjoiseen Keski-Suomeen sijoitettavassa biomassaterminaalissa. Hankkeessa pyritään lisäämään puubiomassoihin perustuvaa liiketoimintaa pohjoisen Keski-Suomen ja Pohjois-Karjalan alueilla, sekä edistämään uusien puupohjaisten korkean jalostusasteen vientituotteiden kaupallistamista ja kehittämistä. Hanke toteutetaan käyttämällä ketterää kokeilukulttuuria, jossa ideoita voidaan kokeilla mahdollisimman pienellä viiveellä. Hankkeelle pyritään saamaan mahdollisimman paljon näkyvyyttä, näkyvyydellä pyritään saamaan lisää yrityksiä mukaan jalostamaan hankkeesta syntyneitä ideoita valmiiksi tuotteiksi.

Luodussa konseptissa kehitetään biomassaliiketoimintaa seuraavilla tavoilla:

1. Konenäköön perustuvan menetelmän avulla oksahake pystytään erottelemaan polttoainevirrasta. Tätä oksahaketta voidaan käyttää uusissa korkeamman lisäarvon biotuotteissa, joita pyritään viemään kansainvälisille markkinoille.
2. Kuljetusten kustannus- ja energiatehokkuuden kehittäminen hyötykuormia lisäämällä. Uusiutuvan energian hyödyntäminen hakkeen kuivauksessa.
3. Varastoinnin kehittäminen uusinta tietoutta hyväksikäyttäen, esim. itsesyttymisten ja varastointitappioiden vähentäminen, sekä biomassan varastoitavuutta parantavat käsittelyt. (Biopooli n.d.)

1.2 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä alustava selvitystyö bioenergiaterminaalin kannattavasta sijainnista Pohjoiseen Keski-Suomeen osana Jyväskylän Ammattikorkeakoulun Biopooli-hanketta. Työssä tutkitaan laajasti koko bioenergiaterminaalitoiminnan kannattavuutta alueella. Työssä pyritään löytämään mahdollisimman monta sellaista teollisuustonttia tai maapalstaa, jotka soveltuisivat erikseen määritetyillä kriteereillä bioenergian terminaalitoimintaan. Lisäksi arvioimme terminaalin kannattavuutta osana biomassojen toimitusketjua. Selvitystyön tarkoituksena oli tuottaa suuntaa-antavia tuloksia mahdollisista terminaalitoimintaan soveltuvista sijainneista, ja siitä mitä asioita on huomioitava sijainninvalinnassa.

Tavoitteena on saada tuloksia ja tietoa jota bioterminaalitoiminnasta kiinnostuneet yritykset voivat tulevaisuudessa käyttää hyväkseen toimintaansa suunniteltaessa. Lisäksi selvitetään, mikä löydetyistä terminaalipaikoista olisi soveltuvimmin terminaalitoimintaan eri kriteerien valossa. Työn tulokseksi oli tavoitteena löytää mahdollisimman optimaalinen sijainti bioenergiaterminaalille, josta se pystyisi toimittamaan materiaalia asiakkailleen kilpailukykyisin kustannuksin.

Työhön kuului:

- Selvitystyö bioenergiaterminaalin potentiaalisista asiakkaista, sekä siitä mitä asiakkaita tietyn kokoinen terminaali sijainnistaan palvelisi
- Alustavat kustannuslaskelmat terminaalin rakentamisesta ja alustavat kannattavuuslaskelmat terminaalitoiminnasta
- Selvitystyö terminaalitoimintaan soveltuvista tonteista ja niiden katselmus
- Tutkimustyö bioenergian markkinatilanteesta

1.3 Työn rajaukset

Terminaalitoimintaan kartoitettaville alueille ei tehdä melututkimusta eikä maaperätutkimusta. Myös terminaalin layoutin suunnittelu rajattiin työn ulkopuolelle. Työssä käytetään hyödyksi projektissa olevien kuntien kaavoitusosastoja, jotka antavat alustavat terminaalipaikat etukäteen asetettujen kriteerien perusteella. Kriteerit esitetään työssä jäljempänä. Biopooli-hankkeessa oli

mukana myös koeterminaali bioenergiaterminaalitoiminnalle, mutta aikataulullisista syistä se rajattiin työn ulkopuolelle.

Rajasimme myös erilaisten lisäarvopalveluiden tuottamisen suunnittelemamme terminaalin ulkopuolelle ja keskityimme kuivaus- ja kauttakulkuterminaaliin. Monet bioenergiaterminaalien lisäarvopalvelut ovat vielä harvinaisia ja konseptiasteella, niiden sisällyttäminen olisi kasvattanut työn aiheen liian laajaksi.

1.4 Bioterminaali

Bioterminaalin/bioenergiaterminaalin tarkoituksena on kehittää biopolttoaineiden logistiikkaa sekä laadunvalvontaa. Yksinkertaisimmillaan bioterminaali on halli/katos, jossa haketta voidaan varastoida, eikä se tarjoa muita lisäarvopalveluita. Nämä pienet terminaalit ovat suhteellisen yleisiä ja toimivat yritysten puskurivarastoina. Metsäjätti UPM käyttää lähellä käyttöpaikkaa sijaitsevista terminaaleista nimitystä turvavarasto. (Lähdevaara, Paananen, Savolainen & Vanhala 2010, 61.) Laadun ja toimitusvarmuuden parantaminen ovat merkittäviä terminaalin tarjoamia lisäarvopalveluita (Yrjönen, Mikkonen & Laakko 2014, 7).

Yleensä sanaa terminaali käytetään tavaran säilytyspaikasta, jonka tuotteiden vastaanottaja on jo tiedossa, kun taas varastossa tuotteiden toimitusosoitetta ei vielä tiedetä. Terminaalin tehtäviin kuuluu myös yhdistää erityyppisiä tavaravirtoja ja tehostaa logistiikkaa. Bioenergiaterminaalissa näin ei aina ole, eikä sinne saapuvan raaka-aineen osoite ei ole välttämättä vielä tiedossa. (Reinikainen, Mäntynen, Rantala & Viitanen 2002, 27–28.)

Bulkkiterminaali on terminaalityyppi, jossa käsitellään raaka-aineita pakkaamattomassa muodossa (Langford 2007, 365). Bioenergiaterminaali on toiminnaltaan lähimpänä lisäarvopalveluita tarjoavaa bulkkiterminaalia, jossa materiaalin kohde ei ole vielä tiedossa.

Terminaalia hallinnoi tyypillisesti joko toimittaja tai urakoitsija, mutta myös voimalaitos voi perustaa oman terminaalin. Terminaaleilla on omat toimintaympäristönsä, jossa ne pyrkivät toimimaan omien toimituskohteiden ja

materiaalintoimittajiensa kanssa. Vuonna 2010 Keski-Suomessa oli noin 20 bioenergiaterminaalia ja lisää suunnitteilla. (Lähdevaara ym. 2010, 59–60.)

Kannattavuus ja lisäarvo

Terminaalitoiminnan avulla hakkeen tuotantoa voidaan tasoittaa ympärivuotiseksi ja haketta voidaan tuottaa varastoon. Tämä parantaa hakkurin käyttöastetta, kun kaikki haketus ei keskity tietyille sesonkiajankohdille. Logistiikan tehostaminen on myös peruste terminaalien käytölle, sen avulla voidaan keskittää haketus ja parantaa koneiden muuten alhaista käyttöastetta (Mts. 61).

Terminaalit voivat parantaa kannattavuutta tarjoamalla erilaisia lisäarvopalveluita, näistä yleisin on hakkeen kuivaus. Kun hake kuivataan terminaalilla, sen lämpöarvo paranee ja päästöt vähenevät. Lisäarvon tuottaminen on bioterminaalien kannalta välttämätöntä, ilman sitä terminaalit ovat vain ylimääräinen tavarankäsittelypiste, josta aiheutuu kustannuksia. Toiminnaltaan bioterminaalit ovat asiakaskeskeisiä, ne tarjoavat tuotteiden kilpailukykyä parantavia palveluita, tässä tapauksessa kuivausta ja haketusta. (Saarialho, Timmerbacka, Mäkinen 1992, 293–294.) Oksahakkeen ja muiden korkeamman lisäarvon tuotteiden erottaminen materiaalivirrasta on esimerkki mahdollisista tulevaisuuden lisäarvopalveluista bioenergiaterminaalitoiminnassa. (Biopooli n.d.)

1.4.1 Terminaalityyppejä

Erityyppiset bioenergiaterminaalit voidaan luokitella toimintojensa mukaan:

Raaka-aineiden varstoterminaalien tarkoituksena on keskittää metsästä saatavien raaka-aineiden (esim. kannot, hakkuutähteet ja kokopuu) varastointia. Terminaalista raaka-aineet toimitetaan eteenpäin hakettavaksi tai murskattavaksi.

Valmiin polttoaineen varstoterminaalit toimii valmiiden polttoaineiden (hakkeet, murskeet, sivutuotteet ja seokset) puskurivarastona. Terminaalien tarkoituksena on varmistaa biopolttoaineen saatavuus kaikissa olosuhteissa. Yleensä voimalaitosten alueilla on tämän kaltaisia puskurivarastoja.

Polttoaineiden tuotantoterminaalissa metsästä saatava raaka-aine haketetaan tai murskataan valmiiksi eri laitoksille.

On yleistä, että terminaalissa yhdistyy näiden eri terminaalityyppien toimintoja, esim. samassa terminaalissa varastoidaan haketta sekä rankaa. Lisäksi terminaalit voidaan jakaa lähi- ja kaukoterminaaliksi riippuen kuinka lähellä ne sijaitsevat asiakkaitaan. On myös mahdollista luokitella terminaalit toimintatavan mukaan, joita ovat: lastaus- käyttöpaikka- palvelu- ja satelliittiterminaalit. (Impola & Tiihonen 2011, 5.)

2 Biomassa

Biomassa on uusiutuva energialähde, biomassa voi koostua mm. puusta, hakkuujätteestä tai maatalouden jämästä. Energiaa biomassasta saadaan polttamalla tai antamalla sen käydä hapettomassa tilassa, jolloin syntyy biokaasua. Biomassasta voidaan myös valmistaa etanolia, mutta se ei ole kustannustehokasta. Yleisin biomassan käyttötapa on polttaminen. (Tietoa biomassasta 2014.) Biomassasta tuotetusta energiasta käytetään nimitystä bioenergia.

Vuonna 2016 biomassan osuus Suomen sähköntuotannosta oli 16,3 % (Sähköntuotanto n.d.). Biomassaa käytetään eniten maissa, joissa on laajamittaista metsäteollisuutta, jonka jäännösmateriaaleja voidaan käyttää energian tuotantoon.

Bioenergian etuna ovat sen alhaiset päästöt verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin. Bioenergiantuotannossa käytettävä raaka-aine on myös käytännössä jätettä, joka saadaan hyötykäyttöön tuottamalla siitä energiaa. Muita bioenergian etuja on sen alhainen varastointihävikki ja yleinen saatavuus. Bioenergian suurin ongelma on sen korkeat kustannukset verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin. (Advantages and disadvantages of bioenergy 2015.) Etenkin logistiikasta aiheutuvat kustannukset ovat korkeita bioenergian alhaisen energiatiheyden takia.

Biomassa puuteollisuuden sivutuotteena

Metsäteollisuuden seurauksena Suomessa on erittäin paljon epäsuoraa metsäenergian tuotantoa. Puun jalostusprosessien sivutuotteina syntyvät valtavat määrät erilaisia poltettavia sivutuotteita, kuten kuoria, sahanpurua ja sellun

jätelientä. (Puuntuottaja 2014.) Suomessa vuonna 2012 tuotetusta puun kokonaismäärästä yli puolet poltettiin (Puuaineista puolet polttoon 2013).

Puupolttoaineiden käyttö Suomessa

Kiinteiden puupolttoaineiden käyttö on kasvanut Suomessa viimeisen 15-vuoden aikana noin 50 % (ks. Taulukko 1), merkittävin kasvuun vaikuttanut tekijä on metsähakkeen käytön lisääntyminen. Vuonna 2015 metsähaketta käytettiin lähes kymmenkertainen määrä vuoteen 2000- verrattuna. Myös kierrätyspuun, puupellettien- ja brikettien käyttö on moninkertaistunut, mutta niiden osuus on edelleen suhteessa pieni.

Metsäteollisuuden sivutuotteet ovat suurin kiinteiden puupolttoaineiden lähde Suomessa, niiden osuus on yli puolet kaikista puupolttoaineista. Sivutuotteiden käyttö on hieman laskenut 2000-luvun aikana, eikä kasvua ole oletettavissa, niiden käyttö korreloi metsäteollisuuden tuotannon kanssa. Esimerkiksi vuoden 2008 laman aikaan metsäteollisuuden sivutuotepuiden käyttö polttoaineina laski merkittävästi metsäteollisuuden tuotannon mukana.

Taulukko 1. Lämpö- ja voimalaitosten kiinteiden puupolttoaineiden käyttö Suomessa 1000m³ (Lämpö- ja voimalaitosten kiinteiden puupolttoaineiden käyttö metsäkeskusalueittain (1 000 m³) n.d.)

Vuosi	Metsähakke	Metsäteollisuuden sivutuotepuu	Puupelletit ja -briketit	Kierrätyspuu	Puupolttoaineet yhteensä
2000	794	11037	18	173	12023
2001	958	10944	21	223	12146
2002	1270	11335	23	378	13006
2003	1722	11127	18	525	13392
2004	2308	11556	24	537	14425
2005	2606	10367	41	647	13661
2006	3061	11034	27	657	14780
2007	2661	10034	37	312	13042
2008	4032	9515	54	735	14335
2009	5421	7517	73	449	13460

2010	6238	9240	76	468	16022
2011	6847	9346	68	515	16776
2012	7620	9340	94	775	17829
2013	8003	9901	129	682	18716
2014	7550	10238	136	768	18691
2015	7349	10101	135	686	18271

Tuotannon haasteet

Metsäpolttoaineiden suurimittainen tuotanto on logistisesti haastavaa ja suurituotannon mittakaavaetuja ei saada helposti hyödynnettyä. Riittävän raaka-ainemäärän saamiseksi tuottajan on tehtävä suuri määrä kauppvoja, energiapuun on vain ainespuun sivutuote, joten logistinen ketju muodostuu ainespuun ehdoilla. Energiapuun tuotantopaikat ovat hajallaan ja sitä saadaan niistä vain pieniä määriä, tämä kasvattaa logistisia kustannuksia ja työn määrää. Raaka-aineena metsähake on vaihteleva ja sen laatuominaisuudet vaihtuvat varastoinnin aikana.

Yleensä polttoaineen tuottajilla on vain pienet puskurivarastot, joka lisää toimitusten tarvetta laitoksille. Suuret laitokset eivät yleensä saa metsähaketta tarpeeksi voidakseen toimia pelkästään sen avulla, tämän vuoksi ne joutuvat seostamaan siihen muita polttoaineita, tämä aiheuttaa haasteita logistiikan aikataulutukselle. (Hakkila 2004, 52.)

2.1 Energiapuukauppa

Energiapuun hinta

Vuoden 2016 kolmannella neljänneksellä energiapuun hinta keskimäärin koko maassa oli pystykaupassa 3,56 euroa ja hankintakaupassa 19,42 euroa kuutiometriltä. Energiapuun hinnoissa on erittäin suuria alueellisia eroja, myös yksittäisten kauppvojen välillä hinnat vaihtelevat suuresti. Keski-Suomessa vuoden 2016 kolmannella neljänneksellä energiapuun hinta oli pystykaupassa 3,19 euroa ja

hankintakaupassa 18,44 euroa kuutiometriltä. (Energiapuun hinta neljännesvuosittain n.d.)

Pystykauppa on puukaupan muoto jossa metsänomistaja luovuttaa ostajalle hakkuuoikeudet tietylle alueelle, ostaja vastaa puunkorjuusta, sekä sen laadusta ja kustannuksista. Hankintakauppa on puukaupan muoto, jossa myyjä sitoutuu toimittamaan tietyn puumäärät ostajalle, myyjä vastaa puunkorjuusta ja muista hakkuun kustannuksista. (Miten teen puukaupan? 2016.)

Energiapuukaupan volyymi

Vuonna 2015 energiapuukaupan kokonaisvolyymi Suomessa oli 3 524 000 m³, siitä pystykaupan osuus oli 2 317 000 m³ ja hankintakaupan osuus oli 1 206 000 m³. Energiapuukaupan kokonaisvolyymi laski noin 7 % vuoden 2014 tasosta (ks. Taulukko 2). Energiapuukauppaa on tilastoitu vasta vuodesta 2014 lähtien, jonka vuoksi siitä ei ole saatavilla pidemmän ajan tietoja.

Taulukko 2. Energiapuukaupan volyymi Suomessa 2015 (Energiapuun puukaupamäärät vuosittain n.d. muokattu)

Pystykauppa		
Energiapuulaji	Määrä 1000 m ³	Osuus %
Kannot	118	5,1
Latvusmassa	965	41,6
Kokopuu	128	5,5
Rankapuu	1106	47,7
Energiapuu yhteensä	2317	100,0
Hankintakauppa		
Energiapuulaji	Määrä 1000 m ³	Osuus %
Kannot	24	2,0
Latvusmassa	182	15,1
Kokopuu	193	16,0
Rankapuu	808	67,0
Energiapuu yhteensä	1206	100,0
Yhteensä		
Energiapuulaji	Määrä 1000 m ³	Osuus %
Kannot	142	4,0
Latvusmassa	1147	32,5
Kokopuu	321	9,1
Rankapuu	1914	54,3
Energiapuu yhteensä	3524	100,0

Energiapuukaupan määrä on vaihdellut vuosittain suuresti, mm. talvipakkaset ja fossiilisten polttoaineiden hinta ovat energiapuukauppaan vaikuttavia tekijöitä. Energiapuukauppa on kasvanut 2000-luvun aikana ja sen uskotaan kasvavan jatkossakin, merkittävä kasvuun vaikuttava tekijä on kasvava kiinnostus metsästä saatavaan uusiutuvaan energiaa kohtaan.

2.2 Hake

Hake on hakkurilla hakettua puuta. Haketta voidaan valmistaa kokopuusta, kannoista, hakkuujätteestä ja muista puujätteistä (Hake n.d.). Haketta voidaan käyttää laajasti kaiken kokoisissa lämpövoimaloissa, pienemmät voimalat ovat tarkempia hakkeen laadun suhteen, niissä ei myöskään voida käyttää liian kosteaa haketta. Hakkeen lämmitysarvo paranee sen mukaan mitä kuivempaa se on (Käyttö eri lämmityskohteissa n.d.). Hakettavaksi tarkoitettavaa energiapuuta varastoidaan pääasiassa kasoissa teiden varsilla, hyvä varastointiaika puulle on noin vuosi, jonka jälkeen se on tarpeeksi kuivaa hakettavaksi (Energiapuun varastointi n.d.).

Hakkeen käyttö Suomessa

Metsähake on merkittävin biovoimalaitosten käyttämä polttoaine. Vuonna 2015 Suomessa käytettiin lämpö- ja voimalaitoksissa 18,3 miljoonaa kuutiometriä kiinteitä puupolttoaineita. Metsähakkeen osuus tästä oli 40 % eli noin 7,3 miljoonaa kuutiometriä, metsähakkeen käyttö supistui 3 % edellisestä vuodesta. Suurin osa metsähakkeesta valmistettiin pienpuusta. (Puun energiakäyttö 2016.) Vuonna 2010 metsähaketta käyttäviä laitoksia arvioitiin olevan noin 800, valtaosa näistä laitoksista oli pieniä. Vain 30 näistä laitoksista oli yli 100 GWh laitoksia, mutta ne käyttivät lähes 70 % metsähakkeen kokonaismäärästä. (Impola & Tiihonen 2011, 4.)

Kun otetaan mukaan myös pientaloissa poltettu hake, niin metsähakkeen kokonaiskulutus vuonna 2015 oli 8,0 miljoonaa kuutiometriä. Vuonna 2010 laaditussa Kansallisessa metsäohjelmassa 2015 oli vuodelle 2015 asetettu metsähakkeen käyttötavoitteeksi 10–12 miljoonaa kuutiometriä, joka jäi saavuttamatta. Vuodelle 2020 on kansallisessa energia ja ilmastostrategiassa

asetettu metsähakkeen käyttötavoitteeksi noin 13,5 miljoonaa kiintokuutiometriä. (Metsähakkeen käyttö supistui 2015 2016.) Metsähakkeen käyttö on viimeisen 15 vuoden aikana ollut voimakkaassa kasvussa, vuonna 2000 Suomen lämpö- ja voimalaitoksissa käytettiin metsähaketta vain noin 0,8 miljoonaa kuutiometriä (Puun energiakäyttö 2016).

