



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Markus Lammi

Puupelletin raaka-aineen hankinta

Pohjanmaan Hyötyjättekuljetus Oy:n tuotantoprosessissa

Kandidaatintutkielma

Tekniikan ja innovaatiojohtamisen
yksikkö
Kandidaatintutkielma
Energia- ja informaatiotekniikan
koulutusohjelma

Vaasa 2025

VAASAN YLIOPISTO**Tekniikan ja innovaatiojohtamisen yksikkö**

Tekijä:	Markus Lammi		
Tutkielman nimi:	Puupelletin raaka-aineen hankinta Pohjanmaan Hyötyjätekuljetus Oy:n tuotantoprosessissa		
Tutkinto:	Energia ja informaatiotekniikan kandidaatti		
Oppiaine:	Tuotantotalous		
Työn ohjaaja:	Tauno Kekäle, Susanna Lammi		
Valmistumisvuosi:	2025	Sivumäärä:	35

TIIVISTELMÄ:

Pohjanmaan Hyötyjätekuljetus Oy rakentaa puupelletin tuotantolaitosta Laihialle, Pohjanmaalle. Tässä työssä käsitellään raaka-aineen hankintaa olennaisista näkökulmista tämän tuotantolaitoksen toimitusketjussa. Tavoitteena onkin selvittää tärkeimmät näkökulmat ja ominaisuudet juuri Pohjanmaan Hyötyjätekuljetuksen toimitusketjussa, jotta raaka-aineen valinta ja toimitusketju saataisiin optimaaliseksi sosiaalisesti sekä taloudellisesti. Tässä työssä on käytetty ajankohtaisia sekä olennaisia kirjallisuuslähteitä, kuin myös pellettilaitosta hallinnoivien asiantuntijoiden näkemyksiä.

Raaka-aineen hankinta on laaja aihe, jota voidaan lähestyä monista näkökulmista. Raaka-aineen hankinta riippuu mahdollisesti jalostettavasta lopputuotteesta. Raaka-aineen hankintaprosessi on hyvä aloittaa asiakkaan tarpeista. Usein raaka-aineen ominaisuudet juontuvat myös lopputuotteen ominaisuuksiin sekä näillä voi olla tiukkoja laatu ja ominaisuus rajoitteita. Raaka-ainetta hankittaessa täytyy ottaa huomioon kustannukset sekä logistiset seikat. Logistiikka on laaja käsite, joka kattaa alleen esimerkiksi varastoinnin, kuljettamiseen, määrät ja tiheydet. On hyvä pyrkiä minimoimaan logistiset kustannukset tilaamalla vain se määrä mitä kulloinkin tarvitaan. Raaka-aineen hankintaan kuuluu myös sosiaaliset näkökulmat sekä toimittajan vastuullisuus ja luotettavuus. Sosiaalinen vastuu ulottuu myös alihankkijan toimittajan toimiin.

Puupelletti on kiinteä, sylinterin muotoinen biopolttoaine, jolla korkea energiatiheys sekä alhainen kosteusprosentti. Sillä on monia polttamisen näkökulmista tärkeitä ominaisuuksia, jotka voidaan jakaa fysikaalisiin ja kemiallisiin. Puupelletin raaka-aineena käytetään havupuuta, johtuen pääasiallisesti sen korkeasta ligniini pitoisuudesta verrattuna lehtipuuhun, joka antaa pelletille sen mekaanisen kestävyuden. Yleisiä raaka-ainevaihtoehtoja ovat sahateollisuuden sivutuotteet sahanpuru, kutterilastu sekä raakapuu. Pohjanmaan Hyötyjätekuljetuksen puupelletin valmistusprosessi alkaa tarvittaessa biomassan hienontamisesta kuivausta varten. Raaka-aine tarvittaessa esikuivataan ja sen jälkeen on varsinainen kuivaus jopa alle 2 prosentin kosteuspitoisuuteen. Kuivaamisen jälkeen raaka-aine hienonnetaan ja puristetaan matriisiin läpi pelletiksi. Vasta valmistuneen kuumen pelletin jäähdyttäminen antaa sille sen lopullisen kestävyuden.

Pohjanmaan Hyötyjätekuljetuksen pellettilaitos sijaitsee Laihialla, eikä välittömässä läheisyydessä oli sahateollisuutta, josta saisi sen sivutuotteena pelletille raaka-ainetta. Raaka-ainetta täytyisi siis useimmissa tapauksissa kuljettaa rekalla. Katettua varastointitilaa on hyvin tarjolla jo valmiiksi, joten kustannustehokkainta voisi olla ostaa kerralla isompia eriä useammilta eri kilpailutetuilta toimittajilta. Raaka-ainetta itsessään valittaessa on hyvä ottaa huomioon siltä halutut ominaisuudet, kuten laatu, raaka-aineen hinta, kuljetuksen hinta, toimittajan luotettavuus, muut raaka-ainekohtaiset kustannukset ja sosiaalinen kestävyys.

AVAINSANAT: Puupelletti, raaka-aine, hankinta, logistiikka, biomassa

Sisällys

1	Johdanto	7
2	Raaka-aineen hankinta	8
2.1	Tarpeiden tunnistaminen	8
2.1.1	Asiakaskunnan määrittäminen	9
2.1.2	Raaka-aineen ominaisuuksien tunnistaminen	9
2.1.3	Laatu	10
2.2	Kustannukset	10
2.3	Logistiikka	11
2.3.1	Kuljetus ja hankintaketjun hallinta	11
2.3.2	JIT ja varastointi	12
2.4	Kestävyys	13
2.5	Luotettavuus ja riskit	14
2.6	Tee tai osta	14
3	Puupelletti	16
3.1	Puupelletin ominaisuuksia	16
3.1.1	Standardit	16
3.1.2	Fysikaaliset ominaisuudet	17
3.1.3	Kemialliset ominaisuudet	18
3.1.4	Raaka-aine	19
3.1.5	Laatu	21
3.2	Puupellettimarkkinoiden nykytilanne	22
3.3	Pohjanmaan Hyötyjätekuljetus Oy	23
3.4	Pelletin tuotantoprosessi Pohjanmaan Hyötyjätekuljetus Oy:llä	23
4	Raaka-aineen hankinta Pohjanmaan Hyötyjätekuljetus Oy:llä	26
4.1	Pohjanmaan Hyötyjätekuljetuksen tarpeiden tunnistaminen	26
4.2	Puupelletin raaka-aineen kustannukset	27
4.3	Pellettilaitoksen logistiikka	29
4.4	Kestävyys puupelletin raaka-aineen toimitusketjussa	31

4.5	Raaka-aineen toimitusketjun luotettavuus ja riskit	31
5	Yhteenveto	33
	Lähteet	34

Lyhenteet

%	prosentti
kg	kilogramma
MJ	megajoule
m^3	kuutiometri
JIT	just in time
CSR	corporate social responsibility

Termit

Biomassa

biologista alkuperää oleva aine, lukuun ottamatta geologisiin muodostuksiin peittyneitä ja/tai aineksia

Biopolttoaine

biomassasta suoraan tai epäsuorasti tuotettu polttoaine

Pelletti

puristamalla valmistettuja sylinterimäisiä rakeita

Kutterilastu

puutavaran höyläyksessä syntyvä puutähde

Liukumiskulma

pinnan kulma, jossa kappale lähtee liukumaan alaspäin

Puuhake

tietyntykoisiksi suorakaiteen muotoisiksi palasiksi haketettu puubiomassa

Sahanpuru

puita sahattaessa syntyvät pienet kappaleet

Puupöly

puutavaran ja puulevyjen hionnassa syntyvä pölymäinen puutähde

Irtotiheys

homogeenisen materiaalin irtotiheys on polttoaineen massa laskettuna kehystilavuutta, eli kuormatilavuutta kohti

Lämpöarvo

täydellisessä palamisessa kehittyvä lämmön määrä polttoaineen massaan kohti.
Voidaan ilmoittaa myös tilavuutta kohti, eli energiatiheys

Kosteuspitoisuus

polttoaineen sisältämä vesimäärä prosenteissa kokonaismassasta

Laatu

on se taso, jossa asiakkaan vaatimukset täyttyvät

Laadunhallintaprosessi

tarkoittaa kaikkia niitä toimia, joiden avulla varmistetaan vaaditun laadun

Vaihtoehtokustannus

se hyöty, joka jää saamatta, kun valitsee toiseksi parhaan vaihtoehdon parhaan sijaan

Viputuote

tuote, jota voidaan hankkia monilta eri toimittajilta standardi laatusina. Ne kattavat suhteellisen ison osan tuotteen loppuhinnasta ja niitä ostetaan paljon

1 Johdanto

Tässä työssä käydään läpi raaka-aineen hankinnan periaatteita sekä näiden huomioon ottaminen puupelletin raaka-aineen hankinnassa ja valinnassa. Pohjanmaan Hyötyjätekuljetus Oy rakentaa ja ottaa käyttöön puupellettilaitosta Laihialla. Pellettilaitoksen tuotantoprosessi alkaa pelletin raaka-aineen hankinnasta. Valittu raaka-aine ensin tarpeen vaatiessa hienonnetaan ja esikuivataan. Tämän jälkeen se kuivataan, hienonnetaan, puristetaan pelletiksi, jäähdytetään ja pakataan. Puu on pelletin raaka-aine, mutta vielä on päättämättä mistä, keneltä ja missä olomuodossa sitä hankitaan. Raaka-aineen hankintaan ja valintaan liittyy useita eri näkökulmia ja seikkoja, joita tässä työssä tullaan käsittelemään. Tämän työn aihe on tärkeä, koska puupelletin tuotantoprosessissa noin puolet kustannuksista tulee materiaalin tai raaka-aineen hankinnasta. Laitoksen kannattavuuden näkökulmasta on tärkeää, että valittu raaka-aine on edullinen ja toimiva. Raaka-ainevalintaan liittyy myös useita muita ominaisuuksia, kuten käytettävyys, laadulliset kriteerit, logistiset ratkaisut, toimittajan luotettavuus, ympäristöystävällisyys ja niin edelleen. Työssä käydään läpi pääasiassa kolmea eri raaka-ainevaihtoehtoa: käsittelemätön puu, kutterilastu ja sahanpuru.

