



Teksti ja kuvat: Mikko Aalto  
EkoPelletti - T&K -hanke  
Oulun Seudun ammattikorkeakoulu  
Luonnonvara-alan yksikkö  
25.11.2012

## Pelletöintiprosessi ja ohjeita pelletointiin pienen mittakaavan laitteistolla

Tässä artikkelissa kuvataan pelletöintiprosessia yleisellä tasolla ja annetaan prosessikuvausten yhteydessä käytännön ohjeita pelletointiin pienen mittakaavan laitteistolla. Sekä prosessikuvaus että ohjeet pohjautuvat pitkälti Oulun Seudun Ammattikorkeakoulun Luonnonvara-alan yksikön hallinnoiman EkoPelletti – T&K –hankkeen pelletöintikokeisiin ja niissä käytettyyn laitteistoon. Osa ohjeista ei välttämättä päde muunlaisten laitteiden kohdalla, joten asiat kannattaa tarkistaa tapauskohtaisesti. Artikkelissa kerrotaan puupellettien valmistuksen lisäksi myös muiden raaka-aineiden käytöstä, koska hankkeessa eräänä tavoitteena oli tutkia uusien raaka-aineiden ja niiden seoksien sopivuutta pelletointiin. Artikkelissa keskitytään polttoon menevien pellettien tuotantoon, mutta samat asiat pätevät myös kuivikkeeksi tai rehuksi tehtäviin pelletteihin.



Oulun Seudun Ammattikorkeakoulun Luonnonvara-alan yksikön liikuteltava pien-pelletöintilaitteisto.

Pellettituotannon kannattavuudelle on olennaista, että pystytään tuottamaan riittävän suuri määrä hyvälaatuisia pellettejä kohtuullisella energiankulutuksella. Pelleteille on erilaisia laatustandardeja, mutta yleisesti voidaan sanoa laadukkaiden pellettien olevan ennen kaikkea hyvin käsittelyä kestäviä eli ne eivät saa murentua herkästi. Pellettien joukossa ei saa olla murentunutta hienoainesta eikä pölyä ja niiden tulisi olla tasamittaisia ja kovia. Laadukas pelletti on tiheydeltään niin suuri, ettei se jää kellumaan veden pinnalle.

## Raaka-aineet: puu, peltobiomassat, muut raaka-aineet

Pelletit ovat hienonnetusta raaka-aineesta pelletöintikoneella tehtyjä puristeita. Pellettien tiheys on huomattavasti käytetyn raaka-aineen tiheyttä suurempi, eli sama energiamäärä on puristettu pienempään tilaan. Pellettejä voidaan tehdä erilaisista raaka-aineista tai niiden yhdistelmästä (seospelletit). Yleisimmin pelleteillä tarkoitetaan puhtaasta puuraaka-aineesta tehtäviä puupellettejä, mutta myös peltobiomassoja (agropelletit) ja muita aineita, kuten jätepaperia tai turvetta, voidaan pelletöidä.



Pelletöintiin sopivia raaka-aineita: (vas) kutterinlastut ja olkisilppu.

Puhdas, kuoreton havupuu on perinteisesti ollut pelletöintiin sopivinta raaka-ainetta. Valmiiksi pelletöinnille optimaaliseen noin 10 %:n kosteuteen kuivattu puusepänteollisuudesta tuleva kutterinlastu on parasta raaka-ainetta. Sen saatavuus on kuitenkin varsin rajallista. Paremmiin saatavilla oleva puhdas sahanpuru soveltuu myös hyvin pelletöintiin. Sahat sahaavat tuoretta puuta, joten sahanpurunkin kosteusprosentti on korkea, noin 50 %. Puru täytyy kuivata koneellisesti ennen pelletöintiä. Puu muodostuu lähinnä selluloosasta, hemiselluloosasta ja ligniinistä. Ligniini on tärkeää pelletin koossapysymiselle.

