



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

ESSI SALMINEN

Puunkäsittelyn päälinjan kuituhävikkimäärän selvittäminen

TUOTANTOTEKNIIKAN JA TUOTANTOTALOUDEN
TUTKINTO-OHJELMA
2023

TIIVISTELMÄ

Salminen, Essi: Puunkäsittelyn päälinjan kuituhävikkimäärän selvittäminen
Opinnäytetyö, AMK
Tuotantotekniikan ja tuotantotalouden tutkinto-ohjelma
Joulukuu 2023
Sivumäärä: 36

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Rauman paperitehtaan puunkäsittelyn päähakelinjan hakkeen laatua. Tavoitteena oli selvittää, millaista haketta kuorimon päähakkuri tuottaa. Tutkimukset rajattiin ensisijaisesti kuorimon päähakkuriin, taakse purkautuvaan kiekkohakkuriin.

Hakelaadun tutkinnalla saatiin selville, miten paljon päähakkuri tuottaa hävikkiä, miten hävikin muodot ilmenevät sekä mitkä ovat niihin vaikuttavia tekijöitä. Lähtökohtaisesti lähdettiin tutkimaan hakkurin tuottamien tikkujen ja ylisuuren jakeen määrää, jotka ovat aiheuttaneet kohtalaisen paljon ongelmia tuotannossa. Päättökäytännön ohelle aloitettiin tutkimukset seulomon seulomasta purusta. Selvitettiin, kuinka paljon purun mukana kulkeutuu hävikkiin käyttökelpoista kuitua.

Työssä edettiin DMAIC-mallin mukaan. Määriteltiin tutkimuksen kohde, mitattiin ja suoritettiin empiirinen tutkimus sekä analysoitiin tutkimustulokset. Löydetyille epäkohdille määriteltiin myös ehdotuksia jatkotutkimuksia varten, miten tuotannon toimivuutta saataisiin paremmaksi ja hävikin määrää vähennettyä jatkossa.

Avainsanat: puunkäsittely, puukuorimo, hakkuri, hake, hävikki, DMAIC

Abstract

Salminen, Essi: Determining the amount of fibre loss in the main line of wood processing
Bachelor's thesis
Technology and Industrial Management
December 2023
Number of pages: 36

The purpose of this thesis was to study the quality of wood-processing main chips in the Rauma paper mill. The aim was to find out what kind of chipping the main chipper produces. The studies were primarily limited to the main chipper of the barking area, the disc chipper that erupted behind.

An examination of the chip quality found out how much the main chipper produces wastage, how the forms of wastage are manifested, and what are the factors that affect them. In principle, we started to study the number of sticks and over-mouth fractions produced by the chipper, which have caused quite a lot of problems in production. In addition to the main study, studies were started on the sieved sawdust. It was found out how much of the fibre that can be used is going to waste.

The work progressed according to the DMAIC model. Defining the subject of the study, measuring, and conducting an empirical study, and analyzing the results of the study. Proposals for further studies were also defined for the identified defects, which would improve the efficiency of production and reduce the amount of waste in the future.

Keywords: wood processing, wood bark, chipper, wood chips, wastage, DMAIC

ALKUSANAT

Haluan esittää erityisen suuret kiitokset puunkäsittelyn sekä kuorimon esihenkilöille mahdollisuudesta toteuttaa opinnäytetyö UPM:lle sekä mielenkiinnosta ja opettavasta aiheesta. Suuret kiitokset myös kuorimon työntekijöille yhteistyöstä ja opinnäytetyön empiirisen tutkimuksen sisällön laajuuden mahdollistamisesta.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 TUTKIMUS JA TOTEUTUSMENETELMÄT	7
2.1 Tutkimusmenetelmä	7
2.2 Tutkimusten toteutusmenetelmä	8
3 KOHDEYRITYS	8
3.1 UPM kymmene oyj	8
3.2 UPM Communication Papers Rauma.....	9
3.3 Rauman paperitehtaan historiaa	10
4 PUUNKÄSITTELY RAUMA.....	12
4.1 Kuorimon operointi	12
4.1.1 GS 3350 kiekkohakkuri.....	13
4.1.2 Hydrostaattinen kuorimarumpu.....	16
4.2 Puiden varastointi.....	17
4.3 Kuorilinja.....	18
4.4 Katkaisulaitos	19
4.5 Seulomo	19
5 LEAN SIX SIGMA - DMAIC.....	20
5.1 DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmä.....	20
5.2 Määrittely.....	21
5.3 Mittaaminen.....	21
5.4 Analysointi	22
5.5 Parannus ja optimointi	22
5.6 Ohjaus ja valvonta.....	22
6 LÄHTÖTILANNE.....	23
7 TYÖN ETENEMINEN DMAIC-MALLIN MUKAAN.....	23
7.1 Työn toteutus.....	23
7.2 Mittausvaihe	24
7.3 Tulokset, niiden analysointi ja jatkotoimenpiteet.....	26
7.3.1 Hakejakauma.....	26
7.3.2 Tukkiajo	28
7.3.3 Terävaihdon ja vastaterän säädön vaikutukset.....	30
7.3.4 Puruseulonta	31
8 YHTEENVETO.....	35
LÄHTEET.....	36