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää ja analysoida raaka-aineen hankintaan liittyviä näkökulmia ja vaihtoehtoja erityisesti Pohjanmaan Hyötyjätekuljetus Oy:n pellettilaitoksen tuotantoprosessissa. Tutkimuksen tulokseksi odotan selkeää selvitystä raaka-aineen hankinnasta, jota voidaan hyödyntää pelletin raaka-ainetta valittaessa. Tutkimuksen tutkimuskysymyksiä ovat “mitä ovat raaka-aineen hankinnan periaatteet?”, “miten raaka-aineen hankinnan periaatteet tulisi ottaa huomioon puupelletin raaka-aineen hankinnassa?” ja “eri raaka-ainevaihtoehtojen soveltuvuus puupelletin raaka-aineeksi ja niiden vertailu”. Tutkimuksen avainsanoja ovat *raaka-aine*, *hankinta* ja *puupelletti*.

2 Raaka-aineen hankinta

Hankinta tarkoittaa yrityksen ulkopuolisten resurssien hyödyntämistä siten, että kaikkien tarpeellisten hyödykkeiden, palveluiden ja tiedon saatavuus on optimaalista (van Weele, 2018, s. 2). Hankinta kattaa kaikki tarvittavat toiminnot tuotteen saamiseksi toimittajalta päätöspisteeseen. Hänen mukaansa useimmat yritykset käyttävät yli puolet liikevaihdostaan hankintaan ja täten tehokkaan hankinnan merkitys kasvaa edelleen yritysmaailmassa. Tehokas hankinta van Weelen mukaan mahdollistaa taloudellisen voiton ja kiristyvässä kansainvälisessä kilpailussa mukana pysymisen. Van Weelen kirjassa esiintyy termit *purchasing* ja *procurement*, eli suomeksi ostaminen ja hankinta. Termit hankinta ja ostaminen ovat usein lähellä toisiaan ja menevät osittain päällekkäin, joten kirjassa on päädytty näitä kahta sanaa synonyymeinä toisilleen. Tässä työssä tullaan käyttämään suomenkielistä termiä *hankinta*.

Tässä luvussa tullaan käsittelemään hankinnan periaatteita sekä tarkemmin raaka-aineen hankintaa. Raaka-aineen hankinnassa on monia vaiheita ja sitä pitää lähestyä useista eri näkökulmista. Raaka-aineen hankinta alkaa tarpeiden selvittämisestä. Hankinnalle täytyy asettaa budjetti, joka asettaa raamit tälle prosessille. Kustannukset täytyy ottaa huomioon jokaisessa vaiheessa. Logistinen käytännön toteutus tulee miettiä kuten myös toimitustiheys. Mahdollisen alihankkijan valinta on tärkeä ja siinä pitää ottaa huomioon esimerkiksi vastuullisuus ja ympäristövaikutukset. Kaikkien näiden näkökulmien ja vaikuttajien avulla tehdään päätös mitä, minkälaista, paljonko, milloin ja miten hankitaan. Lopputuloksena voi olla myös, että on tehokkainta tuottaa itse jokin palvelu, tuote ja raaka-aine.

2.1 Tarpeiden tunnistaminen

Raaka-aineen hankintaprosessi alkaa lopputuotteen ominaisuuksien ja muiden tarpeiden tunnistamisesta (Weelen, 2018, s. 28). Mitä yritys tarvitsee ja mihin? Esimerkkinä tämän tutkielman pelletin raaka-aineen hankinta: pelletti on tuotantoketjun

lopputuote ja sen valmistamiseen tarvitaan raaka-ainetta. Raaka-aine määrittää jossain määrin lopputuotteen ominaisuudet, eli on hyödyllistä lähteä liikkeelle asiakaskunnasta ja sen tarpeista lopputuotteelle. Tässä hankinnan vaiheessa tavoitteena on selvittää mitä, mihin ja paljonko tarvitaan lopputuotetta ja mahdollista raaka-ainetta. Benton kertoo kirjassaan (2020, s.57), että yrityksen täytyy määrittää kilpailulliset prioriteetit, eli missä ominaisuuksissa sillä on kilpailuetu markkinoilla. Hänen mukaansa ne voivat olla esimerkiksi alhainen hinta, laatu, joustavuus, laaja valikoima ja muita. Näihin kilpailullisiin etuihin on hyvä pohjata myös raaka-aineen ominaisuudet.

2.1.1 Asiakaskunnan määrittäminen

Asiakaskunnan määrittäminen on hyödyllistä ennen myytävän tuotteen ominaisuuksien määrittämistä, koska näin voidaan varmistua, että asiakaskunta on tyytyväinen tuotteeseen ja ostaa sitä mahdollisimman tasaisesti ja paljon. Markkinoiden tarpeet huomioon ottamalla voidaan räätälöidä tuote sopimaan juuri heidän tarpeisiinsa, jolloin asiakastyytyväisyys kasvaa. Perehtymällä asiakaskunnan tarpeisiin voidaan myös laskea arvio tulevaisuuden kysynnästä ja sen mukaan skaalata tuotantoa ja hankintaa. Van Weele kirjassaan (2018, s. 64) pohtii hyvin asiakkaan kanssa tuotteen kehittämisen hyötyjä. Hän nostaa esiin, että kun tiedetään asiakkaan todelliset tarpeet tuotteelle, niin erityisen tärkeisiin ominaisuuksiin pystytään panostamaan ja näin saada parempi lopputuote mahdollisesti jopa halvemmalla.

2.1.2 Raaka-aineen ominaisuuksien tunnistaminen

Kun asiakaskunta on määritetty, voidaan ruveta tarkastelemaan tuotteelle haluttuja ominaisuuksia sisäisesti tai yhdessä asiakkaan kanssa. Van Weelen kirjassa (2018, s.36) käytetään englanninkielisiä ilmauksia *functional specification* ja *technical specification*, jotka tarkoittavat suomeksi tuotteen toiminnallista ja teknistä erittelyä. Tuotteen toiminnallinen erittely vastaa esimerkiksi kysymyksiin, miten ja mihin sitä voi käyttää.

Tekninen erittely puolestaan keskittyy tarkempiin ominaisuuksiin, jotka voivat olla esimerkiksi massa tai teho. Näiden erittelyjen ominaisuuksien tulisi olla mahdollisimman lähellä asiakkaiden toiveita ja tarpeita.

Kun tuotteen vaaditut ominaisuudet ovat selvillä, voidaan alkaa selvittämään raaka-aineen hankintaa. Raaka-aineen tekniset ja kemialliset ominaisuudet heijastuvat vahvasti myös lopputuotteen ominaisuuksiin tuotantoprosessin mukaan. Raaka-aineen valinnassa on siis tärkeä ottaa huomioon kaikki tuotantoprosessiin ja lopputuotteeseen vaikuttavat tekniset ominaisuudet.

2.1.3 Laatu

Laatu määritellään van Weelen kirjassa (2018, s.237) seuraavasti: ”laatu on se taso, jossa asiakkaan vaatimukset täyttyvät”. Tässä tutkielmassa käytetään samaista yksinkertaista määritelmää. Lähtökohtaisesti on järkevää pyrkiä vain siihen laadun tasoon, joka tyydyttää asiakkaan tarpeet, koska laadusta aiheutuu välittömiä sekä välillisiä kustannuksia (van Weele, 2018, s. 240–242). Asiakkaan tarpeet ylittävä laadun taso ei nosta tuotteen arvoa, mutta siitä koituu laadunhallintaprosessissa lisäkustannuksia. Asiakkaan tarpeiden pohjalta tulee löytää tasapaino alhaisen hinnan ja laadun välillä. Myös Benton (2020, s.274) määrittelee laadun asiakkaan tarpeiden näkökulmasta. Hän painottaa kirjassaan laadun merkitystä markkinoilla menestymiseen ja kehottaa läheiseen yhteistyöhön alihankkijoiden kanssa laadun varmistamiseksi.

2.2 Kustannukset

Kustannukset ovat tärkeä ottaa huomioon raaka-ainetta hankittaessa. Kuten luvussa 2 todettiin, niin yritykset käyttävät keskimäärin yli puolet liikevaihdostaan hankintaan. Hankinnan kustannukset ovat siis tärkeässä osassa yrityksen liiketoiminnan kannattavuutta. Yleisesti ottaen on hyvä pyrkiä jatkuvasti laskemaan hankinnan

kustannuksia, mutta kuitenkin uhraamatta lopputuotteen ja raaka-aineen laatua liikaa. Bentonin kirjassa (2020, s. 295–310) kerrotaan hinnan määrittämisestä. Hänen mukaansa sopivan hinnan määrittäminen on vaikeaa useiden alihankkijoiden välillä, joilla on kaikilla hieman erilaiset tuotteet. Pitää pystyä erottamaan liian hyvä tarjous ja pohtia miksi se on markkinahintaa alhaisempi.

Hankinnan kustannukset koostuvat useasta eri lähteestä. Hankinnasta neuvoteltaessa toimittajien ja alihankkijoiden kanssa on hyvä saada erittely kustannusrakenteesta (van Weele, 2018, s. 110). Näin voidaan varmistua, että kyseinen palvelu tai tuote on linjassa markkinahinnan kanssa. Raaka-aineen toimittamisen menoeriä voivat olla esimerkiksi varastointi, kuljetus, materiaalikustannukset, toimittajan voitto ja palkat. Nämä voivat olla kustannustehokkainta tehdä itse tai sitten ostaa suoraan toimittajalta. On hyvä perusteellisesti selvittää mitä raaka-aineen tuottaminen itse maksaisi ja verrata koko summaa ja eri vaiheiden kustannuksia alihankkijoiden tarjoamiin hintoihin.