Muiden kiinteiden puupolttoaineiden käyttö ei ole juuri kasvanut vuodesta 2000. Silloin kiinteiden puupolttoaineiden kokonaiskäyttö oli 12,0 miljoonaa kuutiokilometriä kun vuonna 2015 se oli 18,3 miljoonaa kuutiokilometriä. Tämä kasvu on lähes kokonaan metsähakkeen käytön lisääntymisen ansiota, muiden kiinteiden puupolttoaineiden käyttö on pysynyt lähes samana. (Mts. 2016.)

Hakkeen hinta

Vuonna 2016 metsähakkeen/-murskeen hinta käyttöpaikalla oli keskimäärin 20,89 €/MWh. Viimeisen kymmenen vuoden aikana hakkeen hinta on noussut merkittävästi, vuonna 2007 hakkeen hinta oli 12,88 €/MWh. Vuoden 2013 jälkeen hakkeen hinta ei ole merkittävästi muuttunut, vaan pysynyt noin 21 €/MWh molemmin puolin. (Kotimaisten polttoaineiden käyttäjähinnat energiantuotannossa (ei sis. alv:a) n.d.)

2.3 Biomassan laatu

Eräs metsähakkeen käyttöä rajoittava tekijä on polttoaineen laadun suuri vaihtelu. Laatu vaikuttaa polttoaineen lämpöarvoon ja laitoksen käytettävyyteen, sitä kautta se vaikuttaa myös kustannuksiin. Laatuun on kiinnitettävä huomiota alusta alkaen koko hankintaketjun ajan, laitoksella polttoaineen laatuun vaikuttaminen on haastavaa. (Hakkila 2004, 67.) Yleisesti voidaan sanoa, että mitä pienempi voimalaitos niin sitä suurempi on laadun merkitys sen toiminnalle.

Metsähakkeen laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat:

- Kosteus
- Energiatiheys
- Neulaspitoisuus
- Puhtaus

- tuhkapitoisuus
- Hiilidioksidin ominaispäästö

Kosteus

Tärkein metsähakkeen laatuominaisuus on kosteus, se vaikuttaa metsähakkeeseen monin tavoin. Kosteus vaikuttaa kuljetuskustannuksiin, kostealla puulla on enemmän massaa kiintokuutiometriä kohti. Kostean puun tehollinen lämpöarvo on heikompi kuin kuivan sillä veden haihduttaminen vie poltossa lämpöenergiaa, mikäli havupuun kosteus pudotetaan 55 %:sta 40 %:iin niin sen tehollinen lämpöarvo nousee 8 % (Etelätalo 2013, 13–14). Kosteaa puu palaa epätäydellisesti, jonka vuoksi sen polton hyötysuhde on kuivaa heikompi, tällöin puun lämpöarvoa ei pystytä hyödyntämään täydellisesti. Epätäydellisestä palamisesta seuraa myös enemmän haitallisia päästöjä. Kosteus heikentää polttoaineen säilyvyyttä, jos varastointi tapahtuu hakkeena niin silloin kemiallisten ja biokemiallisten reaktioiden takia syntyy ainetappioita ja homekasvustoja, nämä rajoittavat hakkeen pitkäaikaista varastointia. Liiallinen kosteus aiheuttaa käsittelyongelmia talvella, hake saattaa jäättyä kuormassa.

Suuremmat laitokset pystyvät kestämään kosteaa haketta ja kosteusvaihteluja paremmin kuin pienet, sillä niissä käytetään erilaista tekniikkaa kuin pienemmissä laitoksissa (Hakkila 2004, 68). Energiatehokkuuden takia laitokset kuitenkin pyrkivät mahdollisimman kuivaan ja tasalaatuiseen hakkeeseen. Suuret laitokset pyrkivät pitämään hakkeen kosteuden talvisin alle 50 % ja pienet alle 40 %.

Varastokasojen peittämisellä pystytään vaikuttamaan puun kuivumiseen. Peittämisestä saatava hyöty vaihtelee peitettävän puutyyppin mukaan. Mitä korkeampi varastokasa on, sitä alhaisemmat peittämiskustannukset sillä ovat energiayksikköä kohden. Myös varastokasan sijainti vaikuttaa puun kuivumiseen, varjossa sijaitsevan kasan kosteus on useita prosenttiyksikköjä suurempi kuin avoimella paikalla sijaitsevan. (Hillebrand 2009, 6.)

Yleisin ja edullisin kuivaustapa on luonnonkuivaus, puun annetaan kuivua pinoissa vapaasti, tämä on kuitenkin mahdollista vain kesäkausilla. Varastointitekniikoiden kehittymisen myötä luonnonkuivausta on onnistuttu tehostamaan. Myös keinokuivaus on mahdollista hyödyntämällä energiatuotannon ja teollisuuden prosesseista syntyvää sekundaarilämpöä. Tällä hetkellä keinokuivaus ei kuitenkaan

ole taloudellisesti kannattavaa, siitä aiheutuvat kustannukset ovat suuremmat kuin saavutettava hyöty. (Hakkila 2004, 69–70.)

Muut laatutekijät

Metsähake on energiatiheydeltään heikkoa, kuutio haketta sisältää suhteessa vähän energiaa verrattuna muihin polttoaineisiin. Alhainen energiatiheys vaikuttaa negatiivisesti mm. kuljetuskustannuksiin, varastojen tilantarpeeseen, sekä laitosten kapasiteettiin. Fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna puupolttoaineiden vaatima kuorma- ja varastotila on moninkertainen, tämän seurauksena metsähaketta harvoin kuljetetaan pitkiä matkoja. (Mts. 70.)

Metsähake sisältää runsaasti neulasia, joissa on runsaasti alkalimetalleja sekä klooria. Jos laitoksen kattilassa poltetaan pelkkää haketta, niin korkea klooripitoisuus voi aiheuttaa korroosiota ja vahingoittaa kattilan pintoja. Mikäli metsähakkeeseen sekoitetaan rikkipitoista turvetta, niin korrosio vähenee. (Mts. 71–72.)

Epäpuhtaiden puuaineiden tuhkapitoisuus on korkea, ja niiden poltosta syntyvä tuhka aiheuttaa kustannuksia. Epäpuhtauden torjuminen on osasy siihen miksi osa hakkuujätteestä jää uudisalueelle. Kanto- ja juuripuita käyttäessä polttoaineen sekaan joutuu eniten maa-ainesta, tämän vuoksi niitä käytetään pääasiassa vain suurissa voimalaitoksissa. (Mts. 72.)

Puuta polttaessa aiheutuu hiilidioksidipäästöjä. Hiilidioksidin ominaispäästöllä tarkoitetaan sitä, kuinka paljon hiilidioksidia syntyy poltossa energiayksikköä kohti. Puun poltosta aiheutuva hiilidioksidin ominaispäästö on korkeampi kuin monilla muilla polttoaineilla. Mutta mikäli puupolttoaine tuotetaan kestäväällä metsätaloudella, niin ilmakehän hiilidioksidipitoisuus ei käytännössä juuri lisäännny. Puubiomassa luokitellaan hiilineutraaliksi polttoaineeksi, jonka seurauksena ei vaadita päästöoikeuksia sen käyttöön energiantuotannossa. (Mts. 2004, 73.)

3 Biotermiinaali

3.1 Terminaalin sijainti ja koko

Kannattavan bioenergiaterminaalien sijaintia ja kokoa suunniteltaessa on otettava lukuisia asioita huomioon. Toiminnan suunnittelu aloitetaan selvittämällä asiakkaiden sijainti ja näiden materiaalitarve. Materiaalivirtoja analysoimalla pystytään selvittämään terminaalien tilantarve. Käytännössä terminaalien sijainti ja koko ratkaistaan tekemällä kustannustekijät huomioonottava optimointi. (Lähdevaara ym. 2010, 62.) Myös alueella sijaitseva metsäenergiapotentiaali on huomionarvoinen seikka sijaintia valitessa.

Terminaalien kokoon vaikuttaa myös sen käyttötarkoitus, jos terminaali esimerkiksi toimii yksittäisen/pienen laitoksen puskurivarastona niin sen tilantarve on vähäinen. Jos terminaali taas palvelee useampaa/isompia asiakkaita ja esimerkiksi kuivaa materiaalia niin tilantarve kasvaa.

Painovoimamalli on hyödyllinen työkalu terminaalien sijaintia optimoidessa. Se ei kuitenkaan yksin riitä sijainnin määrittämiseen, sillä painovoimamalli pyrkii vain kustannusten minimointiin eikä ota muita sijainnin kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä huomioon. (Mangan, Lalwani & Butcher 2008, 141–144.)

Kun on asiakkaiden perusteella saatu selvyyttä terminaalien tarpeesta ja volyyymista, niin voidaan siirtyä tarkempaan sijainnin valintaan. Tiestö ja ympäristöolosuhteet ovat erityisesti otettava huomioon sijaintia määritettäessä. (Pirkanmaan Liitto 2014.) Pääsääntöisesti terminaalitoimintaa varten on haettava kunnalta ympäristölupa, luvan saamisen helpottamiseksi terminaalia ei ole kannattavaa sijoittaa pohjavesialueelle (Lähdevaara ym. 2010, 62). Vanhat maa-ainesten ottoalueet ovat yleisiä paikkoja, joihin terminaaleja on sijoitettu, niiden etuna on tiestö ja läheisen asutuksen vähäisyys (Impola & Tiihonen 2011, 7).

Melu

Hakkeen tai murskeen valmistuksesta aiheutuu suuri määrä melua, pölyä ja liikennettä. Tällöin terminaalia ei voida sijoittaa liian lähelle asutusta. (Lähdevaara ym. 2010, 62.) Dieselkäyttöisen hakkurin vieressä äänenpainetaso voi olla jopa 100 dB kolmen metrin päässä. Avoimessa maastossa äänenpainetaso vaimenee noin 6 dB etäisyyden kaksinkertaistuessa, tähän kuitenkin vaikuttavat mm. alueen

pinnanmuodot ja maasto. Meluaitaa ja maavalleja voidaan käyttää vaimentamaan melua. Melun vaimentaminen aiheuttaa kustannuksia, mutta on joissakin tapauksissa välttämätöntä. (Mts. 65.)

Mikäli terminaalissa ei valmisteta haketta tai mursketta, niin terminaalin sijoittaminen lähemmäs asutusta esim. taajamaan on mahdollista. Tällöin on kuitenkin otettava huomioon kuorma-autoista aiheutuva melu. Taajamien etuna on valmis infrastruktuuri ja mahdollisesti läheinen sijainti asiakkaisiin. (Impola & Tiihonen 2011, 7.)

Tiestö

Tiestöllä on suuri merkitys terminaalien sijainnin kannalta. Pääasiassa Keski-Suomessa jo olemassa olevat bioenergiaterminaalit sijaitsevat 9- ja 4-teiden varsilla ja ovat lähellä suuria asiakkaitaan. Valtatien varrelle sijoittautuminen alentaa kuljetuskustannuksia terminaalista kohteeseen ja lyhentää kuljetusaikoja. (Lähdevaara ym. 2010, 60–61.)

Bioenergiaterminaalista on oltava myös hyvät liikenneyhteydet kanta-/valtatielle jonka läheisyyteen se sijoittuu. Teiden on oltava riittävän hyvässä kunnossa, että ne kestävät raskasta liikennettä. Etenkin talvisin huono tiestö aiheuttaa haasteita. Tontille vievää tiestöä on mahdollista parantaa, mutta se ei ole aina kustannustehokasta.

Maaston ominaisuudet

Tonttia valittaessa on otettava huomioon alueen koko, maasto, sekä pinnanmuodot. Soveltumatonkin maasto voidaan muokata terminaalikäyttöön soveltuvaksi, mutta se aiheuttaa huomattavia lisäkustannuksia. Kustannusten kannalta on kannattavaa valita valmiiksi raivattu tontti, jossa on esim. sora- tai asfalttipohja.

Terminaalien rakennuskustannuksiin vaikuttaa mm. alueen maasto, olemassa olevat rakennukset, sekä sähkö- ja vesiverkon sijainti. Myös mahdolliset laajenemismahdollisuudet ovat huomionarvoinen seikka.

3.2 Terminaalin toiminnot

3.2.1 Varastointi ja kuivaus

Biopolttoaine voidaan varastoida eri muodoissa ja näin vaikuttaa sen ominaisuuksiin, kuivumiseen sekä tarvittavan varastotilan määrään. Vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi varastoitavan biopolttoaineen muoto, kuinka tiiviisti polttoaine on, sekä sen kosteus varastoinnin alkaessa eli alkukosteus. Saman energiamäärän varastoimiseen tarvittavan varastopinta-alan laskennalliset määrät eri puunmuodoille ovat nähtävissä taulukossa 3. Puun alkukosteus vaikuttaa kuiva-aine tappioihin sekä varastointiajan pituuteen, jotta puun kosteus on sopiva asiakkaalle.

Pääasiallisesti terminaalissa raaka-aineet varastoidaan rankoina. Rankavarastoinnin etuna hakkeeseen verrattuna on alhaisempi pilaantumisherkyys ja nopeampi kuivaminen. Hakkeen varastointi vaatii asfalttipohjan, joka ei muille polttoainemuodoille ole välttämätön. Asfaltointi kasvattaa terminaalien investointikustannuksia. Yleensä terminaaliyrityksillä on kuitenkin haketta puskurivarastossa toiminnan kannalta riittävä määrä. (Yrjönen ym. 2014, 9.)

Taulukko 3. Biopolttoaineiden tilantarve (Virkkunen, Kari, Hankalin & Nummelin 2015, muokattu.)

Materiaalityyppi	Kuitupuu	Karsittu runko	Hake	Kokopuu	Hakkuujäte
Tilantarve m2/ GWh	310	400	500	619	900

Palakoon merkitys varastointiin

Biopolttoaineen varastoinnin kannalta oleellista on sopivan kokoisen materiaalin valinta. Varastoitavan materiaalin koko vaikuttaa biopolttoaineen kuivumiseen, lämpenemiseen sekä kuiva-aine tappioihin. (Jirjis 1995, 181-182.)

Suurempina paloina varastoitu materiaali kuten puunrungot ja polttopuut eivät kuumene lähes ollenkaan, kun taas esimerkiksi pieninä paloina oleva hake voi

kuumentua huomattavasti ja aiheuttaa itsesyttymisen riskin. Suurikokoista materiaalia varastoitaessa lämpenemiseen vaikuttaa suuresti ympäröivän ilman lämpötila, joka ei ole yhtä merkittävässä asemassa pieneksi hienonnettua materiaalia varastoitaessa. Kokoeron ei tarvitse olla suuri ennen kuin erilaista lämpenemistä voidaan havaita. Esimerkiksi 50 mm pitkät puunpalaset kuumenevat huomattavasti enemmän kuin 150 mm pitkät. (Mts. 183–184.)

Palakoko vaikuttaa myös biopolttoaineen kuivumiseen. Suuremmat palat kuivavat nopeammin kuin pienemmät palat. Suuremmissa paloissa kosteudella on enemmän tilaa poistua ja ilma pääsee kuivattamaan niitä paremmin. Pienissä paloissa kuivuminen riippuu suuresti siitä, kuinka nopeasti kosteus pystyy siirtymään kasassa kohtaan, josta se pääsee siirtymään ilmaan. Suurikokoisen materiaalin haittana on sen varastointiin tarvittava suurempi pinta-ala, jolloin suurempi osa siitä on sään armoilla. Mikäli kasoja ei suojata kunnolla, hidastaa sää niiden kuivumista ja saattaa jopa kasvattaa kasan kosteutta. Pienempi materiaali imee kuitenkin itseensä enemmän kosteutta kuin suuri. (Mts. 184.)

Kuiva-aine tappioihin vaikuttavia tekijöitä ovat ainakin materiaalin alkukosteus sekä lämpötila. Niiden lisäksi tappioita aiheuttavat mahdollinen pois puhaltuminen sekä itsesyttyminen. Varastoitavan materiaalin alkukosteus vaikuttaa yhdessä lämpötilan kanssa mikrobiologiseen toimintaan. Suurempi alkukosteus merkitsee otollisempia olosuhteita sienille ja homeille. Kosteampaa puuta tarvitsee myös kuivattaa kauemmin, joten tappioita kertyy pidemmän aikaa. Lämpötila kuivauksen ja varastoinnin aikana vaikuttaa oleellisesti mikrobiologiseen toimintaan. Lämpötilan ollessa liian matala tai korkea hidastuu mikrobiologinen toiminta. Sopiva lämpötila homeille ja sienille on noin 30–40 astetta, jolloin kasvua tapahtuu nopeasti ja tappiot kasvavat. Lämpötilan kasvaessa yli sopivan lämpötilan alkaa kasvu hidastua huomattavasti. Mikrobiologista toimintaa edesauttaa myös puun hengittäminen, jolloin lämpötila kasvaa ja puusta vapautuu kosteutta. (Haikonen 2005, 10-11.)

Hake

Bioterminaaleilla varastoitava hake kuivataan yleensä aumoissa. Aumat ovat hakekasoja, joissa kuivuminen tapahtuu ilman avulla. Ilma kuivattaa aumaa pinnalta, jonka lisäksi auman alle voidaan rakentaa ilmakanavat kuivamisen tehostamiseksi.

Muodoltaan aumojen tulisi olla kartiomaisia ja teräväkärkisiä. Aumoista tulisi myös tehdä mahdollisimman korkeita. Ilmavirta tai tuuli ei kuitenkaan saa olla liian voimakas, koska auma saattaa ruveta puhaltumaan pois. (Mts. 10.)

Aumaa ei kannata peittää muovilla, koska muovi estää kosteutta poistumasta aumasta ja täten hidastaa sen kuivumista. Auma voidaan sen sijaan asettaa katoksen alle kuivumisen nopeutumiseksi. Aumassa olevan hakkeen koko vaikuttaa myös sen kuivumiseen. Suurempikokoisessa hakkeessa aumaan jää enemmän ilmaa ja täten auma kuivuu paremmin. Luonnon aumakuivaus ei kuitenkaan ole kannattavaa. Auman ulko-osa kastuu samalla kuin sisäosa kuivuu, jolloin keskimääräinen kosteus todennäköisesti lisääntyy. (Haikonen 2005, 10.)

Aumassa varastoinnissa ja kuivauksessa riskinä on auman itsesytyminen. Auma syttyy, kun lämpötila sen sisäosissa kasvaa liikaa. Syitä liialliselle lämpenemiselle voivat olla esim. auman liiallinen korkeus ja mikrobitoiminta. Tuuletetun kasan lämpötila ei pääse helposti nousemaan liian korkeaksi, joten auman itsesyttymisriski pienenee. (Haikonen 2005, 58.)

Kuiva-aine tappiot aumakuivauksessa riippuvat suuresti hakkeen alkukosteudesta sekä lämpötilasta auman sisäosissa. Mitä kosteampaa varastoitava hake on, sitä suuremmat tappiot kärsitään, mm. homeen ja sienien vuoksi. Auman alle lisätty tuuletuskanava laskee nopeasti auman lämpötilaa sopivaksi sienille ja homeille, jolloin mikrobiologinen toiminta kasvaa paljon suuremmaksi kuin tuulettamattomassa kasassa, jossa sisälämpötila voi olla jopa 60 astetta. (Jirjis 1995, 182–183.)

3.2.2 Haketus

Terminaalilla energiapuun haketukseen voidaan käyttää erilaisia hakkureita ja murskaimia. Hakkureiden ja murskainten erona on tapa, jolla haketus tapahtuu. Hakkureissa käytössä on teriä, jotka leikkaavat raaka-aineen, kun taas murskaimissa raaka-aine revitään palasiksi. Haketustavasta johtuen hakkureiden tuottama hake on yleensä parempilaatuisempaa kuin murskaimilla. Murskainten hakkeen laadun

ollessa hieman heikompaa kuin hakkureilla, mutta ovat ne pääasiassa järeämpiä ja niillä pystytään tuottamaan haketta nopeammin kuin hakkureilla. (Murskain n.d.)

Hakkureita ja murskaimia on erilaisia ja niitä on sekä käyttöpaikalle tarkoitettuja että mobiiliversioita. Käyttöpaikalla käytettävät ovat yleensä suurempia ja niiden syöttöön käytetään pääasiassa kuljettimia. Mobiilihakkurit voivat olla esimerkiksi kiinteästi ajoneuvossa, perävaunussa tai traktorin perään kiinnitettäviä. Jako voidaan tehdä myös roottorin kierrosluvun sekä hakkurin syöttötavan perusteella. (Impola & Tiihonen 2011, 17.)

Hakkurien ja murskainten kierrosluku on yleensä 20 – 2000 kierrosta minuutissa. Laitteita joiden kierrosluku on alle 100 kierrosta minuutissa, kutsutaan hidaskäyntisiksi ja yli 600 kierrosta minuutissa pyöriviä kutsutaan nopeakäyntisiksi. Syöttö voi tapahtua joko laitteen sivulta tai päältä. Vaakasuunnassa syötettäviä laitteita kutsutaan vaakasyöttöisiksi ja syötön apuna voidaan käyttää esimerkiksi kuljetinta ja ylä- ja/tai alapuolella olevaa rullaa, joka syöttää materiaalia roottorille. Pystysyötteisissä eli yläpuolelta syötettävissä laitteissa hakettava materiaali pudotetaan roottorille. Syöttö voi tapahtua esimerkiksi kuljettimen tai nosturin avulla. (Rinne 2010, 25–27.)