EkoPelletti – T&K –hankkeessa pellettien raaka-aineina on käytetty kutterinlastun lisäksi mm. kokopuuhaaketta, ruokohelpeä, kauran ja ohran olkea, heinää, hamppua, sanomalehtiä, keräyspaperia, turvetta, jätemuovia ja näiden erilaisia seoksia. Pellettien käyttäjän on pidettävä mielessä, että nykyisin markkinoilla olevat pellettejä polttavat laitteet on lähes poikkeuksetta suunniteltu käyttämään perinteisiä puupellettejä eivätkä ne yleensä sovellu muista raaka-aineista tehdyille pelleteille. Agropelleteillä suurin ongelma on tuhkan suuri määrä ja sen aiheuttamat tukokset palopäässä. Ongelmia voi tulla myös korroosion lisääntyessä. **Laitteiston soveltuvuus muille kuin puupelleteille tulee siis ehdottomasti selvittää myyjältä tai valmistajalta.** Markkinoille on aivan viime aikoina tullut myös uusille raaka-aineille kuten agropelleteille soveltuvia laitteita. EkoPelletti – T&K –hankkeessa tehtyjä pellettejä on koepoltettu tällaisella laitteella menestyksekkäästi.



Agropellettien koepolttoa Petrojet – pellettipolttimella.



Kuivaukseen on kehitetty erilaisia kuivuriratkaisuja, esim. rumpu- ja tasokuivureita, joista yllä tasokuivuri.

Eri raaka-aineilla on toisistaan poikkeavat pelletöintiin optimaaliset kosteusarvot. Myös käytettävä pelletöintilaitteisto voi vaikuttaa asiaan. Esim. ruokohelven ja oljen optimikosteusarvo vaikuttaisi olevan joitakin prosentteja puun n. 10 %:a korkeampi. Liian kostea raaka-aine ei pelletöidy kunnolla ja liian kuiva raaka-aine puolestaan voi tukkia matriisin ja pysäyttää pelletöintiprosessin. Puristamisen jälkeen viilentyessään pelletti yleensä menettää kosteudestaan vielä muutaman prosentin.



Raaka-ainevarastoja: hakekasoja pellettitehtaan pihalla Saksassa (vas) ja olkipaaleja pellettien raaka-aineeksi Tsekin tasavallassa.

## Raaka-aineiden hienontaminen

Pelletöintilaitteistoa on pyrittävä suojaamaan vierasesineiden aiheuttamilta vaurioilta. Rautaa sisältävät vierasesineet erotellaan raaka-aineesta magneetilla. Magneettiin tarttumattomia vierasesineitä voidaan karsia pois muilla menetelmillä. Sopivan kuivan ja partikkelikooltaan riittävän pienen raaka-aineen lopullinen hienontaminen tehdään yleensä vasaramyllyllä, minkä jälkeen raaka-aine seulotaan. Seulonnalla pyritään varmistamaan pelletöintikoneelle menevän raaka-aineen tasalaatuisuus. Liian suuret partikkelit voivat aiheuttaa ongelmia. Yleensä seulan reikien halkaisija on noin puolet valmistettavan pelletin läpimitasta, eli 8 mm:n pellettejä tehtäessä seulan koko on 4 mm tai pienempi.

Riittävän pieneksi hienoutunut raaka-aine läpäisee seulan. Suuret, seulaa läpäisemättömät partikkelit kierätetään takaisin vasaramyllylle. Oamkin pelletöintilaitteistossa raaka-ainetta siirretään alkuvaiheessa pneumaattisesti vasaramyllyn aikaansaman imun/puhalluksen avulla. Vasaramyllyn ja seulonnan läpäissyt raaka-aine kulkeutuu sykloonin, missä ilmavirtauksen kuljettaman hienoaineksen nopeus laskee ja se ohjataan varastosiihloön.

## Pölyn aiheuttamat riskit

Pneumaattisen raaka-aineen siirtämisen huonona puolena on sen pölyisyys. Hienonnettua raaka-ainetta voi päästä prosessista ilmaan erityisesti jos syklooni on mitoitettu virheellisesti. Kaikkialle kulkeutuva hienojakoinen pöly aiheuttaa tulipalonvaaran. Hengityselimiin kulkeutuessaan hieno pöly voi olla terveydelle haitallista, erityisesti jos raaka-aineena on olkea tai muuta mahdollisesti jopa osittain homeista materiaalia. Tästä johtuen pelletöintiin osallistuvien henkilöiden tulisi aina käyttää vähintään P2 -luokan hengityssuojaimia. Paperisilla kasvoille muotoutuvilla suojaimilla pärjää tilapäisesti, mutta ne ovat varsin epämukavia. Paperiset suojaimet soveltuvat kokemustemme mukaan lähinnä vierailijoiden käyttöön. Pelletöintilaitteiden kanssa työskenteleville henkilöille kannattaa hankkia moottoroidut raitisilmasuodattimet. Nämä tekevät työskentelystä paitsi turvallisempaa, myös huomattavasti miellyttävämpää. Moottoroidut suojaimet on käytännössä havaittu erinomaisiksi myös silmälasien käyttäjille, sillä linssit eivät pääse niitä käytettäessä huurtumaan toisin kuin paperisia suojaimia käytettäessä.