2.3 Logistiikka

Van Weelen (2018, s. 251–278) mukaan logistiikalla usein tarkoitetaan saapuvan materiaalin hallintaa, kuten kuljettamista ja varastointia. Hänen mukaansa tämä termi voi jäädä usein suppeaksi. Hankintaketjun hallinta sen sijaan on laajempi käsite, joka kattaa materiaalivirran alihankkijan alihankkijalta asti. Van Weelen mukaan hankintaketjun hallinnointi on muuttunut informaatiojärjestelmien käyttöönoton myötä. Logistiikka ja laajemmin hankintaketjun hallinta kattaa alleen monia eri toimintoja niin yleisesti, kuin raaka-aineen hankinnassakin. Näitä käsitellään seuraavissa alaluvuissa.

2.3.1 Kuljetus ja hankintaketjun hallinta

Hankintaketjun hallinta on asiakaslähtöistä (van Weele, 2018, s. 251–278). Materiaalia ja raaka-ainetta hankintaan tuotannon ja sitä kautta asiakkaiden tarpeiden pohjalta.

Hänen mukaansa tätä kutsutaan materiaaliressurssien hallinnaksi. Van Weelen kirjassa kerrotaan myös, että materiaaliressurssien hallintaan vaikuttaa myös tuotteen valmistustyyppi. Hän luettelee näitä eri tyyppejä olevan *make to stock*, *assembly to order*, *make to order* ja *engineer to order*. Raaka-aineen hankinnan vakauteen tai tasaisuuteen vaikuttaa tämä valittu tuotantotyyppi. Hankintaketjun hallintaan kuuluu muun muassa toimitussopimusten tekeminen, valvominen, kehittäminen, toimittajasuhteiden ylläpitäminen, informaation ja materiaalin kuljetus, toimitustiheyden optimointi sekä varastointi.

Materiaalin tai raaka-aineen kuljetus on keskeinen osa logistiikkaa. Kuljetuksella voi olla merkittävät kustannukset tuotteen kokonaishinnasta. Kuljetuksen näkökulmasta on usein halvinta kuljettaa suuria määriä kerralla harvakseltaan (van Weele, 2018, s. 263–264). Etäisyys, sijainti, määrät, kuljetusten tiheys ja raaka-aineen ominaisuudet määrittävät kuljetuksen kustannukset.

2.3.2 JIT ja varastointi

Van Weele (2018, s. 262) määrittelee lyhenteen JIT seuraavasti: kaikki materiaalit ja tuotteet tulevat saataville juuri sillä hetkellä ja siinä määrin, kun niitä tarvitaan. Hänen mukaansa tämän pääasiallinen tarkoitus on jatkuvasti ratkaista ja selvittää niin sanottuja tuotannollisia pullonkauloja sekä materiaalin hankinnan eri vaiheiden välisiä ongelmia. JIT-ajattelussa kaikki varastot ja odottelu nähdään turhana ja niistä aiheutuu myös kustannuksia.

Tilauksen hinta mittayksikköä kohti laskee tilauksen suurentuessa (van Weele, 2018, s. 263–264). Näin ollen voisi ajatella, että viisainta olisi tilata pidemmän aikavälin tarpeet yhdellä kerralla. Van Weele huomauttaa, että usein kuitenkin varastoinnilla on myös kustannuksia, jotka myös riippuvat varastoitavasta määrästä ja näin ollen tilausten suuruuksista. Vastoin JIT-ajattelua, on hyvä olla raaka-ainetta varastossa myös poikkeustilanteita varten turvaamaan sen riittävyys.

2.4 Kestävyys

Kestävyys on vuosi vuodelta yleistynyt termi ainakin Google-hakujen perusteella (Aichbauer ja muut, 2022, s. xx). Eikä syystä, koska maapallon väkiluku ja tarpeet kasvavat resurssien ja puhtaan ympäristön vähentyessä. Aichbauer ja muut nostavat esiin yhden ensimmäisistä kestävyiden määritelmistä: ”kestävä kehitys on kehitystä, joka kattaa nykyhetken tarpeet uhraamatta tulevien sukupolvien kykyä kattaa heidän omat tarpeensa.”

Sekä van Weele (2018, s. 359–369) että Aichbauer (2022, s. xxi) nostavat kirjoissaan esiin lyhenteen CSR, joka tarkoittaa maailman, ympäristön ja työolojen parantamista yritysten toimesta. Erityisesti Aichbauer ja muut korostavat hankinnan osuutta CSR:n toteuttamisessa. Heidän mukaansa yritys on vastuussa myös alihankkijoiden kestävydestä ja vastuullisesta toiminnasta, koska he ovat kyseisen toimijan valinneet yhteistyökumppanikseen. Aichbauerin ja muiden kirjassa luvuissa 1.1 ja 1.2 kerrotaan vakavista sosiaalisista ongelmista ja ympäristöongelmista, joita tulisi pyrkiä ratkaisemaan osana hankintaa. He huomauttavat kuitenkin, että alihankkijat ja materiaalit voivat tulla kolmansista maista, joissa CSR:n käytännön toteutusta on vaikea valvoa.

Raaka-aineen hankinnassa on mahdollisuuksien mukaan hyvä ottaa CSR-ajattelu huomioon. Konkreettisina toimina voisi olla kuljetuspäästöjen vähentäminen suosimalla läheisiä toimittajia ja varmistaa heidän lakisäätteisten työolojen täyttyminen.

2.5 Luotettavuus ja riskit

Toimitusten luotettavuus, tuotteen tai palvelun laadun tasaisuus ja muut riskit vaikuttavat toimittajan valintaan (van Weele, 2018, s. 175–183). Hänen mukaansa ostetun tuotteen tyyppi vaikuttaa siihen minkä painoarvon ne saavat toimittajan valinnan päätöksenteossa. Raaka-ainetta tarvitaan usein tasaisesti ja paljon ja sitä varten onkin usein olemassa varasto. Raaka-aineen ominaisuudet heijastuvat vahvasti lopputuotteen ominaisuuksiin ja käytettävyyteen. Raaka-aine itsessään on määritelmänsä mukaan jalostamatonta tai alhaisesti jalostettua, joten tarjontaa voi olla paljon. Van Weelen kirjassa alhaisen jalostustason tuotteiden hintoja kannattaa kilpailuttaa usein, eikä yhteen toimittajaan ole syytä sitoutua. Tärkeää on kuitenkin huolehtia raaka-aineen jatkuvasta saatavuudesta ja laadusta.

Raaka-aineen toimittajan tulisi olla mahdollisimman vakaa taloudellisesti sekä toimitusten osalta. Hyvät suhteet toimittajaan edesauttavat kommunikaatiota molempiin suuntiin ja täten mahdollistavat varautumisen erilaisiin haasteisiin, kuten esimerkiksi laatu tai toimitusvaikeuksiin. Raaka-aineen toimittajien riskien kartoitus ja hallinta ovat tärkeitä ehkäisemään lopputuotteen toimitusvaikeuksia asiakkaalle.

2.6 Tee tai osta

Hankintaan kuuluu päätös sen tuottamisesta itse tai ulkoistamisesta (Benton, 2020, s.183–185). Hänen mukaansa paras tilanne ulkoistamisessa on, että molemmat osapuolet hyötyvät yhteistyöstä. Benton kertoo onnistuneen ulkoistamisen antavan useita kilpailuetuja, kuten kustannusten laskeminen ja pienemmät investointikustannukset. Kirjassa todetaan myös, että kilpailuedun kannalta epäolennaisten tuotteiden ja palveluiden ulkoistaminen mahdollistaa keskittymisen kriittisiin ja markkinoilla tärkeisiin ominaisuuksiin. Van Weele kirjassaan (2018, s.214–216) tukee näitä asioita ja nostaa esiin myös, että kolmannen osapuolen toimittajalla on jo valmiiksi tietotaitoa alasta. Hänen mukaansa yrityksen menestymisen kannalta

epäolennaiseen asiaan ei ole aina järkevää sijoittaa pääomaa ja alkaa kerryttää kokemusta ja taitoa.

Raaka-ainetta ei ole aina mahdollista markkinaehdoin ulkoistaa, koska sen valmistaminen tai saaminen voi olla kallista tai kestää kauan. Tämä vaihtoehto on hyvä kuitenkin aina käydä läpi. Tässä prosessissa on hyvä selvittää mahdollisuudet ulkoistamiselle ja verrata niitä oman organisaation sisällä tekemisen mahdollisuuksiin ja kannattavuuteen. Molempien vaihtoehtojen kohdalla on hyvä pohtia luvussa 2. käsiteltyjä taloudellisia, sosiaalisia sekä ympäristöllisiä näkökulmia. Näiden kaikkien ominaisuuksien pohjalta päätetään joko tehdä itse raaka-aine tai ostaa se toimittajalta.

3 Puupelletti

Puupelletin tuotanto ja kulutus on vakinaistunut Suomessa 2000-luvun aikana (Luonnonvarakeskus. 2024). Bioenergia järjestön (2024) mukaan Suomessa on noin 20 erikokoista käytössä olevaa tuotantolaitosta eri puolilla maata. Bioenergia (2024) ja Luonnonvarakeskuksella (2024) on omilla sivuillaan risteävää tietoa pelletin tuotantomääristä, eli on syytä suhtautua lukuihin kriittisesti. Luonnonvarakeskuksen mukaan puupelletti on pääosin tuontituote, mutta sitä myös viedään pienenevissä määrin ulkomaille (Toikka, 2024). Puupellettejä Luonnonvarakeskuksen mukaan toimitetaan eniten lämpö- ja voimalaitoksille sekä suurkiinteistöille, mutta myös yksityiskäyttöön.