Erilaisia hakettimia:

- Rumpuhakkuri

Rumpuhakkurit ovat hakkureista yleisimpiä ja ne sopivat myös suurempien erien haketukseen. Hake on myös muita hakkureita tasalaatuisempaa. Rumpuhakkurin terät eivät myöskään vaadi paljoa huoltoa ja hakkuri kestää muita paremmin epäpuhtauksia kuten kiviä. Rumpuhakkureissa voidaan myös käyttää suurempaa syöttöaukkoa muihin hakkureihin verrattuna, joka mahdollistaa myös hakkuutähteiden haketuksen. (Mts. 29.)

- Laikkahakkuri

Laikkahakkurissa puut syötetään vinosti teräkiekkoon nähden, jossa olevat terät hakettavat materiaalin. Hakkurin terät ovat arkoja epäpuhtauksille ja hakkurille tulisi syöttää pääasiassa koko- ja rankapuuta. Oksat pääsevät myös helposti läpi

hakkurista. Laikkahakkureita käytetään pääasiassa pienemmissä sovelluksissa. Teräkiekkona toimiva vauhtipyörä vaatii melko paljon tehoa. (Mts. 28–29.)

- Ruuvihakkuri

Ruuvihakkurissa hakettamisen hoitaa vauhtipyörään kiinnitetty kartionmallinen ruuvi. Puut syötetään ruuvin suuntaisesti ja ruuvi vetää puuta sisäänpäin, jolloin erillistä syöttölaitetta ei välttämättä tarvita, mutta syöttölaitteen käyttö tehostaa haketusta ja parantaa hakkeen laatua. Ruuvihakkuri vaatii paljon tehoa, ja sen terien huolto on muita hakkureita vaativampaa. Hakkuri on myös melko herkkä epäpuhtauksilla ja syötettävän puun tulisi olla hyvin karsittua tai sahauspintaista. (Etelätalo 2013, 8.)

- Vasaramurskain

Vasaramurskaimessa murskaaminen tapahtuu tylppien vasaramaisten terien avulla, mutta muuten rakenne vastaa lähes rumpuhakkuria. Terät on sijoitettu porrastetusti rummun ympäri koko rummun levyisten terien sijaan. Vasarat voivat olla myös nivelletyjä, jolloin liian kovan materiaalin joutuessa murskaimeen vasarat joustavat vähentäen terille tapahtuvaa vahinkoa. Nivelletyt vasarat eivät kuitenkaan ole paras valinta paksua puuta murskatessa, koska liian paksun kohdan kohdatessaan puu ei haketu vaan murskain tyssääntyy. (Rinne 2010, 30–31.)

- Hidaskäyntinen murskain

Hidaskäyntisissä murskaimissa voi olla joko yksi - tai kaksi roottoria, joiden kierrosnopeus on yleensä 8-30 kierrosta minuutissa. Yksiteräisissä murskaimissa murskaaminen tapahtuu vastaterää vasten. Syöttöaukon koko riippuu roottorien määrästä. Yksiteräisissä syöttöaukon on oltava kapeampi kuin kaksiroottorisissa, joten puun murskaamiseen käytetään pääasiassa kaksiroottorisia murskaimia. Raaka-aine tulisi syöttää terien suuntaisesti, joka rajoittaa syötettävän raaka-aineen pituutta. Puuta ja pienpuuta syötettäessä murskaimen terien pituus saattaa aiheuttaa tarpeen lyhentää puut ennen haketusta. (Mts. 32.)

Hakkurin syöttö

Syöttö hakkurille tapahtuu yleensä nostimella ja kouralla, jonka lisäksi käytössä voi olla kuljettimia. Nostimella syötettävä materiaali nostetaan hakkurin tyypistä

riippuen joko syöttöpöydälle tai pudotetaan suoraan hakkuriin (mts. 34). Syöttöä hakkurille voidaan tehostaa myös kääntyvällä syöttöpöydällä, jolloin raaka-aineet saadaan nostettua oikeassa suunnassa hakkurille eikä kääntämiseen kulu aikaa.

3.3 Terminaalin kustannukset

3.3.1 Terminaalin rakennuskustannukset

Terminaalin perustamisesta aiheutuvia kustannuksia:

- Tontti ja sen raivaus
- Tiestö
- Sähköverkko ja muu infrastruktuuri
- Rakennukset
- Koneet & laitteet

Terminaalin rakentaminen alkaa alueen raivauksella ja maaston muokkauksella, sen jälkeen pohja tehdään sopivaksi ajamalla sinne hiekkaa ja soraa. Lopuksi alue päällystetään asfaltilla, varastoitavista materiaaleista riippuen koko aluetta ei välttämättä tarvitse asfaltoida. (Lähdevaara ym. 2010, 63.) Kustannusten kannalta on järkevää, jos alue on maastoltaan jo valmiiksi aukeaa, eikä vaadi suuria raivaustöitä eikä paljoa maapohjan muokkausta.

Mikäli tontille johtava tie ei ole riittävä raskaalle liikenteelle niin sitä on parannettava tarkoitukseen sopivaksi. Tästä aiheutuvat kustannukset saattavat olla hyvinkin korkeita, mikäli tontti sijaitsee pitkän, huonokuntoisen hiekkatien päässä. Samoin sähköverkko ja infrastruktuuri on rakennettava tontille, mikäli niitä ei ole olemassa.

Rakennuksia terminaalitoimintaan ei juurikaan tarvita, yleensä työmaakopit tai vastaavat riittävät sosiaali- ja toimistotilaksi. Bioterminaalissa ei tarvita paljoa henkilökuntaa ja materiaali varastoidaan pengervarastoissa, eli käytännössä aumoissa. On tärkeää, että terminaalialue on kuitenkin hyvin valaistu, tämä mahdollistaa turvallisen toiminnan myös pimeään aikaan. (Mts. 63.)

Mikäli terminaalissa ei kuivata haketta, tai käytetään luonnonkuivausta niin koneiksi riittävät hakkuri ja pyöräkuormaaja. Pyöräkuormaajaa käytetään hakeautojen lastaamiseen ja hakkeen siirtelyyn terminaalissa. Pyöräkuormaajaan asennettavan kuormavaa'an avulla lähtevän hakkeen määrä voidaan punnita. Pyöräkuormaajaa voidaan käyttää myös mm. lumen auraukseen talvella. Terminaalin tarvitsemat koneet suunnitellaan ja mitoitetaan aina terminaalin koon ja tarpeen mukaan, mikäli terminaalissa on muitakin toimintoja kuin hakkeen varastointi ja kuivaus niin laitteisto suunnitellaan näiden toimintojen tarve huomioon ottaen.

Merkittävimpiä kustannustekijöitä bioterminaalissa perustettaessa ovat yleensä maaston muokkaus terminaalitoimintaan soveltuvaksi, sekä hakkuri.

Maastonmuokkauksen kustannuksia voidaan vähentää merkittävästi kiinnittämällä huomiota tontin valintaan. Mikäli alue ei vaadi paljoa muokkausta, se alentaa perustamiskustannuksia huomattavasti. Hakkurin leasing-sopimus on vaihtoehto investointikustannusten alentamiseen.

3.3.2 Terminaalin toimintakustannukset

Haketus

Haketuksessa kustannuksia lisäävät haketuksen tuottavuutta rajaavat tekijät eli pullonkaulat. Pullonkaulat voivat liittyä hakkurin syöttöön, itse haketukseen tai hakkeen poistoon hakkurilta. (Rinne 2010, 34.)

Hakkurin syötössä käytetään todennäköisesti kouraa ja mahdollisesti kuljetinta. Kouran merkittäviä ominaisuuksia ovat sen koko ja nostokyky. Kouran mitoittaminen liian pieneksi aiheuttaa hakkurin epätasaista syöttöä ja lisää tyhjäkäyntiä ja täten myös kustannuksia. Liian pienellä nostokyvyllä on sama vaikutus ja se rajoittaa myös etäisyyttä, jolta syötettävä materiaali voidaan nostaa. Joissain tapauksissa esimerkiksi lomittain olevat oksat tai jäinen raaka-aine saattaa jäädä kiinni toisiinsa eikä kouran nostokyky riitä sen nostamiseen. Mikäli käytössä on kuljetin, tulee sen olla sopivan kokoinen ja syöttää hakkuria sopivalla nopeudella. (Mts. 34–36.)

Hakkuri itsessään saattaa myös olla pullonkaula. Oikeantyyppisen ja kokoisen hakkurin valinta on oleellista. Eri hakkurityypeillä on hyvät ja huonot puolensa.

Moottorin koko on olennainen osa hakkurin tehokasta toimintaa. Tehon loppuessa kesken hidastuu haketus ja siten koko ketju. Moottorin lisäksi tylsät terät ja puutteellinen terähuolto hidastavat toimintaa ja heikentävät hakkeen laatua. Terien tylsyys lisää myös moottorin tehontarvetta. Vaikka Moottorin teho riittäisikin ja terät olisivat hyvässä kunnossa, ei hakkurin täyttä kapasiteettia voida käyttää, mikäli sen syöttöaukko on liian pieni tai sopimaton haketettavalle materiaalille. Syöttöaukon kokoon vaikuttavat materiaalin koko ja oksat. Oksat voivat tarrata kiinni hakkurin reunoihin ja jäädä jumiin tai hidastaa syöttöä. Oksaisen materiaalin tai kaiken materiaalin syötön apuna voi olla rulla, joka painaa raaka-ainetta kasaan ja syöttää sitä hakkurille. (Mts. 36.)

Pullonkaulan voi aiheuttaa myös hakkeen poisto hakkurilta. Haketta poistettaessa voi esimerkiksi haketorvi tukkeuta, jolloin tuotanto pysähtyy ja koneet saattavat vahingoittua. Myös palovaara on olemassa. Ongelmat hakkeen poistossa johtuvat yleensä vain häiriöstä tai laitteiden vääränlaisesta mitoitukselta. (Mts. 36–37.)

Pääsääntönä laitteiden mitoituksessa tulisi suunnitella rajoitteiden vastaan tuleminen suurin piirtein samaan, jolloin yksittäinen pullonkaula ei rajoita tuottavuutta liikaa. Oikean mitoituksen suunnittelu on kuitenkin haastavaa, koska haketettavana voi olla monia eri materiaaleja. Myös ympäristön olosuhteet ja haketettavan materiaalin kosteus vaikuttavat laitteen mitoitukseen. (Mts. 37.)

Haketuksen tuottavuuteen vaikuttaa myös haketetaanko suoraan kuljetuskalustoon vai maahan. Maahan hakettaminen on nopeampaa, koska ei tarvitse odottaa kaluston siirtoja eikä hakeputken tähtäämiseen kulu yhtä paljoa aikaa. Maahan hakettaessa joudutaan hake kuitenkin lastaamaan kuljetuskalustoon, joka vie aikaa. Maahan hakettaessa hakkeeseen pääsee myös enemmän epäpuhtauksia eikä kaikkea haketta saada kerättyä talteen. Tienvarressa hakkeen maahan hakettaminen voi aiheuttaa enemmän ongelmia kuin hyötyjä, mutta terminaalilla toiminta voi olla kannattavaa tai välttämätöntä. (Mts. 40.)

Hakkurin kustannukset

Hakkurin hankintakustannukset riippuvat suuresti siitä, onko kyseessä kiinteä laite vai mobiilihakkuri. Kiinteät laitteet ovat kalliimpia suuren kokonsa puolesta, mutta pystyvät myös tuottamaan haketta nopeammin. Suuri kapasiteetti laskee kuitenkin

käyttökustannuksia olettaen, että hakettava määrä on tarpeeksi suuri. Kiinteiden laitteiden käyttöikä on myös mobiililaitteita pidempi. Kiinteiden laitteiden hankintahinnat alkavat noin 1 000 000 eurosta ja kasvavat siitä ylöspäin. Autoalustalla olevien laitteiden hinnat puolestaan ovat 400 000 eurosta ylöspäin n. 700 000 € asti. (Rinne 2010, 47.)

Hakkurin huoltokustannukset ilman teräkustannuksia ovat keskimäärin noin 0,3 €/MWh. Laitteen huoltokustannukset ovat alussa pienemmät ja kasvavat käyttötuntien lisääntyessä. Lisäksi käyttöpaikka vaikuttaa huollon aiheuttamiin kustannuksiin ja terminaalilla laitteen huoltokustannukset voivat olla hieman pienemmät. Eroja laitteiden huoltokustannuksissa syntyy myös kiinteiden ja mobiililaitteiden välillä. (Mts. 45.)

Teräkustannuksiin lasketaan terien hankintahinta sekä niiden teroittaminen. Suuri vaikutus terähuollossa on laitteen tyyppillä, hakettavalla materiaalilla sekä epäpuhtauksilla. Teräkustannuksissa ei kannata säästää liikaa. Tylsät terät hidastavat haketusta lisäen energian kulutusta sekä heikentävät hakkeen laatua. Pienpuulla ja puhtaalla latvusmassalla teräkustannukset voivat olla 20 – 25 snt/MWh, mutta todellisuudessa epäpuhtaudet nostavat kustannuksia. Oksia ja latvusmassaa hakettaessa teräkustannukset voivat olla 50 – 80 snt/MWh, mutta oksa- ja latvusmassaan päätyy helposti epäpuhtauksia. Epäpuhtauksista johtuen kustannukset saattavat kasvaa huomattavasti. (Mts. 51–52.)

Laitteiden vakuuttamisesta muodostuu myös kustannuksia. Hakkurin vakuutuskustannukset mobiilihakkureille noin 0,011 €/MWh ja 0,012 €/MWh kiinteille laitteille (Virkkunen ym. 2015, 49).

Henkilökunnan palkkakustannukset haketuksessa riippuvat hakkurin käyttötuntien määrästä. Henkilökunnan peruspalkkakulujen lisäksi on otettava huomioon palkan sivukulut. Sivukulukerroin on alasta riippuen noin 1,6 - 1,7.

Energia & polttoaine

Hakkeen palakoko vaikuttaa haketukseen tarvittavaan energiaan. Pienemmällä seulalla hakkeesta saadaan hienompaa, mutta sitä enemmän energiaa hakkeen tuottamiseen kuluu. Hakkeen palakoosta ei kuitenkaan kannata tehdä liian pientä,

sillä myös hienojakeen osuus kasvaa energiankulutuksen ohella.

Polttoainekustannukset ovat suuri osa haketuksen kokonaiskustannuksista, joten liian pienen seulan käyttö vaikuttaa suoraan haketuksen kannattavuuteen. Seula-aukon koon muuttaminen 30 x 30 millisestä 40 x 60 milliseen laskee haketuksen polttoainekuluja jopa puolella. Polttoainekulujen lisäksi voidaan säästää myös henkilöstö- sekä huoltokustannuksissa. (Jylhä 2013, 10–14)

Hakettamiseen yhteensä käytetty energia on noin 1 l/i-m³, joka pitää sisällään hakettimen syötön nostimella, itse haketuksen ja hakkeen poiston joiden lisäksi mukana on siirtymistä työmailla sekä työmaiden välillä. Terminaalilla toimittaessa polttoaineen kulutus on todennäköisesti pienempi johtuen vähemmästä siirtymisen tarpeesta. (Rinne 2010, 59–60.)

3.3.3 Kuljetuskustannukset

Terminaalit kasvattaa bioenergian kuljetuksesta aiheutuvia kustannuksia, ilman terminaalit energiapuu kuljetettaisiin suoraan tienvarsivarastoista asiakkaille. Terminaalien seurauksena kuljetusmatka pitenee, sekä tulee lisää yksi lastaus- sekä purkukerta.

Maantiekuljetukset ovat yleisin kuljetusmuoto hakkeen ja bioenergian kuljetukseen. Maantiekuljetusten etuna on sen monipuolisuus ja nopeus verrattuna muihin kuljetusmuotoihin (Langford 2007, 362–363). Hakkeen ja bioenergiapuun kuljettaminen myös junalla on mahdollista, mikäli volyymi ja asiakkaat/toimittajat ovat siihen soveltuvia. Vuonna 2014 hakkeen keskimääräinen kuljetusmatka oli 121 km, kuormausasteen ollessa 95 %. Energiapuulla, polttopuulla, kannoilla, risuilla, metsähakkeella yms. vastaavat luvut olivat 40 km ja 60 %. (Liitetaulukko 10. Keskimääräinen kuljetusmatka ja kuormausaste kotimaan liikenteessä tavaralajeittain vuonna 2015–2016.)

Kuljetusten optimointi ja tehostaminen ovat merkittävä osa kuljetustenohjauksesta ja kustannusten muodostumisesta. Järkevillä reittivalinnoilla ja täysillä kuormilla pyritään minimoimaan kuljetuskustannusten muodostuminen. Paluukuormat muodostavat bioterminaalitoiminnassa haasteita ja kustannuksia. Ajoneuvot joilla energiapuu

kuljetetaan terminaaliin eivät sovellu kunnolla sieltä asiakkaille vietävän hakkeen kuljetukseen. (Karrus 1998, 107.)

Kuljetukset voidaan jakaa metsä- ja kaukokuljetuksiin. Metsäkuljetuksilla tarkoitetaan puuraaka-aineiden kuljetusta kaatopaikalta tienvarsivarastoon. (Kärkkäinen 2013, 22.) Metsäkuljetusten aiheuttamat kustannukset sisältyvät puun hintaan hankintakaupassa. Kaukokuljetuksilla tarkoitetaan puuraaka-aineen lastausta, kuljetusta ja purkua tienvarsivarastosta terminaaliin tai käyttöpaikalle (mts. 24).

Kuljetuskalusto

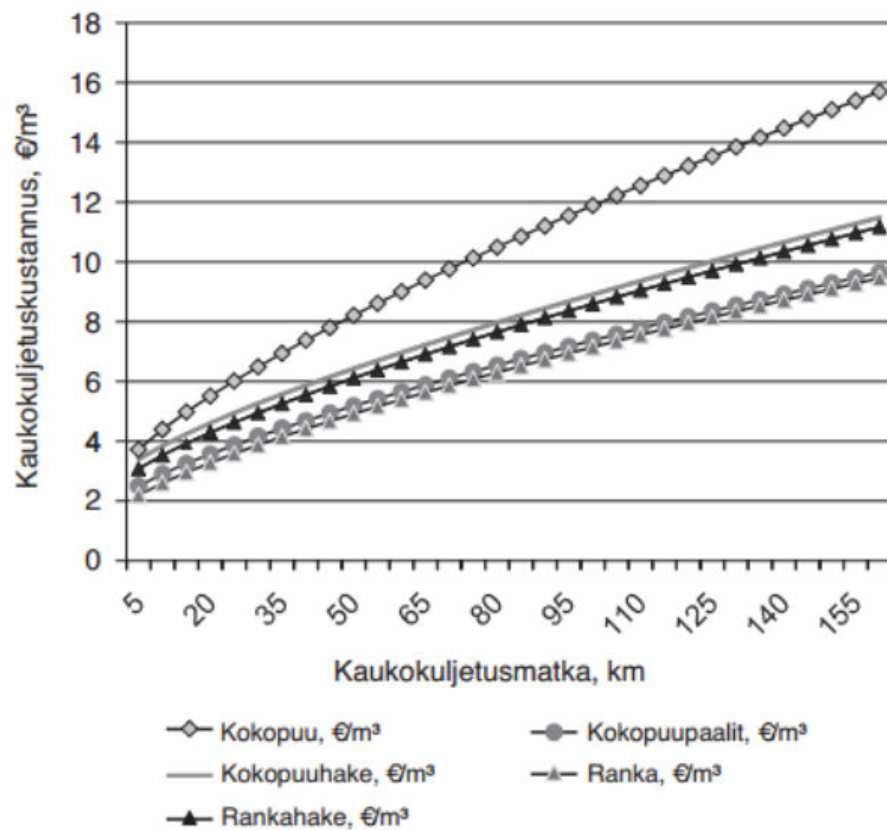
Kaukokuljetukset suoritetaan pääasiassa puutavara-autoilla. Tavallisin puutavara-auto on 7-akselinen täysperävaunuyhdistelmä, jossa vetoautossa on tyypillisesti 3-akselia ja perävaunussa 4. Yleensä vetoauto on teliakselinen, koska se soveltuu paremmin haastaviin olosuhteisiin metsäteillä. Usein puutavara-auton tavaratila on avolaidallinen ja siinä on alumiinista tai teräksestä valmistettuja pankkoja. On myös olemassa ns. energiapuukuormatiloja jotka pyrkivät kasvattamaan kuormatilan käytössä olevaa tilavuutta. Kuormien purkaminen ja kuormaaminen vaatii nosturin, joka on yleensä sijoitettu auton kuormatilan taakse, tällöin se ylettyy vetoautoon sekä perävaunuun. (Lähdevaara ym. 2010, 70–72.)