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on toteutettu yhteistyössä Rauman paperitehtaan puunkäsittelyn kanssa. Rauman kuorimolle suunnattu opinnäytetyö käsittelee puunkäsittelyn päälinjassa syntyvää hävikkiä. Puun haketus on ensimmäinen vaihe paperinvalmistusprosessissa. Hävikkiä syntyy eri kohteissa ja hävikin muodot vaihtelevat. Hävikin muotoja ovat muun muassa puun haketuksessa ja kuorinnassa syntyvät purut, tikut ja ylisuuri jae. Kaikki hävikki, mitä tuotannossa syntyy, kulkeutuu kuoren mukana voimalaitoksen käyttöön. Voimalaitos hyötykäyttää kuorimolta tulevan kuoren, mutta myös siellä seassa mukana kulkeutuvan puuaineksen, mitä ei lähtökohtaisesti sinne kuuluisi joutua.

Tässä työssä tutkitaan ja määritellään kuorimolla olevan päähakkurin, eli 1-hakkurin tuottaman hakkeen laatu. Tutkimuksista käy ilmi myös hävikit ja sen muodot, mitä 1-hakkuri tuottaa. Taaksepäin purkautuva kiekkohakkuri toimii kuorimolla päähakkurina, rumpuhakkurin ja 2-hakkurin rinnalla. Työn päätavoitteena oli selvittää kohteen tuottaman hakkeen laatu ja mahdolliset siihen vaikuttavat tekijät. Tutkimuksella saatiin myös oleellista dataa 1-hakkurin kunnosta, joita voitiin verrata melkein kymmenen vuoden takaisin haketutkimuksiin. Puunkäsittely saa tällä tutkimuksella arvokasta sekä ajankohtaista tietoa kuorimon päähakkurin tuottaman hakkeen laadusta ja sitä kautta puunkäsittelyn johto voi lähteä kehittämään jatkotutkimuksia ja jopa mahdollisia tarvittavia korjauksia tuotantoon. Päätutkimusten rinnalle toteutettiin myös pienempi sivututkimus, seulomon seulomasta purusta. Tutkimus voi tulevaisuudessa mahdollistaa isompia investointeja kuorimolla, jotka tulisivat maksamaan itsensä takaisin vuosien myötä hävikin vähentyessä.

2 TUTKIMUS JA TOTEUTUSMENETELMÄT

2.1 Tutkimusmenetelmä

Konstruktiivinen tutkimusmenetelmä on yksi menetelmistä, miten lähteä tutkimaan ja luomaan ratkaisua ongelmiin. Jos tavoitteena on luoda konkreettinen tuotos, kuten malli, suunnitelma, uusi tuote tai järjestelmä, voidaan käyttää konstruktivistista tutkimusmenetelmää. Konstruktivisessa tutkimusmenetelmässä luodaan niin sanottu uusi parempi rakenne ongelman ratkaisemiseksi. Teoreettinen tieto ja empiiriset tutkimukset, eli käytännöstä kerätty tieto ovat isossa roolissa, joita ilman uusia rakenteita ei synny. Konstruktiivinen tutkimusmenetelmä voi vaatia pitkääkin sitoutumista kohdeorganisaatiolta sekä sen kehittäjältä. Jokainen vaihe tutkimuksessa tulee dokumentoida sekä perustella mahdollisimman hyvin. Ensimmäisessä vaiheessa tulee määritellä ongelma tai tutkittava kohde missä ongelmia mahdollisesti esiintyy. Toinen vaihe sisältää empiirisen tutkimuksen sekä teoreettisen tiedon hankkimisen. Kolmannessa vaiheessa laaditaan ratkaisuja ja malleja, miten ongelmaa voidaan lähteä parantamaan. Neljäs vaihe sisältää uuden mallin testaamisen ja konstruktion oikeellisuuden todistamisen. Viidennessä osassa käsitellään ratkaisuihin käytettyjen teoriakytkentöjen näyttämistä ja ratkaisun uutuusarvon todistamista. Kuudes ja viimeinen tutkimusmenetelmän vaihe sisältää ratkaisun soveltamisalueen laajuuden tarkastelua. (Ojasalo ym., 2018, s. 65–67)