Obernbergerin ja Thekin (2010, s. 5) mukaan pelletti on kiinteä biopolttoaine, joka on laadultaan ja ominaisuuksiltaan tasaista sekä jolla on korkea energiapitoisuus ja alhainen kosteuspitoisuus. Tässä työssä käsitellään nimenomaisesti puupelletin raaka-aineen hankintaa, mutta monia muita vaihtoehtoisia kiinteitä biopolttoaineita sekä pellettejä on myös olemassa

3.1 Puupelletin ominaisuuksia

3.1.1 Standardit

Puupellettien ja yleisesti pellettien laatu- ja ominaisuusstandardit poikkeavat huomattavasti eri järjestöjen ja maiden välillä ja ne muuttuvat aika ajoin (Obernberger & Thek, 2010, s. 5). Heidän mukaansa pelletille on määritelty standardit myös käyttökohteen mukaan. Esimerkiksi yksityisen, alle 100 kW polttouuniin tarkoitetuilla puupelletillä on eriävät standardit, kuin teollisen käytön standardeihin. Standardeissa on määritelty sen fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien viitearvot, kuten fyysinen koko, tuhkapitoisuus, kosteuspitoisuus, mekaaninen kestävyys, metallipitoisuudet ja

muita. Suomessa on tämän työn julkaisuhetkellä käytössä puupelletin laatu- ja ominaisuusstandardi SFS-EN ISO 17225-2.

3.1.2 Fysikaaliset ominaisuudet

Koska Suomessa puupelletin pääasiallinen käyttökohde on poltto (Toikka, 2024), niin siinä valossa on myös hyödyllistä tarkastella sen ominaisuuksia. Myös logistiset näkökulmat ovat olennaisia. Puupelletin oleellisia fysikaalisia ominaisuuksia ovat irtotiheys, hiukkastiheys, pelletin sisäinen hiukkasten koko ero, mekaaninen kestävyys, muoto, koko, homogeenisyys, irtotiheys ja liukumiskulma (Obernberger & Thek, 2010, s. 47–52.) Van Loon ja Koppejanin kirjassa (2008, s. 38–50) on hieman eri tavalla eritelty fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet, mutta pääosin samat ominaisuudet löytyvät molemmista. Heidän mukaansa pelletin fysikaalisia ominaisuuksia pystytään tuotantoprosessissa muokkaamaan, mutta ne juontuvat myös käytetyn raaka-aineen ominaisuuksista. Kaupallisessa pelletintuotannossa on tärkeää, että tuotteen laatu vastaa alan standardeja.

Pelletille ja sen ominaisuuksille on määritelty standardeissa tarkat viitearvot, jotka löytyvät SFS Suomen Standardi ry sivuilta. Pelletti on usein lieriön muotoinen, jonka halkaisija on 6–12 mm ja pituus pienempi kuin 10–40 mm (Alakangas & muut, 2016, s. 16). Obernberger ja Thek (2010, s. 47–52) kertovat, että pelletin fysikaaliset ominaisuudet ovat olennaisia muuttujia, jotka vaikuttavat pääasiassa polttoaineen logistiikkaan. Logistisesta näkökulmasta polttoaineen tiheyden tulisi olla mahdollisimman suuri, koska se välittömästi vaikuttaa tilavuuteen ja täten laskee kustannuksia varastoinnissa sekä kuljetuksessa. Heidän mukaansa tiheys vaikuttaa kuitenkin myös aineen poltto-ominaisuuksiin. Kirjassa kerrotaan, että vierimiskulma, muoto, koko, homogeenisyys ja mekaaninen kestävyys määrittävät aineen käsittelytavan. Pelletin fysikaalisilla ominaisuuksilla on suora vaikutus myös mahdollisen polttouunin malliin sekä tarvittavaan kapasiteettiin.

3.1.3 Kemialliset ominaisuudet

Pelletin eri aineiden olennaisia pitoisuuksia ovat hiili, vety, happi, haihtuvat aineet, typpi, kloori ja rikki (Obernberger & Thek, 2010, s. 52–66). Heidän mukaansa energiatiheys, brutto- ja nettoenergiapitoisuus määrittävät polttoaineesta saatavan energiamäärän. Kirjassa luetellaan muiden ominaisuuksien olevan pelletin kosteus- ja tuhkapitoisuus, tuhkaa luovat elementit, sideaineet sekä mahdolliset raaka-aineen saastumiset mineraaleista, raskasmetalleista ja radioaktiivisuudesta.

Hiilen, vedyn, hapen ja haihtuvien aineiden pitoisuudet eivät vaikuta polttoaineen käytettävyyteen vaan ainoastaan brutto- ja nettoenergiapitoisuuteen ja käyttäytymiseen poltettaessa (Obernberger & Thek, 2010, s. 52–66). Kirjassa kerrotaan, että typen, kloorin ja rikin pitoisuuksille on rajoittavat viitearvot. Näillä pitoisuuksilla ei ole vaikutusta pelletöintiprosessiin ja ne juontuvat pitkälti raaka-ainevalinnasta.

Van Loo ja Koppejan (2008, s. 38–40) mukaan pelletin energiatiheyden tilavuutta kohti määrittää sen irtotiheys ja nettoenergiapitoisuus. Heidän mukaansa materiaalin bruttoenergiapitoisuus on materiaalikohtainen vakio ja nettoenergiapitoisuuteen vaikuttaa esimerkiksi kosteuspitoisuus. Materiaalin tiheydellä ja nettoenergiapitoisuudella voidaan siis vaikuttaa lopputuotteen käytettävyyteen, tehokkuuteen ja kustannuksiin.

Van Loon ja Koppejanin (2008, s. 13, 76) ja Obernbergerin ja Thekin (2010, s. 55) mukaan pelletin tai raaka-aineen nettoenergiapitoisuus on kääntäen verrannollinen sen kosteuspitoisuuteen, joten aineen kosteuspitoisuuden laskiessa sen nettoenergiapitoisuus kasvaa. Molempien kirjojen mukaan pelletin raaka-aineen suuntaa antava kosteuspitoisuuden viitearvo on 8–12 %. Jotkut standardit määrittävät pelletin kosteusprosentin olevan alle 10 %. Raaka-aine voidaan esikuivata ja kuivata saavuttaakseen halutun kosteusprosentin, jonka takia kosteusprosentti ei ole

poissulkeva kriteeri raaka-ainetta valitessa. Kuivaaminen kuitenkin maksaa huomattavasti, joten se pitää ottaa huomioon päätöstä tehdessä.

Sideaineita voidaan lisätä pellettiin parantamaan sen mekaanista kestävyttä ja pienentämään tuotantoprosessin energian kulutusta (Obernberger & Thek, 2010, 60–61). Heidän mukaansa esimerkiksi tärkkelystä ja rasvaa voidaan käyttää tähän tarkoitukseen. Kirjassa huomautetaan, että sideaineen täytyy olla luonnollista täyttääkseen tietyt standardit, mutta kaikki eivät sitä vaadi.

3.1.4 Raaka-aine

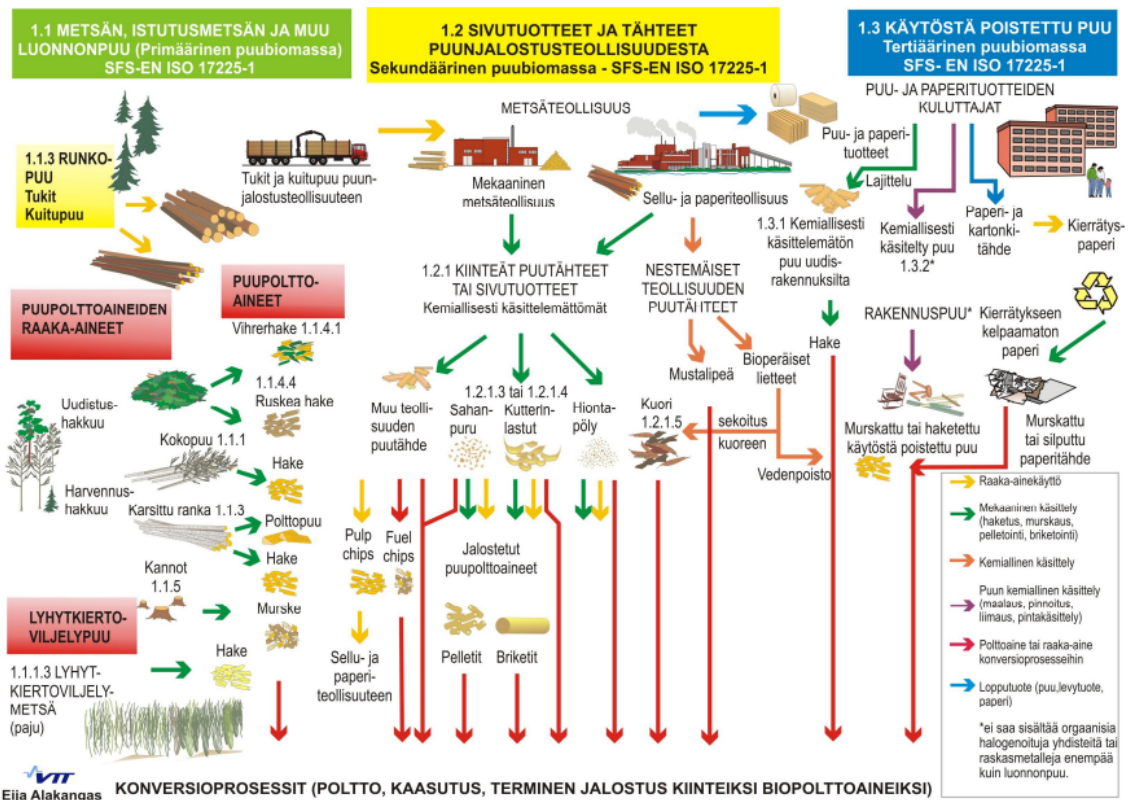
Biomassasta valmistettujen poltettavien pellettien raaka-ainevaihtoehtoja on useita. Raaka-ainevalintaan vaikuttaa edeltävissä kappaleissa 3.1.2 ja 3.1.3 käsitellyt fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet. Pelletille yleisesti ottaen on tärkeää, että se sopii laadullisesti standardien sisään ja on kustannustehokasta valmistaa. Tämä rajaa pois monia vaihtoehtoja.