Hakkeen kuljetukseen käytetään nykyisin yhä enenevässä määrin kokonaispainoltaan 76 tonnin täysperävaunuyhdistelmää. Käytössä on myös runsaasti 68 tonnin ajoneuvoyhdistelmiä. Kuormatila näissä ajoneuvoissa on yleensä laatikon muotoinen. Ketjupurku ja sivukippi ovat yleisiä hakkeen purkuun käytettäviä tapoja. (Mts. 72.) Hakkeen lastaamiseen ajoneuvojen kyytiin terminaalissa käytetään yleensä pyöräkuormaajaa.

Kustannukset ja niiden muodostuminen

Kaukokuljetusten kustannukset muodostuvat kuorman lastauksesta ja purusta, sekä kuljetuksesta. Kustannuksiin vaikuttaa merkittävästi maaston ja hakkuualueen ominaisuudet, haastavimmilla alueille saattavat kustannukset nousta merkittävästi. Myös kuljetettava raaka-ainelaji vaikuttaa kuljetuskustannuksiin, johtuen lastaus- ja purkuajkojen pituudesta, sekä kuljetuskaluston kapasiteetista. Lyhyillä

kuljetusmatkoilla lastauksen- ja purun osuus kuljetuskustannuksista on merkittävä, mutta sen osuus pienenee pidemmällä kuljetusmatkoilla. (Kärkkäinen 2013, 24.) Kuviosta 1 on nähtävissä energiapuun kaukokuljetuskustannukset kuljetusmatkan funktiona. Kuviosta voidaan havaita, että pelkkien kuljetuskustannusten kannalta taloudellisinta on kuljettaa kokopuupaaleja tai rankaa.



Kuvio 1. Energiapuun kaukokuljetuskustannukset (Laitila & Väättäinen 2011, 120)

4 Tuotantoketju

Energialaitokset haluavat saada polttoaineensa oikeaan aikaan, oikeassa kosteudessa ja palakoossa, sekä kilpailukykyisin kustannuksin. Haasteita toimitusketjulle aiheuttaa, että talvella kun hakkeen tarve on suurin, niin myös tuotanto-olosuhteet ovat haastavimmat. Tuotantoketjun on pystyttävä toimittamaan raaka-aineita asiakkaille myös haastavissa ja yllättävissä tilanteissa, puskuri- ja kausivarastot ovat keinoja joiden avulla pystytään suojautumaan häiriötekijöiltä. Toimitusvarmuuden on oltava erittäin hyvä, voimalaitoksilla on harvoin paljoa omaa varastoa, on myös

pystyttävä vastaamaan voimalaitosten tilaustarpeeseen. (Lähdevaara ym. 2010, 57–58.)

Mahdollisia tuotantoketjun häiriötekijöitä ovat mm:

- Talvipakkaset, tällöin laitosten hakkeen tarve kasvaa
- Puuteollisuuden suhdannevaihtelut, puupolttoaineiden hinnan lasku vähentää puupolttoaineiden tarjontaa ja tuotantoa
- Lakot, sairastumiset ja koneiden rikkoutuminen
- Huoltovarmuus, fossiilisiin polttoaineisiin kohdistuva lakisääteinen vaatimus
- Biomassan liiallinen kostuminen, se heikentää hakkeen hyötysuhdetta ja lisää päästöjä

Lyhytaikaisella puskurivarastoinnilla luodaan joustoa kuljetusten ajoitukseen ja varmistetaan polttoaineen saanti lyhytaikaisissa poikkeustilanteissa. Konerikot, kovat pakkaset, juhlapyhät ja viikonloput ovat esimerkkejä lyhyistä poikkeustilanteista. Jos puskurivarasto on avonainen, niin polttoaine on joko rankana tai jopa hakkeena. Mikäli varasto on katettu, niin polttoaine on hakkeena tai murskeena.

Kausivarastoinnin avulla saadaan osa tuotannosta ajoitettua kesäkaudelle jolloin työn määrä olisi muuten pienempi. Kesäkaudella työt pystytään myös tekemään talvea edullisemmissä olosuhteissa, sekä polttoaineen energiatehokkuutta pystytään kesällä parantamaan kuivattamalla. Kausivarastoinnin kesto on useita kuukausia, tämän vuoksi biomassa säilytetään hakettamattomana, hakkeena se menettäisi kuivamassansa. Yleisin kausivarastoinnin tapa on tienvarsivarastointi, mutta myös terminaalia käytetään. (Hakkila 2004, 59–60.)

Raaka-aineen hankinta

Yksityiset bioenergiaterminaalit hankkivat raaka-aineensa pääasiassa metsänomistajilta tai puunhankintaorganisaatioilta (Yrjönen ym. 2014, 7). Suurilla metsäalan yrityksillä on omat hankintaverkostonsa terminaaleilleen. Puukauppa käydään joko hankinta- tai pystykauppana. Kuljetukset hankitaan pääasiassa kolmannen osapuolen palveluntarjoajilta (mts. 2014, 8).

4.1 Kuljetukset

Biopolttoaineen toimittaminen metsistä loppukäyttäjille oikeassa muodossa ja kosteudessa on haastavaa ja voidaan toteuttaa usealla eri tavalla. Kuljetusketjuun vaikuttavia tekijöitä ovat mm. se missä vaiheissa polttoainetta jalostetaan ja onko käytössä terminaalia. Myös mahdolliset lisäarvopalvelut voivat vaikuttaa kuljetusketjuun. Suuri vaikutus on myös sillä, missä muodossa alkuperäinen materiaali on ja mitä asiakas tarvitsee. Metsästä saatava materiaali voi olla esimerkiksi puunrunkoja, latvusmassaa tai kantoja. Kuljetusvälineet on valittava kuljetettavan materiaalin mukaan. Kuljetusketjussa biopolttoaineen hienontamisen ajankohta pystytään siirtämään myöhemmäksi esimerkiksi terminaalille tai käyttöpaikalle, jossa se voidaan suorittaa suuremmassa mittakaavassa ja pienemmillä kustannuksilla, kuin tienvarressa.

Kuljetusketju alkaa metsästä, josta biopolttoaine kerätään kasoihin tienvarseen, jossa se kuivaa ja odottaa joko jatkokuljetusta tai jalostusta. Tienvarressa varastointiaika voi olla muutamasta kuukaudesta yli vuoteen. Liian pitkällä varastointiajalla ei kuitenkaan saavuteta mitään ja tappiot kasvavat. Seuraavaksi raaka-aineita voidaan joko hakettaa tienvarressa tai kuljettaa joko käyttöpaikalle tai terminaalille. Tienvarressa hakettaessa käytössä on mobiilihakkuri, jolla materiaali haketetaan seuraava kuljetusta varten. Haketus tai hakettamatta jättäminen tien varressa on strateginen päätös ja vaikuttaa kuljetuksessa käytettävään kalustoon ja kaluston käyttöasteeseen. Mikäli materiaali haketetaan, voidaan se kuljettaa suoraan käyttöpaikalle tai varastoitavaksi terminaalille. Hakettamaton materiaali voidaan kuljettaa joko terminaalille tai käyttöpaikalle ja joko varastoida tai hakettaa se tarpeen mukaan.

Metsäenergian laadun ja toiminnan kannattavuuden kannalta on tärkeää, että kuljetusketjun kaikkiin vaiheisiin panostetaan. Etenkin puun korjuu ja varastointi ovat kriittisiä laatuun vaikuttavia työvaiheita. Työntekijöiden asenteilla ja koulutuksella on suuri vaikutus laatuun. (Ikonen & Jahkonen 2013.)

Tienvarsivarastointi

Metsästä korjattu energiapuu varastoidaan ensiksi tienvarteen hakkuupaikan läheisyyteen kuivamaan. Eri muodoissa olevalle puulle on olemassa erilaiset varastointiohjeet ja suositukset. Tarvittavat varastotilat vaihtelevat myös muodon mukaan.

Valitun varastopaikan tulisi olla aukea, tasainen sekä mahdollisimman kuiva ja puhdas. Sen on myös hyvä olla ympäristöä korkeammalla, jolloin vesi valuu kasasta pois päin. Tuulisuus ja auringonpaiste kuivattavat myös varastokasaa. Varastokasaa ei myöskään kannata sijoittaa liian lähelle muuta kasvustoa. Varastokasan kuivamisen lisäksi huomioitavia seikkoja ovat infrastruktuurin riittävyys kuljetus- ja haketuskalustolle. Kuormattujen ajoneuvojen tulisi myös pystyä lähtemään joko tasaiselta tai alamäkeen. Oman haasteensa aiheuttaa myös talvi ja lumi. Talvella lumi tulisi poistaa varastopaikalta ennen sen kasausta ja teitä ylläpidettäessä lumi tulisi aurata pois päin varastokasasta. Talvella myös pinnanmuotojen merkitys kuljetuksessa korostuu entisestään. (Metsäkeskus Keski-Suomi n.d.)

Hakkeesta tulisi muodostaa mahdollisimman korkea auma, jolloin säästetään tilaa ja peittämiskustannukset ovat pienemmät. Sopiva korkeus aumalle voi vaihdella noin 4 - 5 m välillä ja se tulisi kasata siivumaisesti pystysuuntaan nähden. Tällöin kasan purkaminen helpottuu ja kasa saa paremman suojan kastumista ja lunta vastaan. Kasan tulisi myös olla tarpeeksi lähellä tietä ja kasattuna suoraan, jotta siihen pääsee helposti käsiksi. (Mt.)

Kokopuuta ja puun runkoja varastoitaessa kannattaa puun alle asettaa poikittain kasaan nähden olevia pohjapuita tai rankoja, jolloin ilma pääsee kiertämään kasan alta. Puiden tulisi olla kasattuna yhdensuuntaisesti ja tyvet tielle päin. Muodoltaan kasan kannattaa muodostaa tielle päin kaartuva lippa. Mikäli kasa peitetään peittopaperilla, tulee sen päälle kasata tarpeeksi painoa, jotta se pysyy päällä myös huonommalla säällä. (Mt.)

Kantojen ja hakkuutähteen varastointiin tarvitaan runsaasti varastotilaa. Varastokasan korkeuden ja leveyden ollessa noin 5 metriä tulee hakkuutähteen varastokasalle jokaisesta ainespuun 100 k-m³:stä pituutta noin 7 metriä. Kannoilla vastaavalle kasalle tulee pituutta noin 40 metriä nostohehtaarilta. (Mt.)

5 Tutkimusmenetelmät

Haastattelu

Aluksi haastattelimme Biopooli-projektin edustajia, jotka olivat käyneet kuntien kaavoitusosastolla kartoittamassa potentiaalisia terminaalipaikkoja.

5.1 Työpöytä tutkimus

Työpöytä tutkimuksessa tutkimme alueita jo olemassa olevan tiedon avulla, käytimme hyväksemme erilaisia karttoja alueista, sekä jo aiemmin aiheeseen liittyviä selvityksiä. Työpöytä tutkimuksemme oli kvantitatiivista sekä kvalitatiivista.

Tutkimme karttaohjelmien avulla terminaalien sijainniksi ehdotettuja paikkoja, tähän käytimme mm. QGIS-paikkatieto-ohjelmaa, Paikkatietoikkunaa ja Google-yhtiön Internet-pohjaista karttasovellusta. QGIS:in avulla saimme tietoa biolaitosten etäisyyksistä suhteessa ehdotettuihin terminaalipaikkoihin. Alueista karttojen avulla saamamme tieto oli pääasiassa kvantitatiivista.

Paikkatietoikkuna osoittautui hyödylliseksi työkaluksi perustietojen saamiseksi alueista ja tonteista, ilman sitä alueilla vierailu olisi ollut huomattavasti haastavampaa. Tonttumeron perusteella pystyimme selvittämään ehdotetun alueen tarkat rajat ja pinta-alan. Mittasimme myös etäisyyden lähimpään asutukseen. Paikkatietoikkunan avulla saimme myös hyödyllistä tietoa mm. alueen tiestöstä ja muista terminaalien toimintaan vaikuttavista seikoista.

5.2 Kenttätutkimus

Kenttätutkimuksen avulla hankimme uutta ja tarkempaa tietoa alueista. Hankkimamme tieto oli pääasiassa kvalitatiivista, emme tehneet mittauksia tai kokeita, vaan tieto perustui silmämääräiseen havainnointiin. Lisäksi valokuvasimme alueita laajakuvakulmalla. Kenttätutkimuksen suoritimme vierailemalla ehdotetuilla tonteilla syksyn 2016 aikana.

5.2.1 Tonteilla vierailu

Karttaohjelmien ja muiden lähteiden avulla saimme alueista ja niiden lähiympäristöstä hyvän yleiskuvan, sen lisäksi koimme tärkeäksi käydä paikan päällä muodostamassa oman käsityksen alueesta. Uskoimme kenttätutkimuksen avulla alueesta selviävän erityispiirteitä ja huomionarvoisia seikkoja, jotka jäisivät työpöytä tutkimuksessa huomaamatta.

Tonteilla tarkkailtavia asioita oli:

- Alueen tiestö ja sen kunto
- Alueen muoto ja koko
- Alueen maasto
 - asfaltti, hiekka, sora, suo
 - kivet, kannot, olemassa olevat rakennukset
- Lähialueen pinnanmuodot ja korkeuserot
- Ympäristö ja laajentamismahdollisuudet
- Melu- ja pölyhaitat
- Läheinen asutus sekä virkistyspalvelut

6 Biolaitokset ja asiakkaat

Bioenergiaterminaalin potentiaalisia asiakkaita ovat bioenergiaa käyttävät voimalaitokset, saimme toimeksiantajaltamme listan Keski-Suomessa toimivista voimalaitoksista. Voimalaitosten sijainnit ovat kuviossa 2. Yhteensä voimalaitoksia/asiakkaita oli 96 ja niiden koko vaihteli suuresti. Pääsääntöisesti keskikokoiset 10 – 500 GWh voimalaitokset ovat potentiaalisia asiakkaitamme. Pieniin, alle 10 GWh voimalaitoksiin vajaiden kuormien kuljettaminen ei ole kustannustahokasta, lisäksi ne todennäköisesti hoitavat itse omat materiaalinhankintansa. Isoilla, yli 500 GWh voimalaitoksilla on käytännössä omat hankinta- ja kuljetusverkostonsa. Yhteensä 10 – 500 GWh:n voimalaitoksia oli 42.

Otimme myös huomioon sen mahdollisuuden, että terminaalin läheisyydessä olisi järkevää olla varmuuden vuoksi myös vähintään yksi iso yli 500 GWh:n voimalaitos. Terminaali voisi toimittaa esim. 100 – 150 GWh vuodessa tälle asiakkaalle. Tällöin

terminaalitoimintaa vakauttaisi se, että olisi yksi iso asiakas, josta ei oltaisi täysin riippuvaisia. Yleensä muutama suuri asiakas muodostaa pääosan terminaalin liikevaihdosta, mutta poikkeuksiakin on (Yrjönen ym. 2014, 3).

Jotkut näistä bioenergiaa käyttävistä voimalaitoksista saattavat jo valmiiksi käyttää terminaaleja logistiikassaan, tästä ei kuitenkaan ollut tietoja saatavilla. Päätimme siitä huolimatta laskea ne potentiaalisiksi asiakkaiksemme selvitystyössämme.



Kuvio 2. Biovoimaa käyttäviä laitoksia Keski-Suomessa. (Maanmittauslaitos. N.d, muokattu)

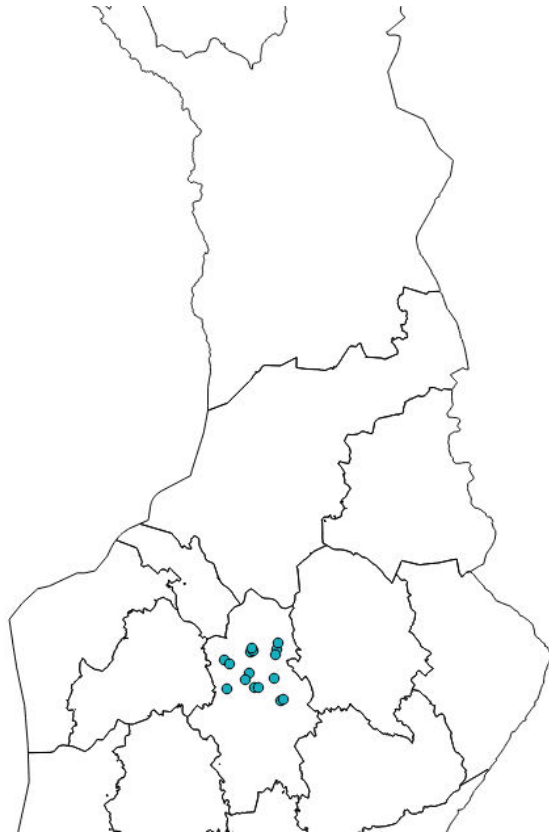
7 Ehdotetut tontit

Toimeksiantajamme tiedusteli Pohjoisen Keski-Suomen kunnilta sopivia tontteja bioterminaalin perustamiselle ja toimitti niistä meille listan. Ehdotetut tontit vaihtelivat suuresti, oli mm. teollisuusalueita, vanhoja soranottoaikoja ja koskemattomia metsiköitä. Kaikki tontit yhtä lukuun ottamatta olivat kuntien omistamia. Yksikään ehdotetuista tonteista ei sijainnut pohjavesialueella, se

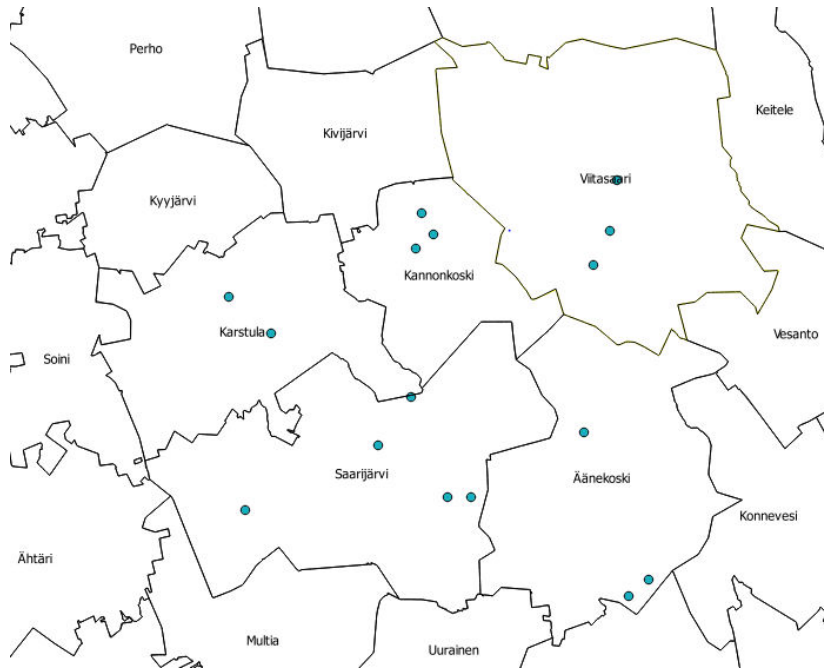
helpottaa mahdollista ympäristöluvan saamista terminaalille. Yhteensä ehdotettuja sijainteja terminaalille saatiin 16. Tonttien sijainnit ovat nähtävillä kuvioissa 3 ja 4.

Suurimmasta osasta alueista saimme tonttinumeron, jonka avulla tonttien sijainnin ja rajojen määrittäminen oli helppoa. Muutamasta alueesta saimme vain suuripiirteisen sijainnin, joka aiheutti haasteita alueen tarkan sijainnin ja rajojen määrittämisessä.

Osassa tonteista samalla tonttinumerolla löytyi useita erillisiä alueita, niistä arvioimme ja valitsimme käyttötarkoitukseemme soveltuvimman.



Kuvio 3. Ehdotettujen tonttien sijainnit Suomessa. (Maanmittauslaitos n.d. muokattu).



Kuvio 4. Ehdotettujen tonttien sijainnit Keski-Suomessa. (Maanmittauslaitos n.d. muokattu).

Tonttien soveltuvuus

Ennen tarkempien laskelmien tekoa teimme alustavan analyysin alueiden soveltuvuudesta bioterminaalitoimintaan, sen avulla karsimme lähtökohtaisesti soveltumattomat tontit. Soveltuvuuden arvioinnissa käytimme työpöytä- ja kenttätutkimuksista saamaamme tietoa alueista. Huonot liikenne yhteydet ja liian läheinen asutus olivat yleisimpiä poissulkevia tekijöitä. Myös mm. tonttien koko ja topografia olivat joissakin tapauksessa poissulkevia tekijöitä. (Ks. taulukko 4.) Suunnittelemassamme terminaalissa valmistetaan haketta, jonka aiheuttaman melun vuoksi se ei voi sijaita asutuksen läheisyydessä.