## Lisäaineet (sidosaineet tms)

Pellettien tulee olla mahdollisimman kovia ja hyvin koossapysyviä. Pelletit voivat kokea kovaa käsittelyä esim. puhallusautotoimitusten yhteydessä sekä kuljetinruuveissa. Mikäli pelletit eivät kestä käsittelyä, ne murentuvat ja syntyvä hienoaines voi aiheuttaa monenlaisia ongelmia. Pellettien koossapysymistä voidaan parantaa lisäämällä raaka-aineeseen pieniä määriä sidostumista edistäviä lisäaineita. Yleisesti käytettyjä lisäaineita ovat mm. lignosulfonaatti (ligniini) ja tärkkelys.



Pellettien sidosaineena käytettävää tärkkelystä

Eri maissa on käytössä toisistaan poikkeavia standardeja, joissa pellettien laatu ja ominaisuudet määritellään. Standardit voivat rajoittaa lisäaineiden käyttöä, joten asia tulee selvittää omien markkinoiden osalta ennen lisäaineiden käyttöä. Lisäaineet voivat olla joko jauhemaisessa tai nestemäisessä muodossa ja ne tulee sekoittaa huolellisesti ja tasaisesti raaka-aineeseen. Oamkin pelletöintilaitteistossa mahdollisten lisäaineiden lisäys tehdään raaka-aineen välivarastosiihoon, joka on tämän takia varustettu sekoittimella.

Agropellettejä poltettaessa syntyy paljon tuhkaa, joka käyttäytyy eri tavalla kuin puupelletin tuhka. Varsinkin oljen tuhka sulaa jo suhteellisen alhaisessa lämpötilassa muodostaen ”laavakiven” kaltaista, huokoista mutta kovaa paakkua, joka tukkii helposti polttimen. Pelkästään puupelleteille suunnitellut polttimet eivät siis sovellu agropellettien käyttöön vaan agropellettejä tulisi käyttää niille suunnitelluissa polttimissa. Tuhkan ominaisuuksiin voidaan pyrkiä vaikuttamaan lisäaineilla, esim. kaoliinilla.



Pelletöinin lisäaineena käytettävää ligniiniä (vas) ja Oamkin pelletöintilaitteiston jauhemaisten lisäaineiden annostelulaite.

## Pelletöinti

Pelletti muodostuu pellettipuristimen sisällä olevan matriisin puristuskanavassa. Yksinkertaistettuna tyypillinen pellettipuristin toimii seuraavassa esitetyllä tavalla. Raaka-aine syötetään teräksisen, rei'itetyn matriisin pinnalle, josta matriisin pinnalla pyörivät ns. kolleripyörät pakottavat raaka-aineen pois tieltään matriisin reikiin. Reiän olennaisin osa on muutaman senttimetrin mittainen puristuskanava, johon raaka-ainetta survoutuu jatkuvasti lisää. Kanavassa raaka-aineen lämpötila kohoaa jatkuvan puristuksen ansiosta. Puuraaka-aineessa oleva ligniini pehmenee lämmitessään ja muodostaa raaka-ainehiukkasten välille kemiallisen sidoksen. Se ikään kuin liimaa raaka-ainehiukkaset toisiinsa. Pellettejä on kuitenkin pystytty valmistamaan myös täysin ligniinitöntä selluloosasta, josta voidaan päätellä hiukkasten välille muodostuvan myös fysikaalisia sidoksia. Pellettien tullessa ulos matriisin toiselta puolelta ne joko irtoavat itseksensä tai katkaistaan jollain terätkaisulla sopivan mittaisiksi. Lopuksi pelletit jäähdytetään ja hienoaines seulotaan erilleen.

## Kolleripyörien etäisyyden säätö

Matriisi ja kolleripyörät eivät saisi aivan koskettaa toisiaan, muutoin laitteiston kuluminen nopeutuu. Kolleripyörien etäisyys matriisin pinnasta joudutaan säätämään aina matriisia vaihdettaessa tai muutoin tilanteen vaatiessa. Oulun Seudun Ammattikorkeakoulun Luonnonvara-alan yksikön pelletöintilaitteessa (SPC) matriisin ja kolleripyörien väli säädetään yhteen kertaan taitetun tavallisen A4-kopio-paperin avulla: paperi laitetaan matriisin ja kolleripyörien väliin ja pyöriä säädetään lähemmäs matriisia, kunnes ne ovat niin lähellä, että paperin pystyy vain juuri ja juuri nykäisemään ehjänä pois välistä.