Puupelletin raaka-aineena voidaan teoriassa käyttää mikä tahansa puusta saatua biomassaa, kunhan se vain täyttää vaaditut kriteerit (Obernberger & Thek, 2010, s.72). Kuvasta 1. nähdään eri biomassojen tyypillisiä käyttökohteita ja hankintaketjuja. Kaikilla puulajeilla on toisistaan eriävät fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet. ”Havupuuta pidetään lehtipuuta parempana raaka-aineena pelletille muutamien ominaisuuksien takia” (Lammi, T, Henkilökohtainen keskustelu, 2024). Sama asia todetaan myös Jensin ja muiden artikkelissa (2006). Eri puulajien nettoenergiapitoisuus ei ole kriteerinä raaka-ainetta valittaessa (Obernberger & Thek, 2010, s.73). Heidän mukaansa tuhkan pitoisuusraja ylittyy usein lehtipuussa. Myös lehtipuun ligniini pitoisuus on pienempi, kuin havupuulla, jolloin pelletti ei ole mekaanisesti yhtä kestävä. Kun ligniini pitoisuus on korkea ja pelletti on kestävä, pellettiin ei tarvitse lisätä erillisiä luonnollisia tai kemiallisia aineita kestävyden varmistamiseksi. Kirjassa kerrotaan myös, että lehtipuu on tiheämpää materiaalia, joten sitä on vaikeampi työstää ja se kuluttaa enemmän energiaa.

Muidenkin ylittyvien kemiallisten pitoisuuksien kanssa voi olla ongelmia lehtipuun kohdalla.

Raaka-ainehankinnassa täytyy valita puulajin lisäksi, että missä muodossa sitä ostaa. Obernberger ja Thek (s.73, 2010) kertovat, että tyypillisiä vaihtoehtoja ovat puuhake, kutterilastu, sahanpuru, puupöly sekä tukkipuu. Kirjassa kerrotaan, että puuhake voidaan jakaa teollisuudessa ja metsässä tuotettuun hakkeeseen. Teollisuudessa kutterilastua ja sahanpurua syntyy pääasiassa puun sahaamisesta ja muun muokkaamisen sivutuotteena. Puupölyä syntyy teollisessa puun pinnan työstämisessä. Heidän mukaansa puupöly ja sahanpuru yleisesti ottaen ovat jo valmiiksi tarpeeksi hienoa materiaalia pelletöintiin, mutta ne pitää silti hienontaa, jotta voidaan varmistua partikkeleiden homogeenisyydestä. Teollisuus- ja metsähake taas ovat liian suurikokoista kelvataksaan sellaisenaan pelletointiin. Kutterilastua voidaan joissain tapauksissa käyttää sellaisenaan, jos se on tarpeeksi hienoa. Ylimääräinen hienontaminen nostaa aina tuotantokustannuksia, joten nämä ominaisuudet pitää ottaa huomioon raaka-ainetta hankittaessa.

Kuten kappaleessa 3.1.3 mainittua, raaka-aineen kosteusprosentti on kääntäen verrannollinen sen sisältämään nettoenergiapitoisuuteen. Obernbergerin ja Thekin (2010, s.73) mukaan saman puulajin sisällä esiintyy kosteuspitoisuuseroja olomuotojen välillä. He kertovat, että isommat ja tiheämmät tyytit, kuten hake ja tukkipuu, sisältää usein enemmän kosteutta. Hienoa kutterilastua voidaankin joissain tapauksissa käyttää ilman erillistä kuivaamista. Teollisuuden sivutuotteet sahanpuru ja kutterilastu ovat usein kuivempia, kuin käsittelemätön puuaines ja täten voivat olla taloudellisempia vaihtoehtoja.



Kuvio 1. Puupolttoaineiden luokittelu SFS-EN ISO 17225-1:n raaka-aineluokituksen mukaan (Alakangas ja muut, 2016, s.66)

3.1.5 Laatu

Van Loon ja Koppejanin (2008, s. 56–58) mukaan pelletin laatu on moninainen käsite, joka kattaa niin fysikaaliset, kuin kemiallisetkin ominaisuudet. Heidän mukaansa se vaikuttaa moniin asioihin koko sen elinkaaren aikana: pelletin käsittelyyn, varastointiin, uunin syöttömekanismiin ja itse polttamiseen tai muihin käyttökohteisiin. Laadullisiin seikkoihin tulee siis kiinnittää erityistä huomiota koko pelletin elinkaaren aikana raaka-aineen hankinnasta lähtien.

Pelletin laatuun voidaan vaikuttaa sen biomassan kasvattamisen ja hankinnan aikana sekä tuotantoprosessissa (van Loo & Koppejan, 2008, s. 56–58). Kasvattamisvaiheessa puulajin valinnalla on iso merkitys. He kertovat biomassan kasvamisen olosuhteiden myös määrittävän raaka-aineen ominaisuuksia ja määrän. Myös biomassan ikä, hakuikä, ilmasto, metsän tiheys, maaperä, metsänhoidolliset toimintatavat, saasteet,

torjunta-aineet ja lannoitus ovat vaikuttavia tekijöitä. Heidän mukaansa maaperästä imeytyy ravinteita sekä mahdollisesti haitallisia aineita. Lannoitteet, saasteet ja torjunta-aineet imeytyvät biomassaan vaihtelevissa määrin ja vaikuttavat lopputuotteen laatuun.

Van Loon ja Koppejan (2008, s. 56–58) mukaan pelletin laatu voi muuttua ja materiaali saastua logististen vaiheiden aikana. Näitä vaiheita ovat heidän mukaansa esimerkiksi biomassan kerääminen, kuljetus, varastointi, kuivaus ja käsittely. Teollisuuden sivutuotteet voivat mahdollisesti altistua kemikaaleille tai muille ei toivotuille aineille.

3.2 Puupellettimarkkinoiden nykytilanne

Toikan (20.3.2024) mukaan Suomessa tuotetut pelletit poltetaan valtaosin lämpö- ja voimalaitoksissa. Tässä uutisessa Luonnonvarakeskuksen sivuilla kerrotaan, että Suomessa tuotetaan 354 tuhatta tonnia puupellettiä. Lisäksi tuonti ulkomailta on 138 tuhatta tonnia. Kotimainen tuotanto on pysynyt tasaisena viimeisten vuosien ajan, mutta Toikan mukaan metsäteollisuuden supistunut tuotanto on rajoittanut myös sahanpurun sekä kutterilastun saatavuutta pelletin valmistukseen.

”Kotimaiset pellettivalmistajat toimittivat asiakkailleen 306 tonnia pellettejä vuonna 2023” (Toikka, 20.3.2024). Hänen mukaan lämpö- ja voimalaitoksille ja suurkiinteistöille toimitettiin tästä määrästä 262 tuhatta tonnia sekä kotitalouksille 44 tuhatta tonnia.

Näiden lukujen valossa pääosa kotimaassa tuotetusta pelletistä päätyy lämpö- ja voimalaitoksille. Asiakaskunta on siis hyvä tiedostaa jo raaka-aineen hankintavaiheessa, koska eri aloille voi olla eri laatukriteerit ja standardit.

3.3 Pohjanmaan Hyötyjättekuljetus Oy

Pohjanmaan Hyötyjättekuljetus toimii pääasiassa Suomessa Pohjanmaalla ja on keskittynyt jäte- ja energia-alaan (Pohjanmaan Hyötyjättekuljetus, 2024). Yrityksen palveluihin kuuluu muun muassa jätteen kuljetus, käsittely, jalostus sekä viemäripalvelut. Jätteiden kierrätyksen lisäksi niitä voidaan jatkojalostaa hiilivetykierrätyksen avulla. Puupelletin tuotantolaitosta rakennetaan tällä hetkellä Laihialle.

3.4 Pelletin tuotantoprosessi Pohjanmaan Hyötyjättekuljetus Oy:llä

Pelletin tuotantoprosessi riippuu valitusta raaka-aineesta ja sen ominaisuuksista (Obernberger & Thek, 2010, s. 85–99). Kutterilastu ja sahanpuru ovat yleisimmät pelletin raaka-aineet, mutta esimerkiksi tukkipuun käyttöä harkitaan Pohjanmaan Hyötyjättekuljetuksella (Lammi. S, Henkilökohtainen keskustelu, 2024). Kuviosta 2 voi nähdä esimerkin pelletin tuotantoprosessista. Lammin mukaan tuotantoprosessi alkaa kuitupuun osalta kaarnan poistolla, sekä pinossa kuivattamiselle. Kuitupuu pitää myös hienontaa lastuksi tai hakkeeksi ennen varsinaisen prosessin aloittamista. Hänen mukaansa teollisuuden sivutuotteita sahanpurua ja kutterilastua ei tarvitse muokata ennen prosessin aloittamista, koska ne ovat usein jo valmiiksi tarpeeksi hienoa ja kuivaa. Ulkopuoliset aineet, kuten metallit täytyy poistaa ennen prosessin aloittamista.