Alustavien analyysien perusteella yhdeksän ehdotetuista tonteista osoittautui soveltumattomiksi bioenergiaterminaalitoimintaan. Luvussa 7.1 kuvaamme tarkemmin tontteja ja perustelemme soveltuvuusarvioitamme.

Taulukko 4 Ehdotetut tontit

Alue	Kunta	Pinta-ala ha	Etäisyys asutukseen km	Soveltuvuus
Sammakkokankaan alue	Saarijärvi	270	1,3	Kyllä

Kolkanlahden teollisuusalue	Saarijärvi	0,5	0,5	Ei
Linnan pysäkin asemakaavan eteläpuoli	Saarijärvi	20	0,2	Ei
Äänekosken rajaseutu	Saarijärvi	5	0,8	Kyllä
Pylkönmäen teollisuusalueen laajennus	Saarijärvi	2,5	0,1	Ei
Ridanniemi	Viitasaari	80	0,5	Ei
Saikaantien tontit	Viitasaari	15	0,7	Ei
Soranottopaikka	Viitasaari	6	1,1	Kyllä
Peräneva	Karstula	32	0,6	Kyllä
Saarenneva	Karstula	45	0,5	Ei
Rapakonkorpi	Kannonkoski	8	1,3	Kyllä
Luomapuro	Kannonkoski	9	0,4	Kyllä
Töyrikangas	Kannonkoski	14	1,7	Kyllä
Ruotinmäki	Äänekoski	4	0,5	Ei
Jätemaan kaatopaikka	Äänekoski	13	0,3	Ei
Kiuassuo	Äänekoski	17	2,5	Ei

7.1 Tonttien kuvaukset

Sammakkokankaan alue

Sammakkokankaan pinta-ala on 270 ha, lähimpään asutukseen on matkaa 1,3 km (ks. kuvio 6). Alueen vieressä sijaitsee Sammakkokankaan jätekeskus, jonka kanssa yhteistyön tekeminen saattaisi olla mahdollista. Alueen maasto on suurimmaksi osaksi tasaista metsikköä, jonka lisäksi tontilla on pieni järvi (ks. kuvio 5). Yksi tontin reunoista sijaitsee aivan seututien 648 vieressä. Liittymätien rakentaminen tälle tielle olisi edullista lyhyen matkan vuoksi. Myös ympäröivät tontit ovat metsää ja alue on harvaan asuttua.



Kuvio 5. Sammakkokankaan alueen maastokuva.



Kuvio 6. Sammakkokankaan alueen karttakuva (Paikkatietoikkuna n.d.).

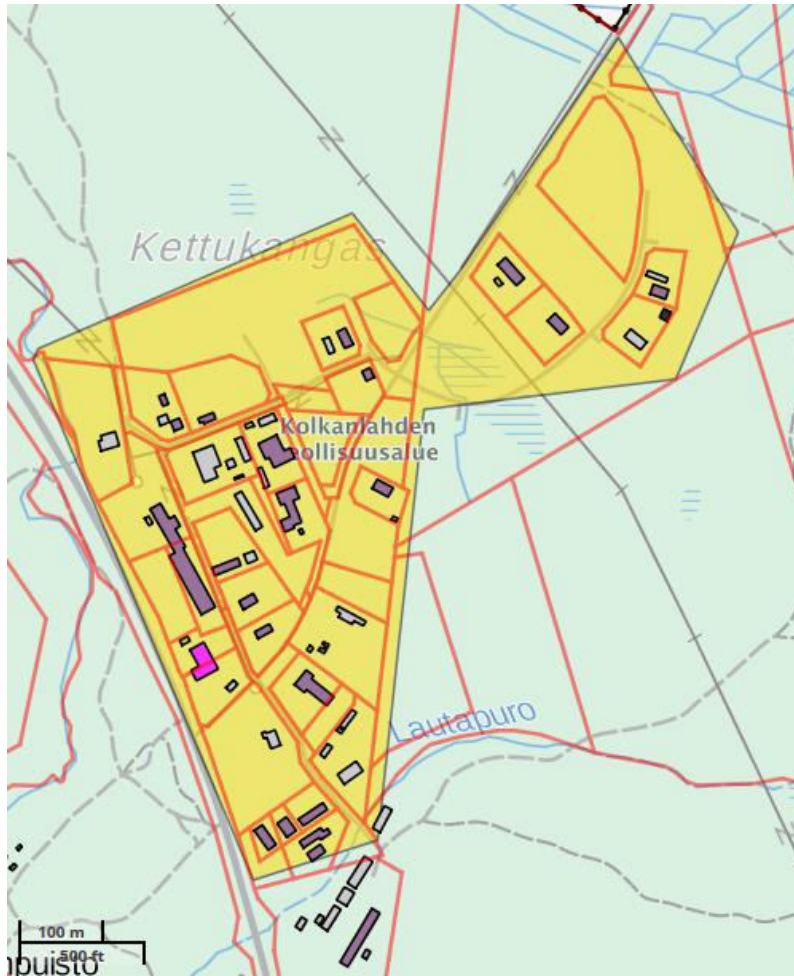
Kolkanlahden teollisuusalue

Kolkanlahden teollisuusalue koostuu useasta pienestä noin 0,5 ha kokoisesta tontista, jotka sijaitsevat pienellä teollisuusalueella lähimpään asutukseen on matkaa 0,5 km (Ks. kuviot 7 & 8). Osalla alueen tonteista on yritystoimintaa ja teollisuusrakennuksia, osa on asfaltoituja kenttiä ja lopuissa kasvaa metsää. Tontteja ympäröi metsää ja peltoa, lähistöllä sijaitsee mm. kappeli, vesieläinpuisto ja asuinalueita.

Ei sovellu bioterminalikäyttöön, koska tontit ovat liian pieniä, sekä lähistöllä sijaitsee liian paljon asutusta.



Kuvio 7. Kolkanlahden teollisuusalueen maastokuva.



Kuvio 8. Kolkanlahden teollisuusalueen karttakuva (Paikkatietoikkuna n.d.).

Linnan pysäkin asemakaavan eteläpuoli

Linnan pysäkin asemakaavan eteläpuoli koostuu useasta pienestä tontista, joiden pinta-ala on yhteensä noin 20 ha, lähimpään asutukseen on matkaa 0,2 km. Alue sijaitsee kantatien vieressä, mutta tien ja alueen välissä kulkee junarata. (Ks. kuvio 10.) Maasto on maapohjaltaan pehmeää metsää (ks. kuvio 9). Ympäröivä maasto on metsää ja peltoa, alle 1 km päässä sijaitsee asuinalue. Junarataa olisi mahdollista käyttää raidekuljetuksiin terminaalitoiminnassa.

Asutuksen läheisyys saattaa muodostua esteeksi terminaalitoiminnalle. Asutus myös lisääntyy tulevaisuudessa tienumero 13 molemmin puolin.



Kuvio 9. Linnan pysäkin eteläpuoli maasto.



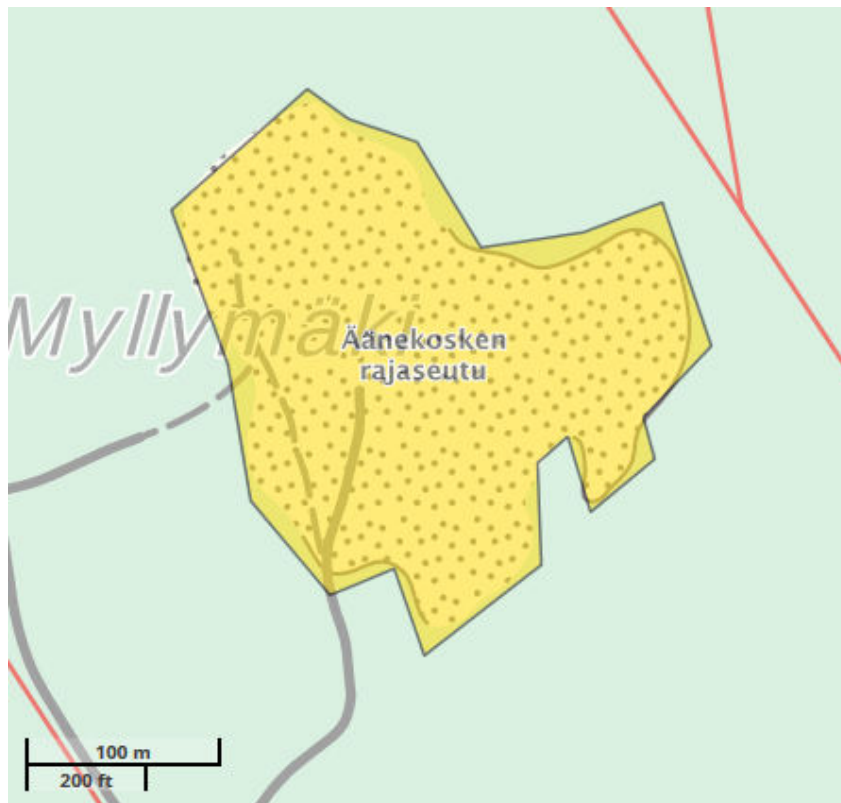
Kuvio 10. Linnan pysäkin eteläpuoli kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).

Äänekosken rajaseutu

Äänekosken rajaseudun pinta-ala on 5 ha, lähimpään asutukseen on matkaa 0,8 km ja valtatielle 13 on matkaa 1,5km soratietä (ks. kuvio 12). Tontille vievä soratie saattaa tarvita kunnostusta ja levennystä. Valtatie 13 sijaitsee kaakko-luoteissuuntaisen harjumuodostelman päällä. Tällä harjumuodostelman alueella on pohjavesialue (Paikkatietoikkuna n.d.). Alue ei kuitenkaan ulotu maa-ainesten ottoalueelle. Maastoltaan alue on aukea ja sorapohjainen. Tontti on toiminut maa-ainesten ottopaikkana, jonka takia alue on ympäröivää maastoa alempana. (Ks. kuvio 11.) Ympäröivä maasto on metsää ja peltoa, alue on harvaan asuttua.



Kuvio 11. Äänekosken rajaseutu maasto.



Kuvio 12. Äänekosken rajaseutu kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).

Pyлкönmäen teollisuusalueen laajennus

Pyлкönmäen teollisuusalueen laajennuksen pinta-ala on 2,5 ha, lähimpään asutukseen on matkaa alle 0,1 km ja lähimmälle kantatielle on matkaa 0,1 km (ks. kuvio 14). Maastoltaan alue on nuorta mäntymetsää (ks. kuvio 13). Tontti on pienen teollisuusalueen laajennus, alueella on ennestään muutamia pieniä teollisuushalleja. Teollisuusalueen ympäröivä maasto on pääosin metsää, mutta alle 1 km päässä sijaitsee asuinalue.

Ei sovellu biotermiinalikäyttöön liian läheisen asutuksen ja pienen kokonsa vuoksi.



Kuvio 13. Pylkönmäen teollisuusalue maasto.



Kuvio 14. Pylkönmäen teollisuusalue kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).

Ridanniemi

Viitasaaren kunnassa sijaitsevan Ridanniemen alueen pinta-ala on 80 ha, lähimpään asutukseen on matkaa 0,5 km, tontti sijaitsee valtatievarressa (ks. kuvio 16).

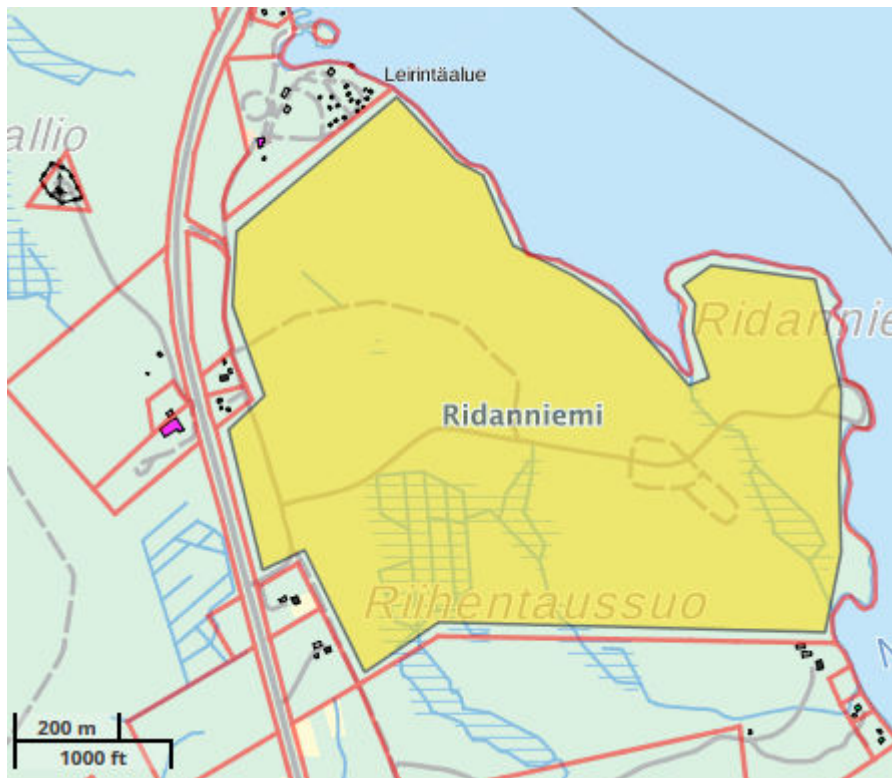
Maastoltaan tontti on metsikköä ja noin puolet tontista on suota (ks. kuvio 15).

Aiemmin tontilla on toiminut tukinuittopaikka. Tontin ympärillä on toisella puolella metsää ja toisella puolella järvi. Ympäröivä alue on melko harvaan asuttua, mutta viereisellä tontilla sijaitsee leirintäalue ja viereisen järven rannoilla on mökkejä.

Ei sovellu bioterminaalikäyttöön, järveä pitkin bioterminaalien tuottama melu kuuluisi erittäin kauas. Lisäksi läheinen leirintäalue ja mökit olisivat haasteena terminaalitoiminnalle.



Kuvio 15. Ridanniemi maasto.



Kuvio 16. Ridanniemi kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).

Saikaantien tontit

Viitasaaren kunnassa sijaitsevat Saikaantien tontit koostuvat useasta erikokoisesta tontista joista käytettävissä olevien pinta-ala on yhteensä noin 15 ha, lähimpään asutukseen on matkaa 0,7 km (ks. kuvio 18). Tontit sijaitsevat teollisuusalueella hyvien liikenneyhteyksien varressa, E75 tielle johtaa 0,3 km pitkä asfaltoitu tie. Tonttien maasto on pääosin metsää (ks. kuvio 17). Tontteja ympäröi metsä ja teollisuusalue, lisäksi niillä on vähän rantaviivaa viereiseen järveen. Lähistöllä sijaitsee paljon teollisuusrakennuksia, alle 1 km päässä sijaitsee asuinalue ja Viitasaaren keskustaan on matkaa noin 2 km.

Ei sovellu bioterminalikäyttöön, sijaitsee liian lähellä asutusta ja Viitasaaren keskustaa.



Kuvio 17. Saikaantie maasto.



Kuvio 18. Saikaantie kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).

Soranottoipaikka

Soranottoipaikka on Viitasaaren kunnan alueella sijaitseva, yksityisessä omistuksessa oleva maa-ainesten ottoipaikka, jonka pinta-ala on 6 ha. Lähimpään asutukseen on matkaa 1,1 km. Tontille johtaa 1,9 km pitkä hiekkatie valtatieltä E75. (Ks. kuvio 20.) Tie on hyväkuntoinen ja ei juurikaan tarvitse kunnostusta eikä levennystä. Maastoltaan alue on erittäin tasaista sorakenttää (ks. kuvio 19). Maa-ainesten ottoipaikkana toimimisen takia tontti on ympäröivää maastoa alempana. Tonttia ympäröivä alue on metsää ja harvaan asuttua. Viereisellä tontilla sijaitsee pienempi soranottoipaikka.



Kuvio 19. Soranottoipaikka maasto.



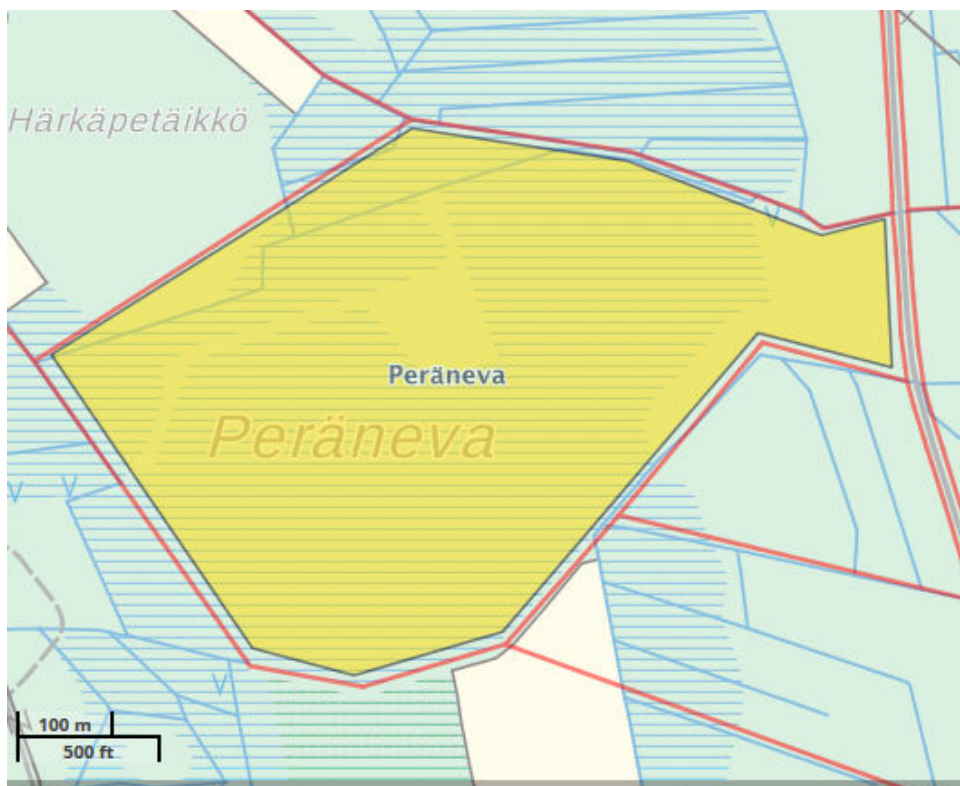
Kuvio 20. Soranottopaikka kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).

Peräneva

Karstulan kunnan alueella sijaitsevan Peränevan pinta-ala on 32 ha, lähimpään asutukseen on matkaa 0,6 km (ks. kuvio 22). Lähimmälle kantatielle vie 1,2 km pitkä hyväkuntoinen asfaltoitu tie. Maastoltaan alue on tasaista aukeata, jossa kasvaa vain heinää ja pieniä puita (ks. kuvio 21). Jos paikalle halutaan bioenergiaterminaali, on alueen pohja raivattava ja maapohjaa on vahvistettava murskeilla ja soralla ja niin, että alue nousee ympäröivää suoperäistä aluetta korkeammalle tasolle. Tonttia ympäröivä alue on metsää ja harvaan asuttua aluetta.



Kuvio 21. Peräneva maasto.



Kuvio 22. Peräneva kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).