Tässä työssä sovellettiin konstruktivistista tutkimusmenetelmää. Vaikka työssä ei käsitellä kovinkaan suuresti ratkaisujen laadintaa tai niiden toteuttamisen toimivuutta, kattaa se todella laajasti itse ongelman määrittelemisen sekä vahvan teoreettisen ja käytännöllisen tiedon hankkimisen ongelman keskeisimmistä kohteista. Toisin sanoen työ kattaa hyvin laajasti konstruktivisen tutkimuksen ensimmäiset ja kriittisimmät vaiheet, joita ilman kehitystyötä ei voisi lähteä tekemään. Työ tulee olemaan erinomainen pohja mahdollisia ja tarvittavia jatkotutkimuksia varten, josta on helppo lähteä luomaan ratkaisuja ongelma-kohtiin ja osoittaa niiden toimivuus käytännössä. Työssä käsitellään

pintapuolisesti mahdollisia korjausmenetelmiä, ehdotuksia tai puutteiden korjauksia.

2.2 Tutkimusten toteutusmenetelmä

Empiiriset tutkimukset toteutettiin kuorimolla, johon osallistuivat myös kuorimon työntekijöitä. Suunnittelimme hakenäytteiden hakemisesta ja mittauksista yhdessä kuorimon esihenkilön kanssa. Näytteidenotot tapahtuivat säännöllisesti jokaisen vuoron alussa, siinä vuorossa työskentelevien henkilöiden toimesta. Tällä tavoin saimme säädelyä näytteiden tulosten toistuvuuden ja säännöllisyyden. Toistuvuudella ja säännöllisyydellä saatiin mahdollisimman oikeellisia ja uskottavia tutkimustuloksia.

3 KOHDEYRITYS

3.1 UPM kymmene oyj

UPM-Kymmene Oyj on suomalainen metsäteollisuusyhtiö, joka työllistää yli 17 000 työntekijää 44 maassa. UPM-Kymmene sai alkunsa 1996, kun Repola, Kymmene, Yhtyneet Paperitehtaat, Kymin Paperiteollisuus, Kaukas sekä Wisaforest yhdistyivät. UPM toimii kuudella liiketoiminta-alueella, jotka ovat UPM Fibres, UPM Energy, UPM Raflatac, UPM Speciality Papers, UPM Communication Papers ja UPM Plywood. UPM valmistaa lukuisat eri tuotteensa vastuullisesti sekä uusiutuvista raaka-aineista. Kaikki UPM:n tuotteet ovat myös kierrätettäviä, joka tekee UPM:stä maailman vastuullisimman metsäyhtiön mahdollistamalla asiakkaillensa ja kuluttajille kestäviä valintoja. UPM valmistaa tuotteita mm. pakkaamiseen, viestintään, etiketöintiin, hygienia- ja pehmo-papereihin, kuljetukseen, teollisuuteen, sähköistymiseen, biomuoveihin, rakentamiseen sekä biolääketieteeseen. Asiakkaita UPM:llä on yli 10 000 ja loppukäyttäjää globaalisti 170 miljoonaa. Liikevaihto 2022 oli noin 11,7 miljardia euroa. Suurin liikevaihto tuli Euroopasta 62 %, Aasiasta 17 %, Pohjois-

Amerikasta 15 % ja muualta maailmasta 6 %. (UPM vuosikertomus 2022, 2023, s.8–9 s.14–15)