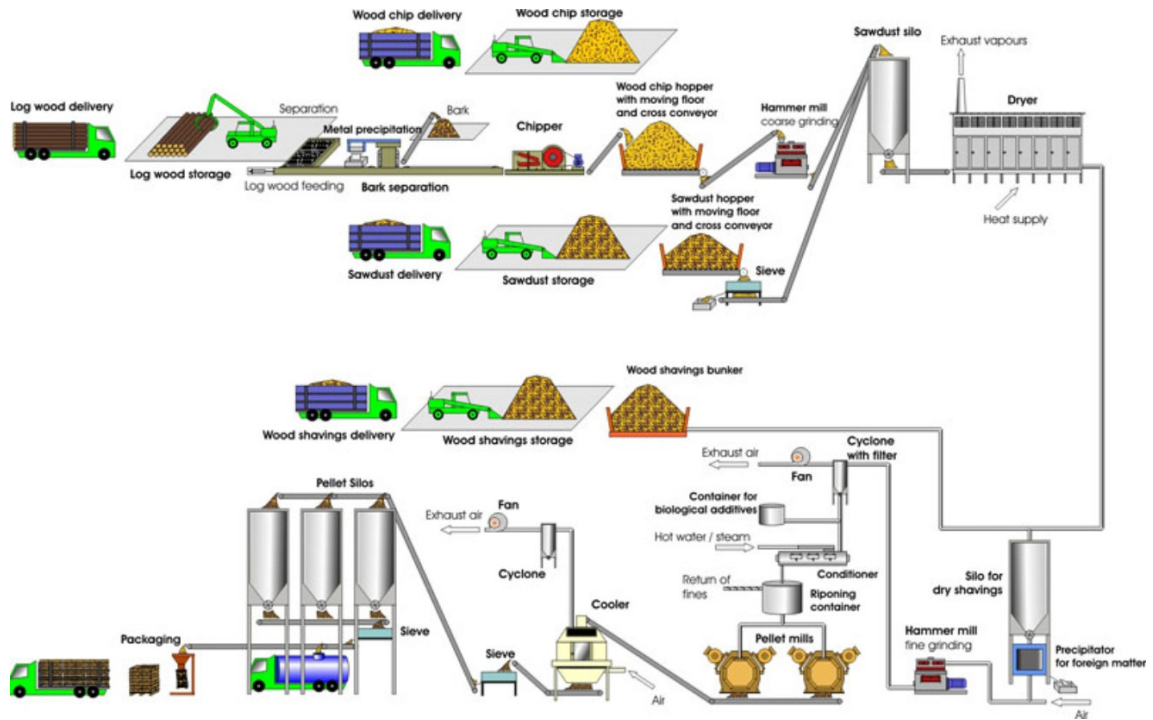
Susanna Lammi kertoo henkilökohtaisessa keskustelussa (2024), että raaka-aine voidaan esikuivata tarpeen vaatiessa, jolloin sen kosteusprosenttia saadaan laskettua jopa kymmenillä prosenttiyksiköillä. Lähtökohtaisesti kaikki raaka-aine vaihtoehdot joudutaan kuivaamaan hyödyntäen kuumaa kaasua sekä laitoksessa syntyvää hukkalämpöä. Hänen mukaansa kosteuspitoisuus saadaan jopa 2 prosenttiin, mutta tasaisen laadun saavuttaminen on haastavaa vaihtelevan lähtökosteusprosentin sekä epähomogeenisten partikkeleiden takia. Joissain laitosmalleissa raaka-aine käytetään välivarastossa, jotta sen kosteuspitoisuus tasaantuisi, mutta tätä ei Pohjanmaan Hyötyjättekuljetuksella ole.

Raaka-aineen kuivauksen jälkeen se hienonnetaan tarvittavan kokoiseksi (Lammi. S, Henkilökohtainen keskustelu, 2024). Obernbergerin ja Thekin (2010, s.87) mukaan halkaisijaltaan isomman pelletin raaka-aine voi olla myös isompaa ja karkeampaa.

Kuivauksen ja hienontamisen jälkeen joissakin laitosmalleissa pelletit esikäsitellään höyryllä (Obernberger & Thek, 2010, s.99). Kirjassa kerrotaan, että tässä vaiheessa höyryllä voidaan tasata kosteuseroja sekä muuttaa massan lämpötilaa, mutta Pohjanmaan Hyötyjättekuljetuksella tätä vaihetta ei ole. Tapio Lammin (Henkilökohtainen keskustelu, 2024) mukaan biomassa puristetaan vaakatasossa olevan matriisin läpi. Susanna Lammin (Henkilökohtainen keskustelu, 2024) mukaan pelletin koko, tiheys, ja pituus riippuvat käytössä olevasta matriisista. Tällä hetkellä heillä on käytössä 6 millimetrin halkaisijan matriisi.

Viimeisimpänä pelletin tuotantoprosessissa vasta puristetut pelletit jäähdytetään (Obernberger & Thek, 2010, s.102–103). Heidän mukaansa jäähdyttäminen ennen varastointia nostaa pelletin mekaanista kestävyyttä. Se myös saattaa laskea kosteuspitoisuutta jopa kahdella prosenttiyksikköä.

Pohjanmaan Hyötyjättekuljetuksen puupelletin tuotantokapasiteetti on noin 6000 kg tunnissa (Lammi. S, Henkilökohtainen keskustelu, 2025). Hänen mukaansa laitosta on suunniteltu ajettavaksi kolmessa vuorossa ympäri vuorokauden. Jos laitosta ajettaisiin vuoden jokaisena päivän, niin kokonaistuotanto vuodessa olisi 54 560 t.



Kuvio 2. Esimerkki pelletin tuotantoprosessista (Mukaillen Bios-Bioenergie, 2024)

4 Raaka-aineen hankinta Pohjanmaan Hyötyjätekuljetus Oy:llä

Pohjanmaan Hyötyjätekuljetus rakentaa ja testaa puupellettilaitosta Laihialle tämän työn julkaisuvuonna 2025. Laitosta on testattu eri raaka-aineilla, mutta kustannustehokkain ja käytännöllisin raaka-aine juuri heidän laitoksellensa on vielä selvittämättä. Tässä luvussa käsitellään ja pohditaan useista eri näkökulmista raaka-aineen hankintaa pohjanmaan Hyötyjätekuljetus Oy:n tuotantoprosessille.

4.1 Pohjanmaan Hyötyjätekuljetuksen tarpeiden tunnistaminen

Kuten luvussa 2. todettiin Arjan van Weelen kirjaan (2018, s. 28) nojaten, niin hankintaprosessi on hyvä aloittaa asiakkaan tarpeista ja lopputuotteen ominaisuuksista. Pelletin asiakaskunnan vakinaistuminen on vielä kesken, koska pellettejä ei ole kaupallisella tasolla vielä myyty (Lammi. T, Henkilökohtainen keskustelu, 2024). Lähtökohtaisesti pelletit kuitenkin tehdään ja voimalaitoksissa kotitalouksissa polttamista varten (Luonnonvarakeskus. 2024). Toinen vaihtoehtoinen käyttötarkoitus on Lammin mukaan esimerkiksi eläimille kuivikkeeksi. Lammi kertoo, että he pystyvät kilpailemaan markkinoilla niin laadulla kuin matalalla hinnalla.

Tapio Lammi kertoo henkilökohtaisessa haastattelussa (2024), että heidän pellettiensä halkaisija on 6 millimetriä ja sen laadun tulee täyttää SFS-EN ISO 17225-2 luokan A1 ominaisuudet. Tässä laatuluokassa on määritetty viitearvot kaikille pelletin olennaisille fysikaalisille ja kemiallisille ominaisuuksille (SFS Suomen Standardit ry, 2021). Näitä ominaisuuksia on käsitelty myös tämän työn luvussa 3.1. Susanna Lammi (Henkilökohtainen keskustelu, 2024) kertoo heidän pelletin kosteuspitoisuuden olevan keskimäärin alle 2 prosenttia, mutta raaka-aineen vaihtelevien ominaisuuksien takia se voi yksittäistapauksissa olla jopa 8 prosenttia. Hän kertoo raaka-aineen laadun tasaisuuden olevan tärkeää, jotta sitä voidaan markkinoida mainittuna alle 2 kosteusprosenttisena. Susanna Lammin mukaan pelletistä saa kovan ja mekaanista kuormitusta kestävän, kun puumassassa on mukana puun omaa ligniiniä. Tätä ligniiniä

on luontaisesti enemmän havupuussa, kuin lehtipuussa, jonka takia niitä suositaan tässä raaka-aineen valintaprosessissa.

Puupelletin raaka-aineeksi halutaan siis tasaisen kosteuspitoisuuden omaavaa havupuuta, jonka kemialliset ominaisuudet vastaavat laatustandardia SFS-EN ISO 17225-2. Sahanpuru ja kutterilastu ovat perinteisiä vaihtoehtoja, mutta tukki- tai kuitupuun ostaminen raakana on myös vaihtoehto.

4.2 Puupelletin raaka-aineen kustannukset

Yli puolet puupellettilaitoksen käyttökustannuksista tulee raaka-aineen hankinnasta (Ihalainen & Sikanen, 2010). Tästä tutkimuksesta tämän työn julkaisuhetkellä on kulunut 15 vuotta, mutta Susanna Lammi kuitenkin arveli henkilökohtaisessa haastattelussa (2024) raaka-aineen hankinnan kustannusten olevan heillä samaa luokkaa. Ihalaisen ja Sikasen tutkimuksessansa selviää, että kuivana ostettavan biomassan osuus kokonaiskustannuksista voivat 21 600 tonnin laitoksessa nousta jopa 68 prosenttiin. Raaka-aineen valinta on siis myös Pohjanmaan Hyötyjätekuljetus Oy:llä tärkeässä osassa laitoksen kannattavuutta, raaka-aineen kosteuspitoisuudesta huolimatta.