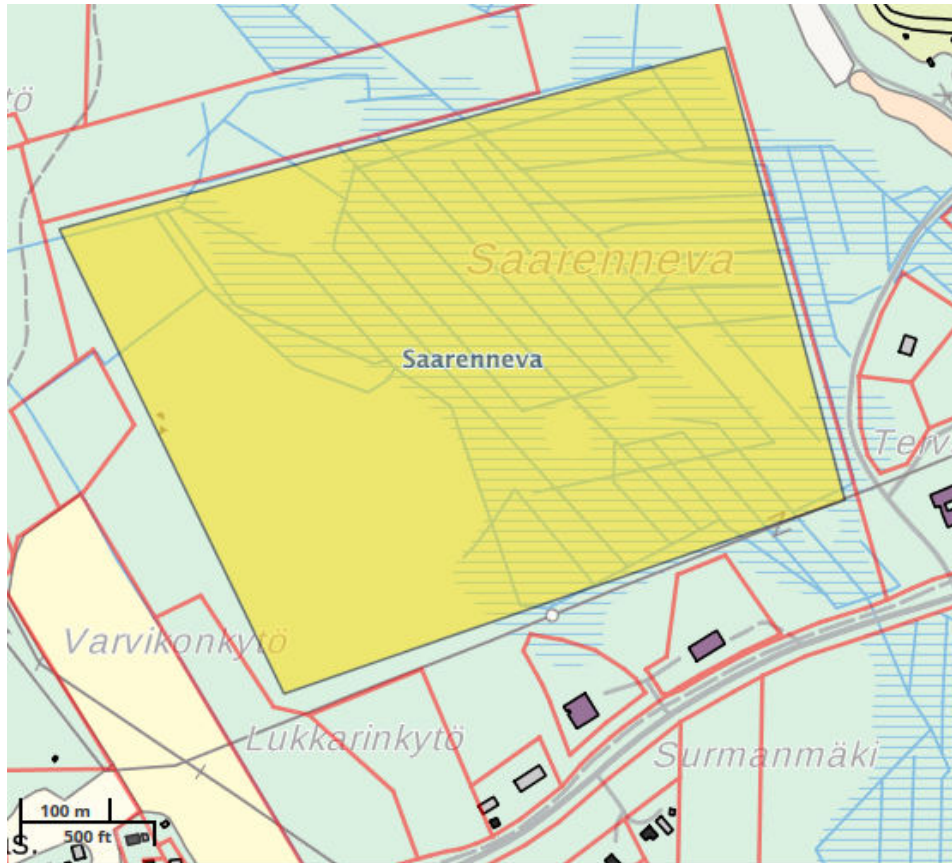
Saarenneva

Karstulan kunnan alueella sijaitsevan Saarennevan pinta-ala on 45 ha, lähimpään asutukseen on matkaa 0,5 km. Alue sijaitsee pienen teollisuusalueen laidassa, josta kantatielle on matkaa 0,2 km. (Ks. kuvio 24.) Maastoltaan alue on tasaista ja soista mäntymetsikköä (ks. kuvio 23). Tontin ympäröivä maasto on pääasiassa metsää. Noin 1,1 km päässä sijaitsee asuinalue, lisäksi 0,6 km päässä tontista sijaitsee kilpa-autorata.

Ei sovellu bioterminaalikäyttöön, sijaitsee liian lähellä asutusta ja asuinalueita.



Kuvio 23. Saarenneva maasto.



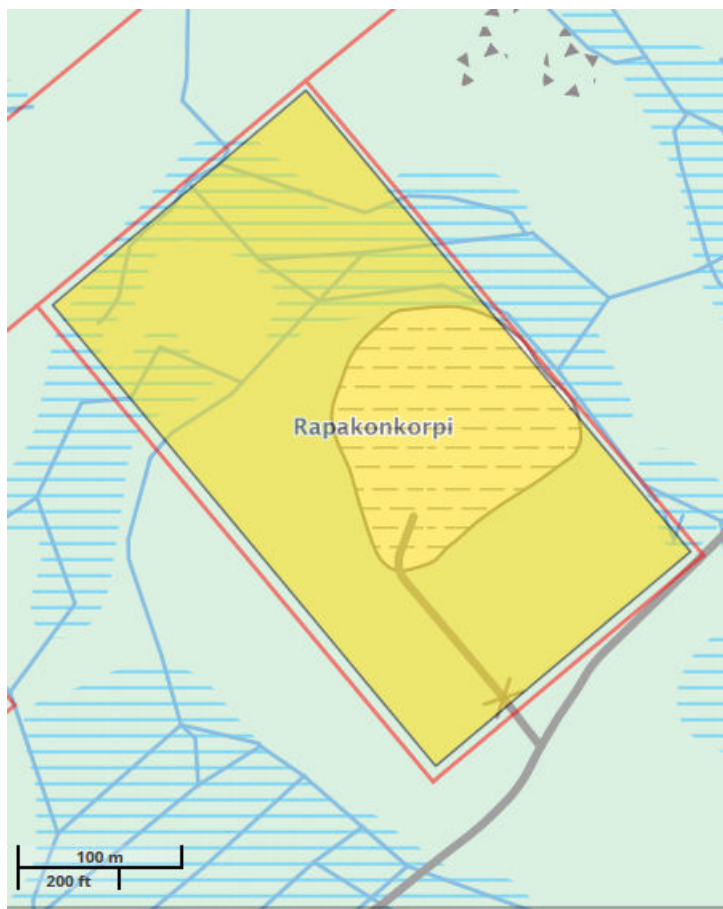
Kuvio 24. Saarenneva kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).

Rapakonkorpi

Kannonkoskella sijaitsevan Rapakonkorven pinta-ala on 8 ha, lähimpään asutukseen on matkaa 1,3 km. Tontille johtaa 2 km pitkä hiekkatie kantatieltä (Ks. kuvio 26). Alue toimii maankaatopaikkana, maasto on tasaista ja aukeaa (ks. kuvio 25). Tonttia ympäröi metsä joka suunnassa ja alue on harvaan asuttua.



Kuvio 25. Rapakonkorpi maasto.



Kuvio 26. Rapakonkorpi kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).

Luomapuro

Kannonkoskella sijaitsevan Luomapuron alueen läpi kulkee kantatie ja junaraide, jotka jakavat alueen kolmeen osaan. Osien pinta-alat ovat 5-, 9- ja 2 ha, tontin osista 9 ha osa on bioterminaalikäyttöön soveltuvin, koska on kooltaan suurin ja sijaitsee kauimpana asutuksesta. (Ks. kuvio 28.) Lähimpään asutukseen on matkaa 0,4 km. Maastoltaan alue on hyvin tiheää metsää, jonka läpi kulkee pieni puro (ks. kuvio 27). Tontin ympäröivä maasto on metsää, lisäksi alueelle on rakennettu aikoinaan junaraitien pohja, mutta kiskoja ei rakennettu. Lähistöllä on muutamia asuin tontteja, mutta pääasiassa ympäristö on harvaan asuttua.



Kuvio 27. Luomapuro maasto.



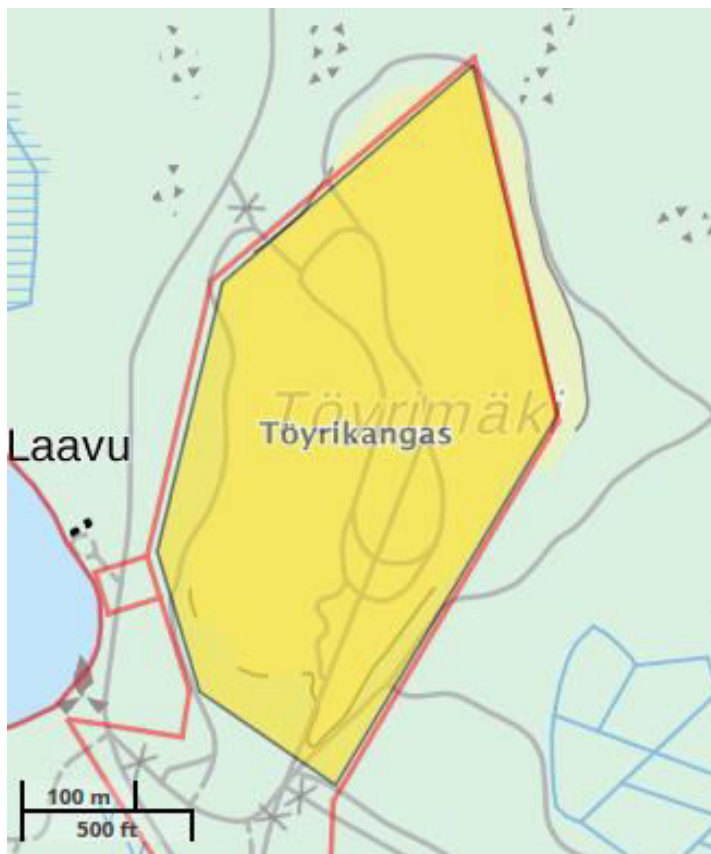
Kuvio 28. Luomapuro kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).

Töyrikangas

Kannonkoskella sijaitsevan Töyrikankaan pinta-ala on 14 ha, lähimpään asutukseen on matkaa 1,7 km. Alueesta 0,2 km päässä sijaitsee laavu, lähimmälle kantatielle on matkaa noin 3 km. (Ks. kuvio 30.) Maastoltaan alue on tasaista sorakenttää ja alueella sijaitsee moottorirata (ks. kuvio 29). Tonttia ympäröi metsä joka suunnassa ja alue on harvaan asuttua.



Kuvio 29. Töyrikangas maasto.



Kuvio 30. Töyrikangas kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).

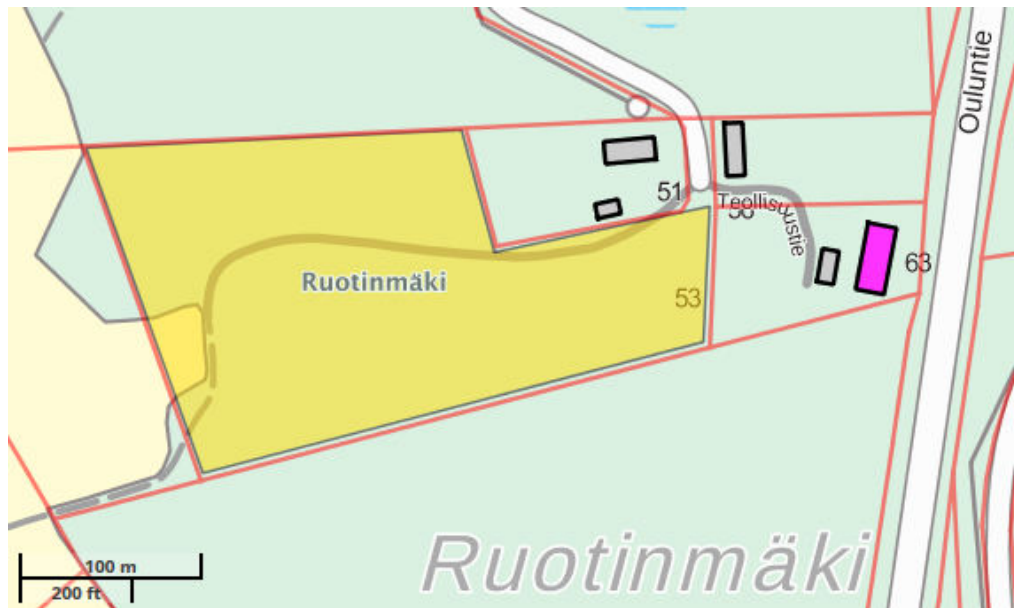
Ruotinmäki

Kannonkoskella sijaitsevan Ruotinmäen pinta-ala on 4 ha, lähimpään asutukseen on matkaa 0,5 km, viereisellä tontilla on hevostalli, johon on matkaa 0,2 km (ks. kuvio 32). E75 tielle on matkaa tietä pitkin noin 0,6 km. Maastoltaan tontti on mäkistä hakkuuaukeaa (ks. kuvio 31). Tontin ympärillä on metsää ja peltoa, noin 1 km päässä sijaitsee useita rantatontteja.

Ei sovellu biotermiinalikäyttöön, viereisen tontin hevostalli sijaitsee liian lähellä, lisäksi alueen mäkisyys aiheuttaisi haasteita.



Kuvio 31. Ruotinmäki maasto.



Kuvio 32. Ruotinmäki kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).

Jätemaan kaatopaikka

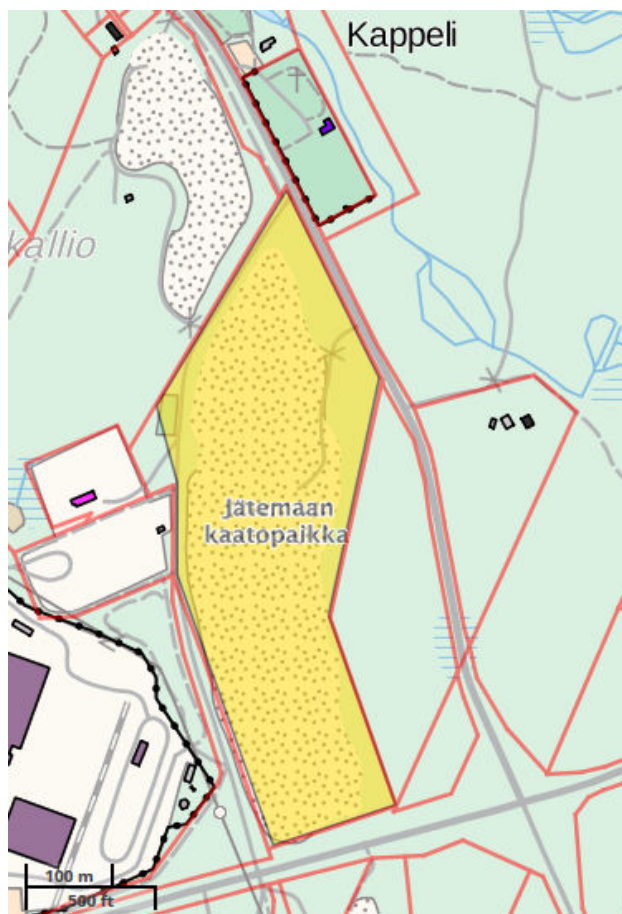
Äänekoskella sijaitsevan jätemaan kaatopaikan tontti sijaitsee kahdella puolella tietä, terminaalitoimintaan soveltuvamman osan pinta-ala on 13 ha. Lähimpään asutukseen on matkaa 0,3 km. Kantatielle on matkaa noin 0,1km. (Ks. kuvio 34.) Alue toimii tällä hetkellä jätemaan kaatopaikkana, jonka vuoksi terminaalien rakentaminen alueelle olisi mahdollista vasta noin viiden vuoden kuluttua (ks. kuvio 33).

Tontin vieressä sijaitsee hautausmaa ja asuinalue. Tonttia ympäröi metsää ja traktoritehdas, lisäksi aivan tontin vieressä sijaitsee hautausmaa ja 0,6 km päässä asuinalue.

Ei sovellu bioterminaalikäyttöön läheisen hautausmaan ja asuinalueen takia.



Kuvio 33. Jätemaan kaatopaikka maasto.



Kuvio 34. Jätemaan kaatopaikka kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).

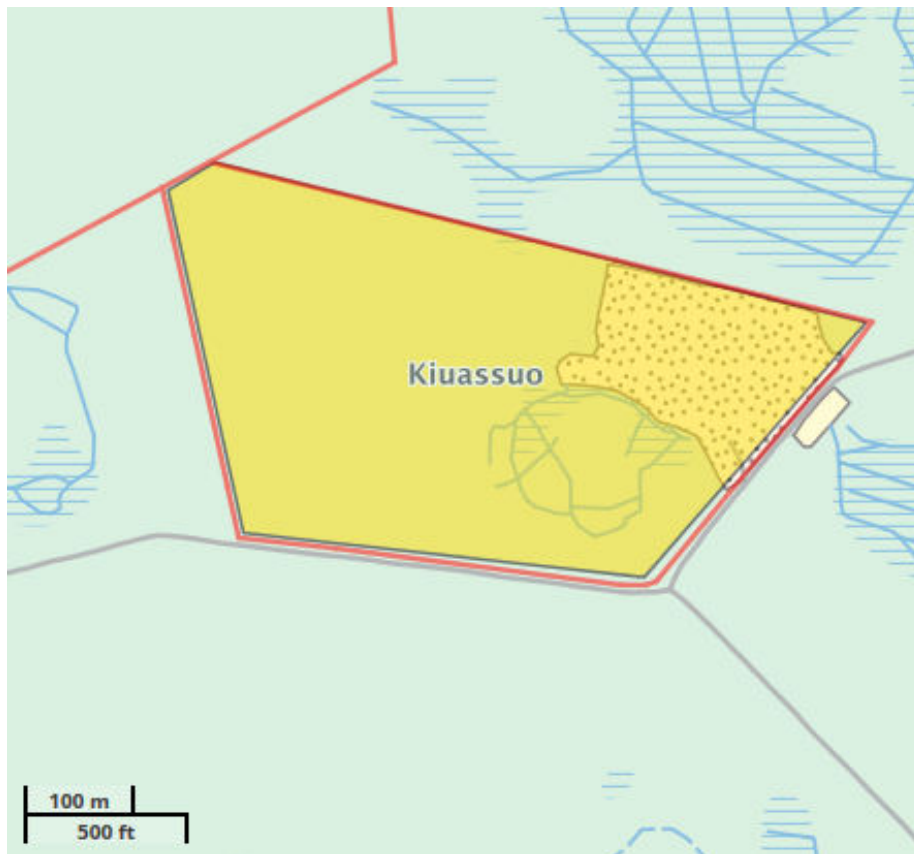
Kiuassuo

Äänekoskella sijaitsevan Kiuassuon pinta-ala on 17 ha, lähimpään asutukseen on matkaa 2,5 km (ks. kuvio 36). Liikenneyhteydet tontille ovat erittäin huonot, lähimmälle kantatielle on usean kilometrin matka pientä hiekkatietä pitkin. Maastoltaan alue on aukeaa jossa kasvaa heinää ja pientä puustoa, lisäksi alueella sijaitsee suo (ks. kuvio 35). Tonttia ympäröi metsää ja hakkuuaukeaa joka suunnasta, alue on erittäin harvaan asuttua.

Ei sovellu bioterminaalikäyttöön todella huonojen liikenneyhteyksien vuoksi.



Kuvio 35. Kiuassuo maasto.



Kuvio 36. Kiuassuo kartta (Paikkatietoikkuna n.d.).

8 Laskelmat

Alustavat investointikustannuslaskelmat teimme kaikille alustavasti soveltuville terminaaleille vertaillaksemme niiden kannattavuutta terminaalitoimintaan. Investointilaskelmista havaitsimme, että Viitasaarella sijaitseva Soranottoaika osoittautui potentiaalisimmaksi vaihtoehdoksi terminaalitoiminnalle, jonka vuoksi teimme tarkemmat laskelmat kustannuksista vain Soranottoaikasta.

Laskelmat ja niiden perustelut ovat esitetty kappaleissa 8.1 – 8.6.

8.1 Investointikustannukset

Budjetti

Työn toimeksiantajalta saimme 600 000 euron ylärajan tontin hankkimiseen ja sen muokkaamiseen. Ilman kustannuskattoa olisivat bioterminaalien kustannukset ja takaisinmaksuaika venyneet liian pitkiksi, jolloin bioenergiatoimintaa harkitsevat toimijat eivät kiinnostuisi siitä.

Budjettiin sisältyi seuraavat asiat:

- Tontin ostaminen
- Alueen raivaus
- Maaston tasoitus ja sorapohja
- Hakkeelle tarkoitettun alan asfaltointi
- Mahdolliset meluvallit
- Tiestön leventäminen ja parantaminen

Budjetista erillisiä olivat:

- Koneet ja laitteet
- Toimisto- ja sosiaalityöt
- Sähkö, viemärointi ja vesiverkko

Laskelmissamme havaitsimme, että budjetti ylittyi suuressa osassa tarkastelemiamme tontteja. Etenkin niissä tonteissa joissa alue oli raivaamatonta metsää, nousivat maastonmuokkaukustannukset merkittävästi yli budjetin.

Laskelmat parantamiskustannuksista ovat Liitteessä 1.

Maastonmuokkaus

Tekemämme kustannuslaskelmat ja käyttämämme arvot olivat karkeita arvioita ja suuntaa-antavia. Tarkkojen kustannuslaskelmien tekeminen esimerkiksi maaston raivaus- ja parantamiskustannuksista olisi ollut työlästä ja haastavaa, sekä vaatinut tarkempaa selvitystyötä alueesta. Arvioimme maaston haasteellisuuden ja muokkaustarpeen tonteilla tekemämme vierailujen perusteella, sen avulla arvioimme muokkauksesta aiheutuvat kustannukset. Karkeistakin laskelmista havaitsimme selkeitä eroja eri tonttien välillä.

Tiestön parantaminen

Tiestön parantamiskustannuksiin vaikuttivat parannettavan tien pituus, leveys ja kunto. Tontilla vierailujen aikana teimme havaintoja tonteille johtavista teistä.

Havaintojemme perusteella teimme karkean arvion siitä, paljonko tiestö vaatii toimenpiteitä kantavuuden parantamiseksi ja tien leventämiseksi. Tiestön parantamiskustannukset eivät yhdessäkään tontissa nousseet erityisen merkittäväksi.

Osassa tonteissa tiestö ei vaatinut ollenkaan parannustöitä, jonka vuoksi kustannuksia ei tullut ollenkaan. Kalleimmat tiestön parannuskustannukset olivat Rapakonkorvella, noin 50 000 euroa.

Terminaalien pinta-ala

Tonttien hinnan arvioimme pinta-alan mukaan hinnalla 3,5 euroa neliömetriltä, tarkempia hintatietoja alueista ei ollut saatavilla. Hinta-arvio perustui toimeksiantajalta saamiimme tietoihin. Investoinnin pituudeksi laskimme 25 vuotta.