## Puristuskanava raaka-aineen mukaan

Matriisin puristuskanava on yleensä perusrakenteeltaan samantyyppinen riippumatta matriisin tyypistä. Raaka-aineen kulkusuunnassa puristuskanava alkaa lyhyellä suppilomaisella osalla, jonka jälkeen kanava jatkuu tuotettavan pelletin halkaisijan mukaisessa koossa. Puristuskanava päättyy pelletin halkaisijaa laajempaan osuuteen, jolla ei ole enää merkitystä pelletin muodostumiselle. Puristuskanavan mitoitus ja pinnoitus voivat poiketa valmistajakohtaisesti ja samallakin valmistajalla on tarjolla useammalla erilaisella mitoituksella olevia matriiseja.

Pelletöinnissä käytettävän matriisin valinta eli ensisijaisesti puristuskanavan sopiva pituus täytyy hakea kokeilemalla raaka-ainekohtaisesti. Muutaman millimetrin pituusero puristuskanavan pituudessa voi olla ratkaisevan tärkeää pelletöinnin onnistumiselle. Oamkin pelletöintikokeissa havaittiin, että puuraaka-aineelle sopivat puristuskanavan pituudet ovat huomattavasti peltobiomassalle sopivia lyhyempiä. Optimaaliset kanavapituudet tulee selvittää raaka-aine- ja laitteistokohtaisesti. Puulle sopivimmat puristuskanavapituudet ovat noin 20 – 50 mm ja esimerkiksi oljelle noin 45 – 70 mm.

## Aloitus ja lopetus öljyisellä raaka-aineella

Mikäli matriisi on pelletöintiä aloitettaessa tyhjä (rei'issä ei ole mitään), on Oamkin pelletöintikokeissa kaadettu matriisille rypsin siemeniä raaka-aineen joukkoon. Öljyinen rypsi saa raaka-ainehiukkaset tarttumaan löyhästi kiinni matriisin puristuskanavaan, jolloin pelletöityminen voi käynnistyä. Öljy toimii myös voiteluna pelletöinnin alussa. Kun pellettejä alkaa muodostua, voidaan rypsin lisäys lopettaa.

Rypsin siemenien sijaan voidaan käyttää esim. ruokaöljyä tai ruokaöljyllä käsiteltyjä pellettejä. Myös pieni määrä vettä raaka-aineen joukkoon matriisiin kaadettuna voi saada pelletöitymisen käynnistymään. Kun pellettipuristimen käyttö keskeytetään, katkaistaan varsinaisen raaka-aineen syöttö ja syötetään matriisiin jonkin aikaa öljyistä raaka-ainetta samoin kuin aloitettaessa. Myös kauraa on käytetty samaan tarkoitukseen. Lisäys lopetetaan ja kone voidaan pysäyttää, kun koneesta alkaa tulla ulos öljyisiä pellettejä. Öljyisen tai rasvaisen raaka-aineen muodostama tappi matriisissa suojaa matriisia säilytyksessä. Kun kyseinen matriisi otetaan uudelleen käyttöön, tulee öljyinen tappi helposti ulos puristuskanavasta uuden raaka-aineen työntämänä.

EkoPelletti-hankkeen pilotkokoluokan pelletöintikokeissa pelletöinnin alussa ja lopussa matriisiin kaadettiin rypsin siemeniä.



## Kosteus ja energiankulutus

Raaka-aineeseen voidaan lisätä höyryä juuri ennen sen syöttöä puristimeen. Tällä saadaan nostettua raaka-aineen lämpötilaa, jolloin ligniinin pehmeneminen tapahtuu nopeammin matriisissa. Samalla saavutettava kosteuden pieni nousu voi myös helpottaa prosessia, varsinkin jos raaka-aine on optimaalista kuivempaa. Optimaalisen kostea raaka-aine vähentää puristimen kuluttamaa energiamäärää verrattuna liian kuivaan raaka-aineeseen. Energiankulutus vähenee myös matriisin saavuttaessa sille ja käytettävälle raaka-aineelle sopivimman lämpötilan.