UPM Communication Papers on yksi kuudesta UPM Kymmenen liiketoiminta-alueista. UPM Communication Papers on myös yksi maailman johtavimpia graafisten paperien valmistajia. Valikoimasta löytyy tuotteita mainontaan, sanoma- ja aikakauslehtiin sekä koti- ja toimistokäyttöön. Liikevaihto 2022 oli huihat 4 866 miljoonaa euroa epävarmasta markkinaympäristöstä huolimatta. Energian ja kuidun kustannusten kasvaessa UPM sai kompensoitua tätä nostamalla omia myyntihintojaan. Vaikka Euroopassa graafisen paperin kysyntä laski 12 % edelliseen vuoteen verrattuna, pysyi kysynnän ja tarjonnan tasapaino suhteellisen tiukkana ja näin UPM:n asema vahvistui strategisten asiakkaiden keskuudessa. Toimintaan vaikutti myös tammi-huhtikuussa olleet työehtosopimusneuvottelut ja siihen liittynyt lakko. Lopputuloksena allekirjoitettiin Paperiliiton kanssa ensimmäinen liiketoimintakohtainen työehtosopimus. Tällä allekirjoitetulla uudella työehtosopimuksella mahdollistettiin tuottavuuden ja kilpailukyvyn parantaminen markkinoilla. (UPM vuosikertomus 2022, 2023, s.48–49)

3.2 UPM Communication Papers Rauma

Rauman paperitehdas on yksi neljästä Suomen paperitehtaasta, jotka UPM omistaa. Rauman paperitehdas työllistää nykypäivänä noin 350 henkeä. Muut Suomen tehtaot ovat UPM Jämsänkoski Jämsässä, UPM Kaukas Lappeenrannassa sekä UPM Kymi Kouvolassa. Rauman paperitehtaan tehdasalueella sijaitsee myös RaumaCell, joka valmistaa fluff-sellua sekä voimalaitos Rauman Biovoima Oy. Fluff-sellu eli revintämassa, on erilaisissa hygieni- ja kattaustuotteissa käytettävää raaka-ainetta. Voimalaitos tuottaa paperitehtaalle höyryä ja ison osan Rauman kaupungin kaukolämmöstä. (UPM Intranet www-sivut)

Rauman paperitehtaalla on kaksi paperikonetta, jotka valmistavat kevyesti päällystettyä aikakauslehtipaperia. Paperitehdas valmistaa seuraavia

paperituotteita: UPM Ultra, UPM Ultra Matt, UPM Star, UPM Star Silk, UPM Valor, UPM Cote sekä UPM Cote Silk. Tehtaalta löytyy paperikoneiden lisäksi myös puukuorimo ja TPM eli kuumahiertämö (thermo-mechanical pulp). TMP valmistaa kuumahiertämällä mekaanista massaa eli hierrettä. Kuumahiertämö on yksi prosessin osa paperin valmistuksessa. Kuvasta 1 näkee hyvin tehdasalueen kokonaisuudessaan. Kuvasta löytyy vasemmalta puunvastaanotto, puun varastointikenttä ja puukuorimo. Oikealta löytyy paperikone 1 sekä paperikone 4 reunimmaisena. Kuvasta näkee myös Rauman sataman. (UPM intranet www-sivut)



Kuva 1. Rauman paperitehdas kuvattu vuonna 2014 (UPM Intranet www-sivut).

3.3 Rauman paperitehtaan historiaa

Rauman paperitehdasalueen historia alkaa jo vuodesta 1912, kun teollinen toiminta alkoi sahan ja telakan voimin. Vuojoki Gods alkoi luomaan pohjaa Rauman puunjalostusteollisuudelle perustamalla Sampaanalaan sahan. Raumalla ja Eurajoella toiminut Puunjalostusta harjoittanut Vuojoki Gods Ab toimi vuosina 1908–1915. Rauma Woodin Sellutehdas käynnistettiin 1920, mutta

suljettiin samaan aikaan sahan kanssa 1991. Sellutehtaan ja sahan sulkemisen aiheutti, kun Rauma Repola Oy ja Yhtyneet Paperitehtaat Oy yhdistyivät. Nimeksi tuli Yhtyneet paperitehtaat Oy. Fluff-sellun valmistaminen käynnistyi 1967. Paperikone PK 1 käynnistettiin 1969 ja Raumalla alkoi sanomalehtipaperin valmistus. PK 1 muutettiin 1980 sanomalehtipaperikoneesta aikakauslehtipaperikoneeksi. 1988 PK 1 modernisoitiin LWC-koneeksi. LWC eli kevyesti päällystetty aikakauslehtipaperi on vaaleampaa, kiiltävämpää ja laadukkaampaa kuin SC-paperi. Sittemmin PK 1 on uudistettu vielä kahdesti, joista viimeisin tapahtui 2003. Paperikone PK 2 käynnistettiin 1971, jolla aloitettiin SC-aikakauslehtipaperin tuotanto. PK 2 ehdittiin modernisoida kahdesti, ennen kuin se suljettiin 2019. Paperikone PK 3 aloitti toimintansa 1980 ja kuuden vuoden jälkeen se modernisoitiin aikakauslehtipaperikoneeksi. PK 3 suljettiin 2013. 1998 PK 4 käynnistyi ja on toinen toiminnassa olevista paperikoneista Raumalla sekä Suomen uusin paperikone. (UPM Intranet www-sivut; Historia - Paperiliitto, n.d.)