Mikäli alueen koko oli korkeintaan 10 ha, niin ostimme laskelmissamme alueen kokonaan, tätä suuremmista tonteista ostimme vain tarvitsemamme osan. Alle 10 ha tonttien omistaja ei todennäköisesti olisi halukas myymään meille tarvitsemaamme osaa alueesta, toisin kuin suuremmissa tonteissa. On myös kannattavaa ostaa hieman tarvittua suurempi alue, niin terminaalilla on nopeaa laajenemisvaraa.

Laskelmissamme päädyimme 4,5 ha pinta-alaiseen terminaaliiin. Sen kokoisen terminaalien perustamisesta aiheutuvat investointikustannukset pysyvät alle 600 000 euron ja se pystyy tuottamaan noin 296 GWh vuodessa. Tällöin terminaalilla on riittävästi volyymia ollakseen kilpailukykyinen, mutta asiakkaiden riittävyys ei ole ongelma liian suuren koon vuoksi. 4,5 ha terminaalissa pystymme myös kuivaamaan rankoja noin kuukauden ajan. Työvuorojen ja haketuksen säätelyllä varastoa ja sen tarvitsemaa pinta-alaa pystytään muokkaamaan tarpeen mukaan.

Terminaalista 90 % eli 4 ha on materiaalin varastointiin käytettävää alaa. 0,5 ha terminaalista on varattu mm. toimistorakennukseen, pysäköintiin ja koneiden säilytykseen. 2,4 ha varastoalueesta on asfaltoimatonta ja 1,6 ha on asfaltoitua. Asfaltoitua aluetta käytetään hakkeen varastointiin, asfaltoimatonta osaa käytetään rankojen ja muiden polttoainemuotojen varastointiin. Investointikustannukset alenevat noin 55 000 euroa, kun jätetään 2,4 ha tontista asfaltoimatta.

Pääosa varaston alasta käytetään hakettamattomien materiaalien varastointiin, koska polttoaine säilyy ja kuivuu paremmin hakettamattomassa muodossa.

Varastoidun hakkeen tarkoitus on toimia puskurivarastona ja taata toimitusvarmuus haastavissakin olosuhteissa. Lisäksi hakkeen varastoon tekeminen tasoittaa hakkurin käyttöä ja pienentää sen tehontarvetta. Etenkin kesäkuukausina haketta pyritään tekemään varastoon talvikuukausien suuren kysynnän vuoksi.

Koneet ja muut investoinnit

Mobiilihakkurin hankintakustannukseksi arvioimme 650 000 euroa, tämän hintaluokan hakkurin arvioimme terminaalioloissa pystyvän tuottamaan tunnissa ainakin 200 irtokuutiota haketta, joka vastaa noin 160 MWh energiaa.

Terminaalimme vuosittainen tuotto on noin 300 GWh, jonka tuottamiseen hakkurillamme menee noin 1875 tuntia vuodessa. Päädyimme mobiilihakkuriin kiinteän hakkurin sijasta, koska terminaalimme volyymi on niin alhainen, että kiinteän hakkurin käyttöaste jäisi liian alhaiseksi. Lisäksi mobiilihakkurin vuokraaminen eteenpäin on mahdollista silloin kun sitä ei terminaalissa käytetä, tätä emme kuitenkaan ottaneet laskelmissa huomioon. Hakkurin pitoajaksi laskimme 6 vuotta. Pitoajassa on huomioitu vähäinen ajo terminaalilla, jolloin auton alusta pysyy hyvässä kunnossa pidempään.

Pyöräkuormaajan hankintakustannuksia muodostui 210 000 euroa, kustannuksiin sisältyy kuormaajaan asennettava kuormavaaka. Kuormaajan pitoaika on 20 vuotta.

Rakennuksia terminaaliin tarvitaan työmaaparakki toimisto/sosiaalitalaksi, sekä yksinkertainen katos hakkurin ja kuormaajan säilytykseen. Näiden lisäksi tontti valaistaan, jotta pystytään työskentelemään pimeällä turvallisesti ja tehokkaasti. Vesi- ja viemäriverkon vetämistä tontille emme pitäneet kannattava alhaisen käytön ja korkeiden kustannusten vuoksi. Kuivakäymälä ja kannettu säiliövesi riittävät terminaali-toimintaan. Yhteensä kustannuksia näille rakennuksille/hankinnoille tulee noin 100 000 euroa, sisältäen sähköliittymän. Rakennusten pitoaika on 25 vuotta.

8.2 Kuljetuskustannukset

Saapuvat kuljetukset

Laskelmissamme oletimme, että terminaaliin saapuva energiapuu kuljetetaan tienvarsivarastoista keskimäärin 30 km päästä (Liitetaulukko 10. Keskimääräinen

kuljetusmatka ja kuormausaste kotimaan liikenteessä tavaralajeittain vuonna 2015-2016). Tällöin saapuvan materiaalin kuljetuskustannukset ovat kaikille samat, tarkempien arvojen saaminen olisi vaatinut selvitystä tonttien lähialueiden metsistä ja niiden tilasta.

30 km kuljetusmatkalla kaukokuljetuskustannukset olivat rangoille 3,9 €/m³, kokopuulle 6,2 €/m³ ja paaleille 4,5 €/m³ (Laitila & Väätäinen 2011 120). Kokopuun osuus kuljetuksista oli 20 %, rankojen 50 % ja paalien 30 %. Terminaalin vuosittainen tarve on noin 300 GWh, joka vastaa vajaata 157 000 kiintokuutiota energiapuuta vuodessa. Yhdestä kiintokuutiosta energiapuuta saadaan noin 2 MWh energiaa. Laskelmat saapuvien kuljetusten aiheuttamista kustannuksista ovat Liitteessä 2.

Yhteensä kustannuksia terminaaliin saapuvan materiaalin kuljetuksista tuli 760 613 €. Kustannuksia saapuvista kuljetuksista tulee 2,34 €/MWh ja niiden osuus on 13 % kokonaiskustannuksista.

Lähtevät kuljetukset

Laskimme keskiarvon sille, kuinka kaukana terminaali sijaitsee potentiaalisesti asiakkaistaan. Tämän keskiarvon oletimme olevan keskimatka terminaalin ja sen asiakkaiden välillä. Lyhin matka asiakkaille terminaalista oli Saikaantien tonteilla (23,3 km) ja pistin oli Soranottopaikalla (36,4 km). Kuljetuskustannukset hakkeelle Soranottopaikalta olisivat noin 513 900 €, näihin kustannuksiin ei sisälly hakkeen lastaus. Kustannuksia lähtevistä kuljetuksista tulee 1,73 €/MWh ja niiden osuus on 10 % kokonaiskustannuksista.

Hakkeen lastauksesta aiheutuvat kustannukset ovat 126 470 €. Näihin sisältyy mm. palkat, kuormaajan pääomakustannukset, kuormaajan polttoaine, odotusaika jne. Kustannuksia lastauksista tulee 0,42 €/MWh ja niiden osuus kokonaiskustannuksista on 2 %.

8.3 Haketuskustannukset

Haketuksen kustannukseen terminaalilla vaikuttavat hakkurin käytöstä aiheutuvat kustannukset sekä koneenkäyttäjän palkkakustannukset. Palkkakustannuksia haketuksesta aiheutuu vuodessa noin 58 772 €, joka vastaa noin 0,2 €/MWh.

Mobiilihakkurin poisto ja pääoman korko ovat vuodessa keskimäärin 121 500 € eli noin 0,41 €/MWh. Muita haketuksen kustannuksia on nähtävillä taulukossa 5.

Taulukko 5. Haketuksen muita kustannuksia (Rinne 2010, muokattu).

Haketuksen kustannuksia	Hinta €/MWh
Polttoaine	0,5
Huolto	0,3
Terähuolto	0,4
Vakuutus	0,02
Muut	0,09
Hallinto	0,1
Yhteensä	1,41

Yhteensä kustannuksia yhden MWh:n haketuksesta muodostuisi 2,06 €, jolloin kustannukset vuodessa, 300 GWh:n haketusmäärällä, olisivat 618 000 €.

8.4 Hankintakustannukset

Energiapuun hankintahintaa määrittäessä otimme keskiarvon energiapuun hinnasta hankintakaupasta vuonna 2015 ja vuoden 2016 kolmena ensimmäisenä neljänneksenä (Energiapuun hinta neljännesvuosittain n.d.). Laskemamme hinnat ovat taulukossa 6. Todellisuudessa terminaalin hankkiman puutavaran hinta tulisi vaihtelevaan suuresti. Hinta voisi muodostua huomattavasti kalliimmaksi, tai edullisemmaksi, johtuen suurista hinnanvaihteluista energiapuussa jopa yksittäisten kauppojen välillä.

Taulukko 6. Energiapuun hinnan keskiarvo hankintakaupassa Keski-Suomessa (Energiapuun hinta neljännesvuosittain n.d. muokattu).

Energiapuulaji	Hinta €/m ³
Kokopuu	17,00
Rangat	21,34
Paalit	15,00

Yksi kiintokuutio energiapuuta vastaa keskimäärin 2 MWh energiaa. Keskimäärin kustannuksia puun hankinnoista tulee 9,57 €/MWh. Ensimmäisenä toimintavuonna

kustannukset puunhankinnoista ovat 3 197 658 €, myöhempinä vuosina kustannukset ovat hieman pienemmät.

8.5 Muut kustannukset

Muihin kustannuksiin on jaoteltu kiinteät kustannukset sekä muut kustannukset, jotka eivät kuulu aikaisemmin eriteltyihin kustannuksiin. Terminaalilla työskentelee myös yhdessä vuorossa hankinnoista ja myynnistä vastaava henkilö, jonka palkka kuuluu muihin kustannuksiin.

Muihin kustannuksiin on laskettu myös varastoidun materiaalin pääomakustannukset sekä materiaalitappioista aiheutuvat kustannukset. Kuiva-aine tappioiden on laskettu olevan 5 % varastossa keskimäärin olevasta hakkeesta. Muusta varastosta tappioita ei ole huomioitu rankojen paremman säilyvyyden vuoksi. Varaston pääomakustannukset on puolestaan laskettu kuukauden tarvetta vastaan rankavaraston arvosta.

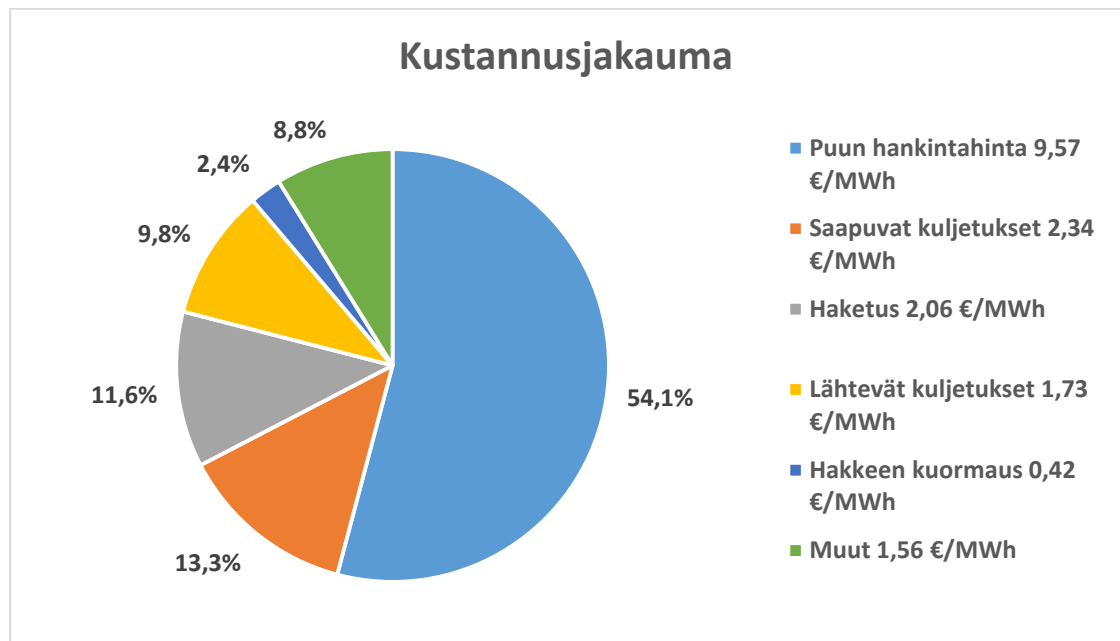
Terminaalialueen hoidosta ja ylläpidosta aiheutuvia kustannuksia on noin 5000 € vuodessa, jonka lisäksi puolet lastaajan palkasta on jyvitetty alueen ylläpitoon ja varastotilan optimointiin. Muuta kuin lastaukseen käytettyä ajoa pyöräkuormaajalle on laskettu noin 550 tuntia vuodessa. Alueen ylläpitoon kuluva pyöräkuormaajan polttoainekustannus on noin 10 890 € vuodessa.

Yhteensä muita kustannuksia kertyy vuodessa 462 000 € eli 1,56 €/MWh.

8.6 Kustannusjakauma

Laskelmiemme mukaan terminaali pystyy toimittamaan haketta käyttöpaikalle omakustannushinnalla 17,69 €/MWh. Kustannusjakauma on nähtävissä kuviossa 37. Merkittävin kustannustekijä on puun hankinta, jonka osuus on 54,1 % kokonaiskustannuksista. Muita merkittäviä kustannuksia ovat kuljetuskustannukset, sekä haketuksesta ja hakkeen käsittelystä aiheutuvat kustannukset.

Kustannuslaskelmien yhteenveto on liitteessä 3.



Kuvio 37. Kustannusjakauma

9 Tulokset

9.1 Ehdottamamme sijainti

Investointikustannusten kannalta kannattavimmiksi ja budjettiin mahtuviksi sijainneiksi osoittautuivat Äänekosken rajaseutu ja Soranottoaika. Kummankin tontin maasto oli tasaista sorapohjaa joka ei vaadi merkittävää muokkausta. Molemmat sijaitsivat hiekkatien päässä, mutta siitä aiheutuvat tienparannuskustannukset ovat vähäiset maastonmuokkauksesta aiheutuviin säästöihin nähden.

Teimme vertailua näiden kahden sijainnin välillä, Äänekosken rajaseutu sijaitsee hieman lähempänä asiakkaitaan, mutta kuljetuskustannuksista aiheutuvat säästöt eivät ole merkittäviä. Päätimme sijainnin valinnassa painottaa tontin maastoa ja sen ominaisuuksia, jolloin Viitasaarella sijaitseva Soranottoaika osoittautui parhaaksi sijainniksi.

Sijainnin edut

- Maastoltaan tontti on tasaista sorapohjaa, ei aiheudu merkittäviä kustannuksia alueen raivauksesta ja maaston muokkauksesta (ks. kuvio 38.)
- E75-tielle on matkaa 1,7 km
- 50 km säteellä sijaitsee 23 potentiaalista asiakasta, sekä yksi iso voimalaitos
- Alueen 6 ha koko jättää laajenemisvaraa terminaalille, myös viereiselle tontille laajenemismahdollisuus
- Lähimpään asuinrakennukseen matkaa 0,6 km, alue on harvaan asuttua
- Ympäröivä maasto on pääasiassa metsää, joka vaimentaa terminaalin aiheuttamaa melua (ks. kuvat 38 ja 39.)
- Alue on toiminut soranottoa paikkana, jonka vuoksi tontti on ympäröivää maastoa alempana, joka vaimentaa terminaalin aiheuttamaa melua (ks. kuvio 38.)

Sijainnin haitat

- Alueelle vievä tie vaatii parannuksia kestääkseen terminaaliliikennettä
- Ei sähkö-, vesi- ja viemäriverkostoa
- Keskimatka asiakkaille on pidempi kuin muilla ehdotetuilla sijainneilla



Kuvio 38. Soranottoa paikan ympäristö ja maasto.



Kuvio 39. Soranottopaikan ortokuva (Paikkatietoikkuna n.d. muokattu).

9.2 Nettonykyarvo ja kannattavuus

Myyntihinta

Hakkeen myyntihinnaksi arvioimme 20,75 €/MWh, hinta-arvio perustuu Tilastokeskuksen tilastoihin hakkeen hinnasta, inflaation vaikutusta hakkeen hintaan emme ottaneet huomioon laskelmissamme. Arvio on oletus tilanteesta, jossa hakkeen hinta pysyy samana tai laskee hieman, todellisuudessa hakkeen hinta voi myös nousta, jolloin toiminnan kannattavuus paranee. Omakustannushinnan hakkeelle ollessa 17,69 €/MWh saamamme myyntikate on 3,06 €/MWh eli 14 %.

Nettonykyarvo

Biotermiinalin kannattavuutta tutkimme nettonykyarvomenetelmän avulla. Nettonykyarvomenetelmällä verrataan tulevaa sekä menevää rahavirtaa

muuttamalla ne nykyarvoon. Mikäli netto nykyarvo käytetyllä laskentakorolla positiivinen on investointi kannattava.

Laskelmien mukaan investoinnin netto nykyarvo 25 vuoden ajalle laskettuna on positiivinen, joten toiminta on kannattavaa käyttämälläme 10 % laskentakorolla. Laskelmissa myymme alueen 25 vuoden jälkeen sen hankintahinnalla 210 000 €. Alueen parantamisesta johtuvaa arvonnousua emme huomioineet myyntihinnassa. Käytössä oleva kalusto myydään myös niiden jäännösarvolla. Netto nykyarvoon liittyvät laskelmat ovat Liitteessä 4. Inflaation oletimme pysyvän kahdessa prosentissa.

Herkkyysanalyysi

Suurimmat terminaalin kannattavuuteen vaikuttavat tekijät ovat puiden hankintahinta sekä vuosittainen volyyymi. Puiden hankintahinta kattaa yli puolet terminaalin kustannuksista, joten mahdollinen hintojen nousu vaikuttaa voimakkaasti terminaalin kannattavuuteen ja hakkeen myyntihintaan. 300 GWh vuosivolyyymillä haketta voidaan myydä hintaan 20,75 €/MWh. Mikäli puiden hankintahinnat kasvavat 5 % täytyy hakkeen myyntihinta nostaa arvoon 21,8 €/MWh. Vastaava arvo 10 % hinnannousulla on 22,35 €/MWh.

Kysynnän ollessa laskennassa käytettyä 300 GWh: pienempi täytyy hakkeen myyntihintaa myös nostaa. Kysynnän ollessa 250 GWh myyntihinnan tarvitsee olla 21,25 €/MWh, jotta toiminta olisi kannattavaa. Pienemmällä kapasiteetilla investoinneissa, kuten hakkurin hankinnassa ja alueen parantamisessa voidaan kuitenkin säästää. Mikäli hakkurin hankintaan käytetään 650 000 €:n sijasta 550 000 € myyntihinta laskee 21,1 €/MWh. Mikäli tämän lisäksi alueen parantamisessa pystytään säästämään 50 000 € jää myyntihinnaksi noin 21 €/MWh.

Kannattavuutta arvioitaessa on myös huomioitava, kuinka paljon toiminnasta halutaan voittoa. Laskelmissamme käytimme investoinnin tuottovaatimuksena 10 %. Tuottovaatimuksen arvioiminen perustuu yleensä riskeihin ja on tapauskohtaista. Mikäli olisimme laskeneet tuottovaatimuksen 5 % olisi myyntihinnaksi tullut 19,7 €/MWh. Vaatimuksen nostaminen 15 % olisi puolestaan nostanut myyntihinnan arvoon 22,05 €/MWh. Aikaisempien myyntihintojen laskennassa ei ole huomioitu inflaation vaikutusta.

10 Pohdinta

10.1 Bioenergian tulevaisuus

Bioenergian tulevaisuuden ennustaminen on haastavaa, korkeat kustannukset ja huono energiatiheys tulevat jatkossakin aiheuttamaan haasteita. Biopolttoaineiden hinnan- ja kysynnän kehitys tulevat myös vaikuttamaan bioenergian ja bioterminaalien käyttöön. Laskelmissamme oletimme hakkeen myyntihinnan pysyvän 20,75 €/MWh, mutta todellisuudessa sen hinta todennäköisesti tulee vaihtelemaan, sekä kokemaan inflaation vaikutuksen.

Myös energiapuun hinnan kehityksen arvioiminen on haastavaa. Energiapuukaupan hintoja on tilastoitu vasta vuodesta 2014, mutta jo muutaman vuoden aikana sen keskihinta on vaihdellut usealla eurolla kuutiota kohden.

Tulevaisuudessa bioenergian käyttöä ja sen logistiikkaa tulee tehostaa, jotta se säilyy kilpailukykyisenä muihin polttoainemuotoihin nähden. Bioenergiaterminaalit ovat yksi merkittävä tapa tässä toiminnan tehostamisessa. Tulevaisuudessa terminaalien on pyrittävä löytämään lisäarvopalveluita ja korkeamman jalostusarvon tuotteita, kuten kuusenoksien sisäosia, pysyäkseen kannattavina.