Matriisin vaihtaminen vie aikaa ja vaihdon jälkeen menee jälleen oma aikansa, ennen kuin uusi matriisi lämpee riittävästi ja tuotettavien pellettien laatu vakiintuu. Teollisessa tuotannossa tehdas pyritään pitämään jatkuvasti toiminnassa. Käytettävän raaka-aineen tulisi pysyä ominaisuuksiltaan mahdollisimman tasaisena, jotta matriisin vaihtoon ei olisi tarvetta. Jos esim. käytettävä raaka-aine vaihtuu kesken tuotannon liian kuivaksi, voi matriisi tukkeutua. Tällöin kone on pysäytettävä, matriisi poistettava ja porattava jokainen reikä yksitellen auki. Suurissa teollisuuspuristimissa on satoja reikiä ja niiden aukaisu vie aikaa.

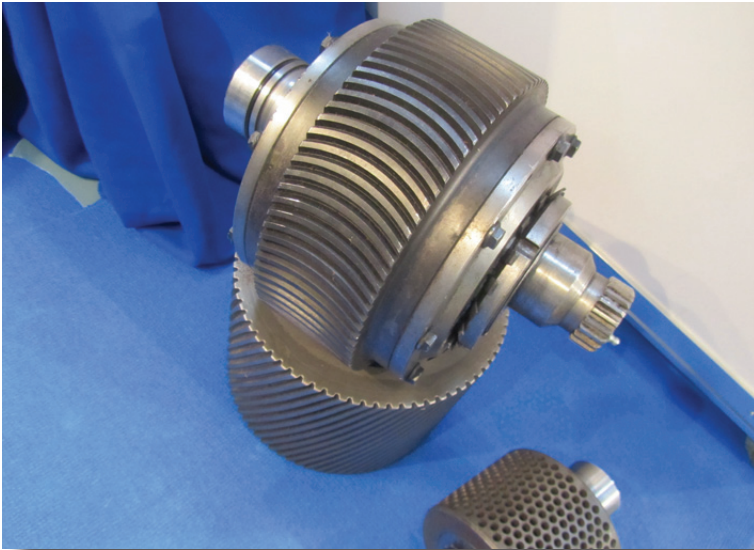
## Puristintyytit

Nykyisin käytettävät pelletöntikoneet ovat yleensä joko tasomatriisi- tai rengasmatriisikoneita. Tasomatriisi on yhdessä tasossa oleva levymäinen osa, johon on porattu ympyrän muotoon reikiä. Kolleripyörät pyörivät pystysuoran akselin varassa tasomatriisin päällä. Rengasmatriisi on nimensä mukaisesti suuri teräksinen rengas, johon on porattu reikiä.

Raaka-aine toimitetaan renkaan päälle (tasomatriisi) tai sisäpuolelle (rengasmatriisi), josta kolleripyörät pakkavat sen matriisin läpi ulos. Suuren mittakaavan tuotannossa käytettävissä rengasmatriisipuristimissa on yleensä pyörivä matriisi ja paikallaan pyörivät kolleripyörät, kun taas pienemmissä laitteissa voi olla kiinni pultattu matriisi ja omilla akseleillaan pyörivät kolleripyörät, kuten Oamkin pellettipuristimessa. Pelletöntikoneita valmistetaan sekä pieniä maatilakokoluokan laitteita että suuria teolliseen tuotantoon tarkoitettuja.



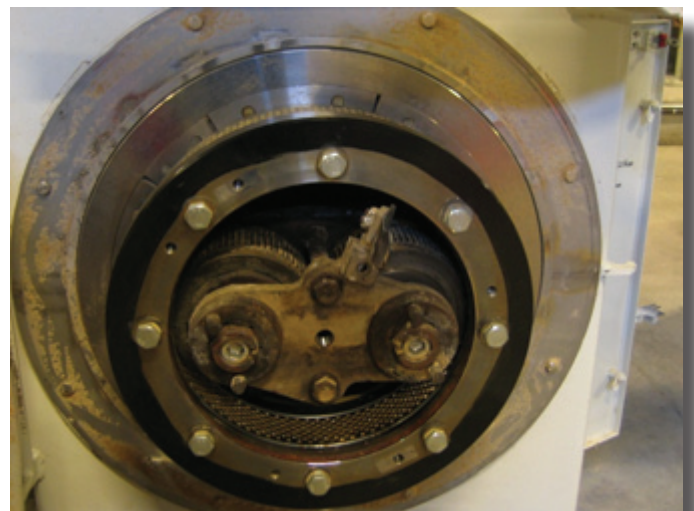
Oamkin pelletöntilaitteiston rengasmatriiseja (vas) ja Oulun Yliopiston laboriopelletöntilaitteen tasomatriisi.