Jotta voitaisiin selvittää kustannustehokkain raaka-aine, niin pitää eritellä tai selvittää kaikkien vaihtoehtojen materiaalin hinta, logistiset kustannukset, tarvittavien jatkojalostustoimien kustannukset sekä muut mahdolliset kustannukset.

Sahanpurun ja kutterilastun hinnat vaihtelevat eriävien ominaisuuksien ja saatavuuden takia (Lammi, 2024, Henkilökohtainen haastattelu). Näiden raaka-aineiden saatavuus on Suomessa heikentynyt metsätalouden supistuessa (Toikka, 2024), joka on nostanut hintatasoa. Susanna Lammi kertoi henkilökohtaisessa haastattelussa 2025, että sahateollisuuden sivutuotteita voidaan ostaa myös ulkomailta. Hänen mukaansa esimerkiksi Virossa on saatavuuden kannalta parempi tilanne. Lammin mukaan tukki ja kuitupuuta on saatavilla paljon, joten siinä ei esiinny merkittävää paikallisesta resurssien

niukkuudesta johtuvaa hinnan vaihtelua. Hänen mukaansa tukki- ja kuitupuu on kalliimpaa tilavuusyksikköä kohden, mutta se on huomattavasti tiheämpää, jonka takia hinta kilogrammaa kohden on matalampi.

Logistisissa kustannuksissa on eroa raakapuun sekä sahateollisuuden sivutuotteiden välillä. Kuten yllä todettiin, niin huonon saatavuuden takia sahanpurua ja kutterilastua voidaan joutua ostamaan ulkomailta, jolloin kuljetusetäisyys kasvaa ja se pitää tuoda meren yli laivalla. Kutterilastu ja sahanpuru vievät myös kuljetuksessa enemmän tilaa kilogrammaa kohti.

Raaka-aineista aiheutuu erinäisiä jatkojalostuskustannuksia. Raakapuu joudutaan hienontamaan ja kuorimaan itse, josta aiheutuu kustannuksia (Lammi. T, Henkilökohtainen keskustelu 2024). Hienonnus- ja kuorintalaite on Pohjanmaan Hyötyjättekuljetuksella jo olemassa, joten siitä aiheutuu energiakustannuksia sekä pääoman vaihtoehtokustannuksia. Lammin mukaan jalostamaton puu on kostea ja se kuivaa itsekseen ulkoilmassa kasalla noin 50 kosteusprosenttiin. Tämä kuivausprosessi voi kestää jopa vuoden, joten sille pitäisi olla huomattavasti varastointitilaa. Puusta pitää siis esikuivata noin 30 prosenttiyksikköä kosteutta pois ennen varsinaista kuivaamista lopulliseen kosteuspitoisuuteensa.

Myös kutterilastua tai sahanpurua voidaan joutua kuivaamaan riippuen toimituserien kosteuspitoisuuksista. Sahateollisuuden sivutuotteet ovat usein kuitenkin valmiiksi kuivempia, kuin tukki- ja kuitupuu, eikä niitä sen takia tarvitse ulkoilmassa kuivata (Lammi. S, Henkilökohtainen keskustelu 2024). Hänen mukaansa nämä pitää kuitenkin tarpeen tullen esikuivata. Lammi kertoo, että sahanpurua tai kutterilastua ei tarvitse hienontaa ennen varsinaista tuotantoprosessia. Sahanpuru ja kutterilastu ovat siis kalliimpia, kuin tukki- tai kuitupuu, mutta niiden käsittely on usein edullisempaa. Riippuen siis sahanpurun ja kutterilastun saatavuudesta ja hinnasta, ne ovat kannattavampia puupelletin tuotannossa. Samaan johtopäätökseen ovat myös Viser ja muut päätyneet työssään (2020, s. 9).

4.3 Pellettilaitoksen logistiikka

Pohjanmaan Hyötyjätekuljetus Oy:n pellettilaitos sijaitsee Pohjanmaalla, Laihialla. Laitoksen välittömässä läheisyydessä ei ole sahateollisuutta, josta olisi mahdollista saada esimerkiksi kiinteää putkea pitkin sahanpurua tai kutterilastua. Laitoksen hallissa sekä ympäristössä on tilaa varastoida raaka-ainetta monessa eri muodossa.

Koska välittömässä läheisyydessä ei ole sahateollisuutta, joudutaan sitä kuljettamaan kauempaa muilla tavoilla. Prinz ja Röser kertovat työssään (2011, s.6), että puupelletin raaka-ainetta kuljetetaan näissä tapauksissa pääasiassa rekoilla. Pohjanmaan Hyötyjätekuljetus Oy:n laitoksen vieressä kulkee liikennekäytössä olevat junaraiteet ja asema on myös läheisyydessä. Heidän mukaansa raiteilla kuljetus voi olla taloudellista raaka-aineen ostopaikasta ja määrästä riippuen. Junalla voidaan kuljettaa niin tukki- ja kuitupuuta kuin sahanpurua sekä kutterilastua (Lammi, S, Henkilökohtainen keskustelu 2024). Kuten Prinz ja Röser toteavatkin, niin rekat voivat useimmissa tapauksissa olla taloudellisempia, kun raaka-ainetta hankitaan useammista paikoista. Pohjanmaan Hyötyjätekuljetus tilaa laitoksen koeajamista varten Virosta raaka-ainetta, jolloin myös laiva on osa kuljetusketjua. Pohjanmaan Hyötyjätekuljetuksella raiteilla kuljettamista on pohdittu, mutta laajempaa selvitystä kustannuksista eikä käytännön toteuttamismahdollisuuksista ei ole tehty.

Mobini ja muut havaitsivat tutkimuksessaan (2013, s. 1246), että kuljetuskustannukset raaka-aineelle ovat tietyissä tilanteissa jopa suuremmat, kuin itse raaka-aineen hinta. Erilaisia vastauksia saivat Viser ja muut tutkimuksessaan (2020, s.19). Pohjois-Amerikassa tehdyssä tutkimuksessa raaka-aineen kuljetuksen kustannukset olivat pienemmät, kuin raaka-aineen hinta. Heidän mukaansa kuljetuskustannusten osuus kasvoi suhteellisesti laitoksen koon myötä. Tämä johtuu mahdollisesti pitenevien kuljetusetäisyyksien takia. Kuljetuskustannuksiin vaikuttaa myös raaka-aineen irtotiheys. Vähemmän tiheä raaka-aine, kuten kutterilastu, tarvitsee enemmän varastointitilaa (Loo ja Koppejan, 2008). Mikko Lammi kertoi henkilökohtaisessa haastattelussa (2024), että sahanpurun ollessa tiheämpää kuin kutterilastun, sillä on edullisemmat

kuljetuskustannukset. Näin ollen yhtä kalliiksi voi tulla rahdata sahanpurua kauempaa. Lammin mukaan tukki- ja kuitupuulla on korkeampi irtotiheys, joka alentaa kuljetukseen vaadittavaa tilavuutta sekä sitä saa lähialueelta hankittua. Kuljetuskustannukset tulee siis laskea tarkasti ja löytää sopiva suhde ottaen huomioon materiaalin hinta, etäisyys ja vaadittu tilavuus.

Pohjanmaan Hyötyjätekuljetuksella on tällä hetkellä tilaa pelletin raaka-aineen varastoinnille. Heillä on pellettilaitoksen yhteydessä samassa hallissa tilaa, mutta myös ulkoilmassa katettu alue. Puupelletin raaka-ainetta voidaan varastoida myös ulkona ilman katosta, mutta silloin se imee itseensä kosteutta, jopa 50 % asti (Lammi. S, Henkilökohtainen keskustelu 2024). Jos raaka-aine ostetaan valmiiksi suhteellisen kuivana, ei sitä välttämättä ole taloudellista säilyttää ulkona, koska uudelleen kuivattamiseen kuluu energiaa. Ulkona varastoinnin kannattavuus riippuu hallin tai katoksen kustannuksista. Lammin kanssa keskustelussa nousi esiin erinäisiä varastoinnin kustannuksia, kuten sijoitetun pääoman kustannukset sekä hallin huolto- ja ylläpitokustannukset. Jo valmiiksi olemassa olevat varastot on hyvä käyttää raaka-aineen varastointiin ja mahdollisesti loput sijoittaa ulos ilman katosta. Pohjanmaan Hyötyjätekuljetuksen kannattaa laskea ylimääräisen kuivaamisen ja uuden varaston tai katoksen kustannukset ja sen pohjalta tehdä päätös raaka-aineen varastoinnista.

Kuten luvussa 2.3.2 todettiin, niin raaka-aineen hinta laskee, mitä enemmän sitä ostetaan ja kuljetetaan kerralla. Näin ollen olisi siis taloudellista tilata suuri erä raaka-ainetta kerralla ja täyttää siten varastot mahdollisimman harvoin. Toisaalta JIT-ajattelumallin perusteella erä pelletin raaka-ainetta pitäisi tilata vasta, kun sitä tarvitaan tuotannossa (Weele, 2018, s. 262). Pohjanmaan Hyötyjätekuljetuksella ei halli- tai katostilaa ole rajattomasti, joten suuremman hankintaerän kaikki raaka-aine ei välttämättä mahtuisi varastoon. Ulkona ilman katosta säilyttämisestä aiheutuu ylimääräisiä kuivauskustannuksia, joten tilauserien tiheyttä ja kokoa päätettäessä on hyvä ottaa myös tämä huomioon.