10.2 Terminaalin kannattavuus

Terminaalitoiminnasta muodostuvien kustannusten vaikutuksen hakkeen kokonaiskustannuksiin havaitsimme olevan vähäinen. Monet bioenergian tuottamiseen liittyvät kustannukset ovat suhteellisen kiinteitä ja riippumattomia siitä onko toimitusketjussa terminaali vai ei. Terminaali investointina saattaa aluksi vaikuttaa kalliilta, mutta kun siitä aiheutuvat investointikustannukset jaetaan koko terminaalin elinkaaren ajalle, niin investoinnin osuus toimintakustannuksista on vähäinen.

Laskelmissamme havaitsimme terminaalityönnän kannattavaksi, mikäli bioenergian markkinatilanne pysyy samana ja terminaali onnistuu hankkimaan riittävän määrän asiakkaita toimiakseen täydellä teholla. Mikäli bioenergian markkinatilanne heikkenee, niin silloin terminaalityönnä ei välttämättä enää olisi kannattavaa. On kuitenkin otettava huomioon, että markkinatilanteen muuttuessa myös ilman terminaalia toimivien bioenergian tuottajien kannattavuus heikkenisi.

Bioenergiaterminaalityönnä on aina tapauskohtaista ja sisältää lukuisia eri muuttujia, sen vuoksi on vaikeaa tehdä vertailua siitä, onko työnnä kannattavampaa silloin kun käytetään terminaalia vai silloin kun sitä ei käytetä. Terminaalin etuna ovat kuitenkin sen tarjoama vakaus ja mahdolliset lisäarvopalvelut tulevaisuudessa.

10.3 Johtopäätökset

Havainnot

Työssämme havaitsimme, että bioenergiaterminaalin sijaintia valitessa tontin maaston rooli osoittautui erittäin merkittäväksi. Suurin osa saamistamme tonttiehdotuksista oli ominaisuuksiensa (alueen koko, läheinen asutus), tai maastonmuokkaukustannustensa takia huonosti soveltuvia bioenergiaterminaalityönnä. Tämän vuoksi emme tontin valinnassa pystyneet käytännössä hyödyntämään painovoimamallia tai muita sijainnin optimointitapoja.

Maantieteellisen sijainnin määrittämistä tärkeämpään rooliin nousi parhaiten soveltuvan tontin valitseminen bioenergiaterminaalille. Käytännössä terminaalin sijainnin määrittäminen on aina näiden kahden osatekijän välinen kompromissi, on pyrittävä löytämään tarpeeksi soveltuva tontti, joka on myös sijainniltaan kannattava. Kuljetuskustannusten osuus terminaalin toimintakustannuksista on suhteellisen pieni ja parhaan ja huonoimman terminaalin sijainnin välillä eroa hakkeen kuljetuksista aiheutuvista kustannuksista muodostui melko vähän.

Muut sijainnit

Voimalaitoksiin nähden sijainnin kannalta optimaalisin olisi ollut Viitasaarella sijaitsevat Saikaantien tontit, sieltä asiakasvoimalaitoksille olisi keskimäärin 23,3 km matkaa. Itse tontti ei kuitenkaan ollut huomattavien maastonmuokkaukustannustensa vuoksi kannattava bioterminaalitoimintaan. Hakkeen kuljetuskustannusten osuus ei myös ole kovin merkittävä kokonaiskustannuksista.

Myös Saarijärvellä sijaitseva Äänekosken rajaseutu oli ominaisuuksiltaan terminaalitoimintaan soveltuva, sen maastonmuokkaukustannukset osoittautuivat hieman liian kalliiksi, jonka vuoksi valitsimme Soranottopaikan. Tontin 5 ha koon vuoksi terminaalilla ei myös olisi laajenemisvaraa. Alue on kuitenkin potentiaalinen vaihtoehto bioterminaalien sijaintia valitessa.

Tavoitteiden onnistuminen

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä selvitystyötä bioenergian tilanteesta Keski-Suomessa, sekä tehdä selvitystyö bioenergiaterminaalien kannattavasti sijainnista Keski-Suomessa. Työn tavoitteessa onnistuttiin, alustavien kustannusarvioiden ja laskelmien perusteella Viitasaarella sijaitseva Soranottopaikka osoittautui kannattavaksi bioterminaalitoiminnan kannalta. Tulevaisuudessa bioterminaaliliiketoimintaa suunnittelevat yritykset pystyvät käyttämään tämän työn tuloksia hyödykseen liiketoimintaansa suunnitellessa.

On kuitenkin otettava huomioon, että pääasiassa työssä tehdyt laskelmat ja arvot ovat karkeita arvioita sekä keskiarvoja, joten todellisuudessa tulokset saattavat vaihdella huomattavasti sijainnista ja tilanteesta riippuen.

Lähteet

Advantages and disadvantages of bioenergy. 2015. Viitattu 10.4.2017.

<https://www.originenergy.com.au/blog/about-energy/advantages-and-disadvantages-of-bioenergy.html>

Biopooli. N.d. Viitattu 29.9.2016. <http://www.jamk.fi/fi/Tutkimus-ja-kehitys/projektit/biopooli/biopooli/>

Energiapuun hinta neljännesvuosittain. N.d. Luonnonvarakeskuksen tilastotietokanta. Viitattu 18.3.2017.

http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_04%20Talous_04%20Energiapuun%20kauppa/01_Energiapuun_hinta_neljanv.px/?rxid=7728bc6d-d29d-48fb-8586-ebd08738cd5d

Energiapuun puukaupparamäärät vuosittain. N.d. Luonnonvarakeskuksen tilastotietokanta. Viitattu 2.11.2016

http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_04%20Talous_04%20Energiapuun%20kauppa/04_Energiapuun_puukaupparamaarat_v.px/table/tableViewLayout1/?rxid=001bc7da-70f4-47c4-a6c2-c9100d8b50db

Energiapuun varastointi. N.d. Viitattu 15.11.2016.

<http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/hake/energiapuun-varastointi/>

Etelätalo, E. 2013. Erialaisten hakkeiden käyttökohdevaatimuksista ja tuotantokustannuksista. Viitattu 8.3.2017 www.forestenergy.org/openfile/466

Haikonen, T. 2005. Tutkimus biopolttoaineen aumakuivauksesta. Opinnäytetyö. Teknillinen korkeakoulu, teollisuuden energiatekniikan ja talouden osasto. Viitattu 10.10.2016.

https://www.motiva.fi/files/7939/Tutkimus_biopolttoaineiden_aumakuivauksesta.pdf

Hake. N.d. Viitattu 15.11.2016.

<http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/hake/>

Hakkila, P. 2004. Puuenergian teknologiaohjelma 1999-2003.

Teknologiaohjelmaraaportti 5/2004. Viitattu 1.11.2016.

http://www.tekes.fi/globalassets/julkaisut/puuenergian_teknologiaohjelma.pdf

Hillebrand, K. 2009. Energiapuun kuivaus ja varastointi. Viitattu 4.12.2016.

<http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2009/VTT-R-07261-09.pdf>

Ikonen, T. & Jahkonen, M. 2013. Energiapuutoimijoiden näkemykset metsähakkeen tuotannon laadusta. Viitattu 2.12.2016.

<http://www.forestenergy2020.org/openfile/156>

Impola, R. Tiihonen, I. 2011. Biopolttoaineterminaalit, ohjeistus terminaalien perustamiselle ja käytölle. Viitattu 5.10.2016.

<http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2011/VTT-R-08634-11.pdf>

- Jirjis, R. 1995. Storage and drying of wood fuel. Artikkel. Viitattu 12.11.2016. https://www.researchgate.net/profile/Raida_Jirjis/publication/222488222_Storage_and_drying_of_wood_fuel/links/0c96052a6ebcee7044000000/Storage-and-drying-of-wood-fuel.pdf
- Jylhä, P. 2013. Autohakkurin seula-aukon koon vaikutus kokopuun haketuksen tuottavuuteen ja polttoaineen kulutukseen. Metla työraportti 272. Viitattu 31.1.2017. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2013/mwp272.pdf>
- Karrus, Kaij. 1998. Logistiikka. Porvoo: WSOY.
- Kotimaisten polttoaineiden käyttäjähinnat energiantuotannossa (ei sis. alv:a). n.d. Tilastokeskuksen tilasto. Viitattu 26.4.2017. http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ene_ehi/020_ehi_tau_102_fi.px/?rxid=6f234ae0-518c-4796-a802-8e4b81625a72
- Kärkkäinen, M. 2013. Metsähakkeen markkinahinnan kehitys ja hintaan vaikuttavat tekijät. Kandidaatintyö. Viitattu 18.4.2017. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/91500/Mets%C3%A4hakkeen%20markkinahinnan%20kehitys%20ja%20hintaan%20vaikuttavat%20tekij%C3%A4t.pdf?sequence=2>
- Käyttö eri lämmityskohteissa. N.d. Viitattu 15.11.2016. <http://www.bioenergieneuvoja.fi/biopolttoaineet/hake/kaytto/>
- Laitila, J. & Väättäinen, K. 2011. Kokopuun rangan autokuljetus ja haketustuottavuus. Metsätieteen aikakauskirja 2/2011. Viitattu 18.4.2017. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/91500/Mets%C3%A4hakkeen%20markkinahinnan%20kehitys%20ja%20hintaan%20vaikuttavat%20tekij%C3%A4t.pdf?sequence=2>
- Langford, J. 2007. Logistics principles and applications. 2. p. McGraw-Hill Education.
- Liitetäulukko 10. Keskimääräinen kuljetusmatka ja kuormausaste kotimaan liikenteessä tavaralajeittain vuonna 2015. 2016. Tilastokeskuksen tilasto. Viitattu 1.3.2017. http://tilastokeskus.fi/til/kttav/2015/kttav_2015_2016-05-18_tau_010_fi.html
- Lähdevaara H., Savolainen V., Paananen M & Vanhala A. 2010. Mailta ja manuilta, soilta ja saloilta: selvitys Keski-Suomen biomassakuljetusten logistiikasta. Hannu Lähdevaara V. (Ed.), In: Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 107, Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 20.10.2016. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2010060211208>
- Lämpö- ja voimalaitosten kiinteiden puupolttoaineiden käyttö metsäkeskusalueittain (1 000 m³). N.d. Luonnonvarakeskuksen tilastotietokanta. Viitattu 1.11.2016 http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_04%20Talous_10%20Puun%20energiakaytto/01_Laitos_ekaytto.px/table/tableViewLayout1/?rxid=001bc7da-70f4-47c4-a6c2-c9100d8b50db
- Maanmittauslaitos. N.d. avoimien aineistojen tiedostopalvelu. kuntatietoja 11/2016. Viitattu 29.11.2016. <https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta>

- Mangan, J. Lalwani, C. & Butcher, T. 2008. Global logistics and supply chain management. John Wiley & Sons.
- Metsähakkeen käyttö supistui 2015. 2016. Luonnonvarakeskuksen uutinen. Viitattu 7.1.2017. <https://www.luke.fi/uutiset/metsahakkeen-kaytto-supistui-2015/>
- Metsäkeskus Keski-Suomi. N.d. Energiapuun varastointiohje. Viitattu 30.11.2016. <http://www.puuenergiafoorumi.net/docs/lagringfi.pdf>
- Miten teen puukaupan?. 2016. Artikkelin Metsäteollisuus Ry:n sivuilta. Viitattu 10.4.2017. <https://www.metsateollisuus.fi/painopisteet/metsat-puuhuolto/puu-ja-metsapalvelumarkkinat/Miten-teen-puukaupan---74.html>
- Murskain. N.d. Viitattu 4.2.2017. <http://www2.amk.fi/mater/luonnonvara/Bioenergia/pienpuuntuotanto/2/2.3.6.htm>
- Paikkatietoikkuna. N.d. Maanmittauslaitoksen paikkatietoportaali. Viitattu 10.3.2017. <https://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/kartta>
- Pirkanmaan liitto. 2014. Pirkanmaan Puuterminaalit. Viitattu 14.10.2016. http://maakuntakaava2040.pirkanmaa.fi/sites/default/files/Puuterminaalit_netti_09022016.pdf
- Puuaineksesta puolet polttoon. 2013. Tilastokeskuksen tilasto. Viitattu 10.1.2017. http://www.stat.fi/til/mettp/2012/mettp_2012_2013-12-18_tie_001_fi.html
- Puun energiakäyttö. 2016. Luonnonvarakeskuksen tilasto. Viitattu 2.11.2016. <http://stat.luke.fi/puun-energiakaytto>
- Puuntuottaja, P. 2014. Energiapuun myynti voi antaa metsänomistajalle lisätuloja. Viitattu 20.12.2016. <http://www.puuntuottaja.com/energiapuun-myynti-voi-antaa-metsanomistajalle-lisatuloja/>
- Reinikainen, V. Mäntynen, J. Rantala, J. & Viitanen, S. 2002. Logistiikan Perusteet. Tampere: Tampereen Teknillinen Korkeakoulu.
- Rinne, S. 2010. Energiapuun haketuksen ja murskauksen kustannukset. Diplomityö. Viitattu 14.10.2016. <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/74691/Diplomity%C3%B6%20SR%20c%20painoon.pdf?sequence=1>
- Saarialho, A. Timmerbacka, E. & Mäkinen, I. 1992. Kuljetusjärjestelmät. Länsi-Savo. MH-Konsultit.
- Sähköntuotanto. N.d. Viitattu 22.2.2017. http://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto
- Tietoa biomassasta. 2014. Viitattu 14.10.2016. <https://corporate.vattenfall.fi/tietoa-energiasta/sahkon-jalammontuotanto/tietoa-biomassasta/>
- Virkkunen, M., Kari, M., Hankalin, V. & Nummelin, J. 2015. Solid biomass fuel terminal concepts and a cost analysis of a satellite terminal concept. Viitattu 1.2.2017. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2015/T211.pdf>

Yrjönen, K., Mikkonen, V. & Laakko, A. 2014. Biopoltoaineterminaaliselvitys. Viitattu 3.2.2017. <http://www.greenpolis.fi/wp-content/uploads/Biopoltttoaineterminaaliselvitys-Niscluster-Oy.pdf>

Liitteet

Liite 1. Alueiden parantamiskustannukset

Parantamiskustannuksissa on käytetty laskennallisia arvoja €/m ²		Alueen pohjan tasoa on pyritty arvioimaan % osuutena, joista on otettu 2 eri arvoa. Maaston haastavuudessa suurempi arvo tarkoittaa esim. soista metsää ja pienet kantavampa hiekkaa		Pohjan taso kuvastaa esim suota/hiekkapohjaa		Tiestön & alueen parantamisen tarve perustuu omiin havaintoihin paikan päältä		Jos tiestön pituus on 0 km niin tontti sijaitsee kantava/taitteen vieressä	
Varaston ala	4	Alue	Sammakkokankaan alue	Äänekosken rajaseutu	Soranottopaikka	Peräneva	Rapakonkorpi	Luomapuro	Töyrikangas
Lasketta vai annettu	laskettu	Pinta-ala (ei parannettava)	270	5	6	32	8	9	14
Desimaalit	1	Varaston ala	4	4	4	4	4	4	4
Alueen hinta (€/m ²)	3,5	koko terminaalin ala	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Eläintuotanto		Pohjan taso	huono	hyvä	hyvä	osa	osa	huono	hyvä
Pohjatyö sora	47 €	Pohjan tason halvennus	0%	30%	30%	15%	15%	15%	0%
Pohjatyö asfaltti	62 €	Maaston haastavuus (%)	85%	30%	20%	35%	45%	55%	35%
Varaston osa	90%	Tiestön pituus (km)	0	1,5	1,9	0	2	0	3
Asfaltin osuus	40%	Pohjan taso	hyvä	huono	osa	osa	huono	hyvä	osa
Tien parantaminen €/km	35000	Pohjan tason halvennus	30%	0%	15%	15%	0%	30%	15%
Hyvä	30%	Parannettava osa (%)	0%	80%	55%	30%	70%	0%	50%
Osa	15%	Kustannukset:							
Huono	0%	Pohjatyö sora	1 078 650,00 €	266 490,00 €	177 660,00 €	377 527,50 €	485 392,50 €	697 950,00 €	310 905,00 €
		Pohjatyö asfaltti	948 600,00 €	234 360,00 €	156 240,00 €	332 010,00 €	426 870,00 €	613 800,00 €	272 420,00 €
		Yhteensä	2 027 250,00 €	500 850,00 €	333 900,00 €	709 537,50 €	912 262,50 €	1 311 750,00 €	584 325,00 €
		Tiestön parantaminen	0,00 €	42 000,00 €	31 088,75 €	0,00 €	49 000,00 €	0,00 €	44 625,00 €
		Parannukset Yht.	2 027 250,00 €	542 850,00 €	364 988,75 €	709 537,50 €	961 262,50 €	1 311 750,00 €	628 950,00 €
		Alueen hankinta	350 000,00 €	175 000,00 €	210 000,00 €	350 000,00 €	280 000,00 €	315 000,00 €	350 000,00 €
		Kalkki yhteensä	2 377 250,00 €	717 850,00 €	574 988,75 €	1 059 537,50 €	1 241 262,50 €	1 626 750,00 €	978 950,00 €

Liite 2. Saapuvien kuljetusten kustannukset

Vuosi	Kokopuu (GWh)	Rangat (GWh)	Paalit (GWh)	Yhteensä (GWh)	Kokopuu (m ³)	Rangat (m ³)	Paalit (m ³)	Kokopuu (€)	Rangat (€)	Paalit (€)	Yhteensä (€)
1	60,83	188,07	91,24	340,15	30414,69	94036,71	45622,03	188571,05	366743,19	205299,13	760613,37
2	61,11	152,77	91,66	305,53	30553,12	76382,80	45829,68	189429,34	297892,92	206233,56	693555,82
3	60,89	152,23	91,34	304,46	30445,59	76113,99	45668,39	188762,68	296844,54	205507,76	691114,99
4	61,08	152,70	91,62	305,39	30539,31	76348,27	45808,96	189343,71	297758,26	206140,33	693242,30
5	61,04	152,61	91,56	305,21	30521,22	76303,06	45781,83	189231,58	297581,92	206018,25	692831,76
6	60,83	152,07	91,24	304,15	30414,69	76036,71	45622,03	188571,05	296543,19	205299,13	690413,37
7	61,11	152,77	91,66	305,53	30553,12	76382,80	45829,68	189429,34	297892,92	206233,56	693555,82
8	60,89	152,23	91,34	304,46	30445,59	76113,99	45668,39	188762,68	296844,54	205507,76	691114,99
9	61,08	152,70	91,62	305,39	30539,31	76348,27	45808,96	189343,71	297758,26	206140,33	693242,30
10	61,04	152,61	91,56	305,21	30521,22	76303,06	45781,83	189231,58	297581,92	206018,25	692831,76
11	60,83	152,07	91,24	304,15	30414,69	76036,71	45622,03	188571,05	296543,19	205299,13	690413,37
12	61,11	152,77	91,66	305,53	30553,12	76382,80	45829,68	189429,34	297892,92	206233,56	693555,82
13	60,89	152,23	91,34	304,46	30445,59	76113,99	45668,39	188762,68	296844,54	205507,76	691114,99
14	61,08	152,70	91,62	305,39	30539,31	76348,27	45808,96	189343,71	297758,26	206140,33	693242,30
15	61,04	152,61	91,56	305,21	30521,22	76303,06	45781,83	189231,58	297581,92	206018,25	692831,76
16	60,83	152,07	91,24	304,15	30414,69	76036,71	45622,03	188571,05	296543,19	205299,13	690413,37
17	61,11	152,77	91,66	305,53	30553,12	76382,80	45829,68	189429,34	297892,92	206233,56	693555,82
18	60,89	152,23	91,34	304,46	30445,59	76113,99	45668,39	188762,68	296844,54	205507,76	691114,99
19	61,08	152,70	91,62	305,39	30539,31	76348,27	45808,96	189343,71	297758,26	206140,33	693242,30
20	61,04	152,61	91,56	305,21	30521,22	76303,06	45781,83	189231,58	297581,92	206018,25	692831,76
21	60,83	152,07	91,24	304,15	30414,69	76036,71	45622,03	188571,05	296543,19	205299,13	690413,37
22	61,11	152,77	91,66	305,53	30553,12	76382,80	45829,68	189429,34	297892,92	206233,56	693555,82
23	60,89	152,23	91,34	304,46	30445,59	76113,99	45668,39	188762,68	296844,54	205507,76	691114,99
24	61,08	152,70	91,62	305,39	30539,31	76348,27	45808,96	189343,71	297758,26	206140,33	693242,30
25	61,04	152,61	91,56	305,21	30521,22	76303,06	45781,83	189231,58	297581,92	206018,25	692831,76

Liite 4. Terminaalin nettonykyarvo inflaatio 2 %

Table with columns for investment category (e.g., Vuosi, Investointi, Jaamisen mobiililiikutturi, etc.), time periods (0 to 25), and net present value calculations. Includes sub-totals for Myynti and Nettonykyarvo.