Kolleripyörien erilaisia muotoja

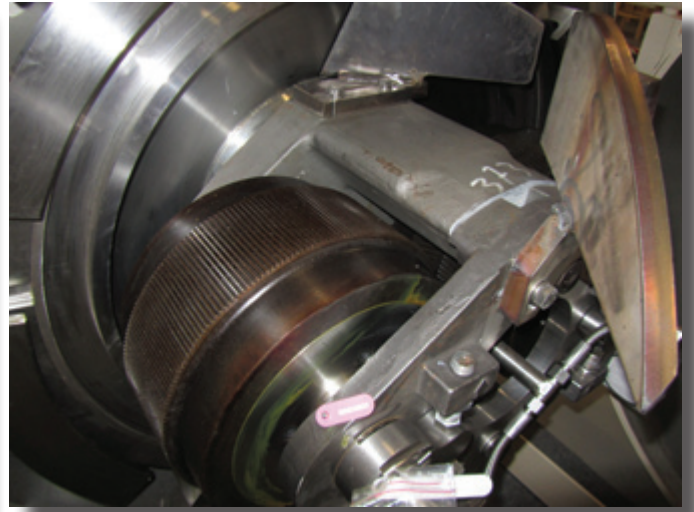


Kuvat yllä: Kahl –pellettipuristimia (tasomatriisi) ja niiden kolleripyörät



Kuvat yllä: Kaksi erikokoista Bühler –pellettipuristinta (rengasmatriisi). Huomaa erilaiset kolleripyörät kuin Kahl –tasomatriisipuristimella.





Hyvin pienen tasomatriisipuristimen kolleripyörät ja matriisi (vas, Neuhauser Holztechnik) sekä suuren rengasmatriisipuristimen kolleripyörät (CPM, rengasmatriisi ei ole tässä kiinnitettyä laitteeseen).

## Jäähdytys ja seulonta

Pelletit ovat matriisista tultuaan kuumia ja vielä hieman pehmeitä. Ligniinin kovettuminen tapahtuu sen jäähtyessä, sitä paremmin mitä nopeammin pelletit jäähdytetään. Yleensä jäähdytys on toteutettu koneellisesti imemällä pellettipatjan läpi viileää kuivaa ilmaa. Jäähdytyksen yhteydessä tai sen jälkeen pelletit vielä seulotaan hienoaineksen erottamiseksi pelleteistä. Hienoaines kierrätetään takaisin prosessiin ja pelletit varastoidaan tai pakataan.



Vastavirtajäähdytin pellettitehtaalla. Tehokkaalla jäähdytyksellä on suuri merkitys pellettien laadulle.

## Laadunvalvonta

Pellettien koossapysymistä tutkitaan standardoidulla rummutuslujuuskokeella (SFS-EN 15210-1). Pellettien kovuuden mittaamiseksi on kehitetty erilaisia mittalaitteita. EkoPelletti – T&K –hankkeessa valmistettujen pellettien laatua tutkittiin mm. rummutuslujuuden sekä puristus- ja taivutuslujuuden osalta. Saaduista tuloksista kerrotaan erillisessä ”Pellettien sidostumisen perusmekanismien selvitys” –raportissa (Jokinen ym.).

## Varastointi ja pakkaus

Pelletit voidaan jäädytyksen jälkeen varastoida joko suuriin kasoihin varastorakennukseen tai säkkeihin. Säkit voivat olla joko suursäkkejä tai pieniä n. 20 kg:n säkkejä erityisesti pellettikaminoiden käyttäjille. Varsinkin suuria määriä pellettejä varastoitaessa on pidettävä mielessä, että niistä voi vapautua hiilimonoksidia. Pellettivarastoa tulisikin tuulettaa riittävän pitkään ennen sinne menemistä, erityisesti jos varastossa on huono ilmanvaihto. Varastotilojen tulisi olla kuivia, sillä pelletit eivät kestä vettä.



Kuvat yllä: Suursäkkien pakkauslinja laitteiston oikeassa laidassa (korkea harmaa siilo, suursäkin paikka alla olevalla kuormalavalla). Münch –pelletöintilaitteisto (M-Pelletti, Kuhmo).



Pelletit toimitetaan usein irtotavarana kuorma-autolla, josta pelletit puhalletaan siiloon paineilmalla.