4.4 Kestävyys puupelletin raaka-aineen toimitusketjussa

Myös Pohjanmaan Hyötyjätekuljetus Oy:llä kestävyys tulisi ottaa huomioon raaka-aineen hankinnassa, koska siten Aichbauerin ja muiden mukaan (2022, s. xx) pystytään varmistumaan, että nykyisillä ja tulevilla sukupolvilla on mahdollisuus kattaa omat tarpeensa. CSR-ajattelu kannustaa yrityksiä pyrkimään rajoittamaan ympäristö- ja sosiaalhaittoja kaikissa toimissaan. Valitsemalla kestävä raaka-aine ja sen toimittaja, pystytään edesauttamaan kestävää metsänhoitoa sekä minimoimaan siitä aiheutuvat ympäristövaikutukset.

Kestävyiden näkökulmasta on hyvä valita matalapäästöinen kuljetustapa mahdollisimman läheltä laitosta. Kuten luvussa 2.3.3 todetaan, niin raaka-ainetta hankkiessa kauempaa, on haastava saada varmuus toimittajan toiminnan kestävydestä. Varmuuden vuoksi on hyvä suosia toimittajia, joiden toiminta on avointa ja valvottua. Saha- ja puuteollisuuden sivutuotteiden saatavuus on Suomessa heikentynyt viime vuosina (Toikka, 2024), jonka takia joissain tapauksissa kuljetusetäisyydet ovat kasvaneet. Tukki- ja kuitupuuta saa edelleen läheltä, jolloin toimitusketjun kestävyiden näkökulmasta sen hankkiminen voisi olla parempi vaihtoehto.

Sahanpurua ja kutterilastua syntyy saha- ja puuteollisuuden sivutuotteena (Oberberger ja Thek s.73, 2010). Näitä sivutuotteita on hyvä käyttää resurssien tehokkaan ja kestävänsä käytön edesauttamiseksi. Kuitenkin, jos näistä raaka-aineista on kilpailua ja ne tulee hyötykäytettyä joka tapauksessa, ei tällä ole merkitystä.

4.5 Raaka-aineen toimitusketjun luotettavuus ja riskit

Puupelletin raaka-aineet ovat matalasti jalostettuja ja niitä ostetaan paljon. Van Weelen kirjassa (2018, s.177) viputuotteen kuvaus sopii pelletin raaka-aineelle. Hänen mukaansa viputuotteita ei ole välttämättä järkevää hankkia vain yhdeltä toimittajalta.

Raaka-aineen hinta vaihtelee, jonka takia voi olla järkevää kilpailuttaa useita eri toimittajia. Van Weelen mukaan yhteistyö ja hyvät suhteet yhden tietyn toimittajan kanssa voi edesauttaa toimitusten tasaisuutta ja laatua. Koko laitoksen toiminnan tukeutuminen yhteen toimittajaan on kuitenkin riskialtista konkurssien tai muiden ongelmien ilmaantuessa.

Toimittajien luotettavuus ja toimintatavat kannattaa selvittää ennen hankintapäätöstä. Riskien arviointi on hyvä tehdä ja varautua niihin sopivissa määrin. Prinz ja Röser huomauttavatkin työssään (2011, s.6), että on hyvä varmistua raaka-aineen laadusta erityisen hyvin, kun sitä ostetaan useista lähteistä. Esimerkiksi ulkomailta ostetusta sahanpurusta on löytynyt metallin palasia, jotka aiheuttavat ongelmia tuotantoprosessissa (Lammi. s, Henkilökohtainen haastattelu, 2024). Raaka-aine tukki- tai kuitupuusta itse hakettamalla voidaan välttää ylimääräisiä välikäsiä hankintaketjussa ja varmistua tasaisesta kosteuspitoisuudesta sekä muista ominaisuuksista. Nämä asiat tulee ottaa huomioon raaka-aineen hankintapäätöstä tehtäessä.

5 Yhteenveto

Hankinta on yrityksen ulkopuolisten resurssien hyödyntämistä, ja se kattaa kaikki tuotteen toimittamiseen liittyvät toiminnot. Tehokas hankinta on isossa osassa yrityksen taloudellista menestystä ja kilpailukykyä, koska keskimäärin jopa puolet lopputuotteen hinnasta koostuu hankinnan kustannuksista. Raaka-aineen hankinta alkaa tarpeiden tunnistamisella, asiakaskunnan ja raaka-aineen ominaisuuksien määrittämisellä. Tärkeitä näkökulmia ovat laatu, kustannukset, logistiikka ja kestävyys. Toimittajien luotettavuus sekä riskien hallinta on tärkeä selvittää ennen hankintapäätöstä.

Pohjanmaan Hyötyjätekuljetuksella on puupelletin raaka-aineen valinta kesken ja vaihtoehtoina ovat havupuusta tehty sahanpuru, kutterilastu sekä tukki- ja kuitupuu. Työssä käsiteltiin raaka-aineen hankintaan liittyviä näkökulmia ja siihen vaikuttavia tekijöitä heidän tuotantoprosessissansa.

Sahanpuru ja kutterilastu ovat tarpeeksi hienoa pelletöintiprosessiin ja voivat olla myös valmiiksi tarpeeksi kuivaa. Tukki ja kuitupuuta sen sijaan pitää hienontaa ja esikuivata, josta aiheutuu kustannuksia. Tukki- ja kuitupuu ovat edullisempia painoysikkö kohti, mutta nykyisillä hinnoilla sahanpuru ja kutterilastu usein tulevat kuitenkin edullisemmiksi. Raaka-aineen laadusta pystytään paremmin varmistumaan tukki- ja kuitupuun osalta.

Saha- ja puuteollisuuden sivutuotteiden saatavuus on heikentynyt viime vuosina, joten niitä voidaan joutua kuljettamaan jopa ulkomailta asti. Tukki- ja kuitupuuta on saatavilla lähialueelta ja niillä on korkeampi irtotiheys, jonka takia kuljettaminen on edullisempaa. Pohjanmaan Hyötyjätekuljetuksella on hallissa sekä katoksessa varastointilaa, mutta ulkona varastointi ei ole poissuljettu vaihtoehto tarpeen vaatiessa. Raaka-ainetta ei välttämättä kannata tilata kerralla enempää, kuin varastoon mahtuu, koska ulkona se kerää kosteutta itseensä. Hankintapäätöksessä täytyy myös ottaa huomioon toimittajan luotettavuus ja kestävyys.

Lähteet

- Aichbauer, S. Buchhauser, M. Erben, A. Steinert, S. Tietze, D. Wiking, E. (2022). *Responsible procurement*. Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-98640-7>
- Alakangas, E. Hurskanen, M. Laatikainen-Luntama, J. Korhonen, J. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. *VTT Technology* No. 258. VTT Technical Research Centre of Finland. Noudettu 4.3.2025 osoitteesta: <https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2016/T258.pdf>
- Benton, W, C, JR. 2020. *Purchasing and supply chain management, Fourth edition*. SAGE Publications, Incorporated.
- Bioenergia ry. 2025. *Pellettienergia*. Noudettu 4.3.2025 osoitteesta: <https://www.bioenergia.fi/tietopankki/pellettienergia/>
- Bios Bioenergiesysteme GmbH, 2024, Noudettu 11.12.2024 osoitteesta: <https://www.bios-bioenergy.at/index.php/en/working-field/pelletisation-torrefaction>
- Ihalainen, T & Sikanen, L. (2010). Kustannustekijöiden vaikutukset pelletintuotannon arvoketjussa. *Metlan työraportteja* 181. Metsäntutkimuslaitos. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2271-5>
- Jens K. Holm, Ulrik B. Henriksen, Johan E. Hustad, and Lasse H. Sørensen. 2006. Toward an Understanding of Controlling Parameters in Softwood and Hardwood Pellets Production. *Energy & fuels*: volume 20, 2686-2694. American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/ef0503360>
- Loo, S & Koppejan, J. (2008). *The handbook of biomass combustion & co-firing (1 st edition)*. Routledge. Lainattu 2024 lokakuuta Tritonia-Finna-kirjastosta. [rajattu pääsy]. <https://doi.org/10.4324/9781849773041>
- Luonnonvarakeskus. (2024). *Puupelletit muuttujina Vuosi ja Toiminto*. Noudettu 14.11.2024. osoitteesta

https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_04%20Talous_07%20Puun%20kaytto_12%20Puupelletit/

- Mobini, M. Sowlati, T. Sokhansanj, S. 2013. A simulation model for the design and analysis of wood pellet supply chains. *Applied energy*, volume 111, 1239–1249. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.06.026>
- Obernberger, I & Thek, G. (2010). *The pellet handbook: The production and thermal utilisation of biomass pellets*. Earthscan. Lainattu 2024 lokakuuta Tritonia-Finnakirjastosta.
- Pohjanmaan Hyötyjätekuljetus. 2024. Yrityksen verkkosivut. Noudettu 10.12.2024 osoitteesta: [Pohjanmaan Hyötyjätekuljetus Oy » Pohjanmaan Hyötyjätekuljetus](#)
- Prinz, R & Röser, D. (2011). Best Practice Guidelines on Logistics and Quality Assurance for Pellet Production. *Metsäntutkimuslaitoksen erillisjulkaisut 972*. Metsäntutkimuslaitos. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2305-7>
- Toikka, M. (2024, 20. maaliskuuta). *Puupellettien kotimainen tuotanto väheni vuonna 2023*. Luonnonvarakeskus. Noudettu (14.11.2024) osoitteesta <https://www.luke.fi/fi/uutiset/puupellettien-kotimainen-tuotanto-vaheni-vuonna-2023>
- SFS Suomen Standardit ry. 2021. *SFS-EN ISO 17225-2. Kiinteät biopolttoaineet. Laatuvaatimukset ja luokat. Osa 2: Laatuluokitellut puupelletit*.
- Visser, L., Hoefnagels, R., & Junginger, M. (2020). Wood pellet supply chain costs – A review and cost optimization analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, volume 118, 109506. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109506>
- Weele, A, van. (2018). *Purchasing and supply chain management* (Seventh edition). Cengage Learning EMEA.