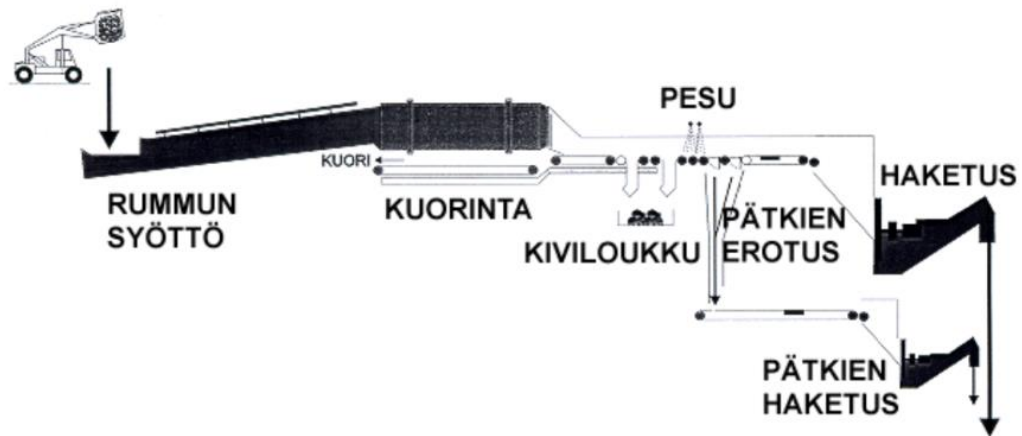
PK 3 suljettiin 2013 huhtikuun aikana ja samalla 87 työntekijää menetti työpaikkansa. Yhtiön mukaan, yt-neuvotteluiden aikana ei löydetty liiketaloudellisia edellytyksiä jatkaa paperikone 3 toimintaa. PK 3:n kilpailukyky ei riittänyt silloisessa markkinatilanteessa. Paperikone 2 sai lopettamispäätöksen syyskuussa 2019 ja kone suljettiin 6. päivä marraskuuta. SC-paperia valmistavan koneen sulkemisen myötä henkilöstö väheni 179 työntekijällä. Graafisen paperin kysyntä on jatkuvasti laskussa, joten kone suljettiin kannattavuussyistä. UPM:n mukaan sulkeminen tulisi turvaamaan Rauman paperitehtaan kilpailukykyä ja paperiliiketoimintaa tulevaisuudessa. (Turun Sanomat, 2013; Tapio Pukkila, 2019)

4 PUUNKÄSITTELY RAUMA

4.1 Kuorimon operointi

Kuorimon tuotannossa työskennellään katkeamattomassa kolmivuorossa. Jokaisesta vuorosta löytyy kaksi kuorimonhoitajaa ja yksi puunkäsittelijä. Kuorimon pääprosessi alkaa 1-syöttökuljettimelta. Kuljettimelle tuodaan kurottajaturkin kanssa taakkoja, jotka voivat olla 5–6 metristä rankapuuta, 3 metristä puuta eli lumppia tai tukkia. Taakoiksi kutsutaan rekkojen tuomia puukuormia. Kaikki tehtaalle saapuva puu on kuusipuuta. Taakkojen painot vaihtelevat 15 000–20 000 kilon välillä. Syöttökuljetin kuljettaa puut kohti 1-rumpua, minne ne tippuvat kuljettimen toisesta päästä. Syöttökuljettimen tehtävä on kuljettaa puut ulkoa kohti kuorimoa. Kuljettimen nopeutta säädellään valvomosta tarpeen mukaan. Kuorimarumpu pyörii tiettyä haluttua nopeutta, jossa puu pyöriessään ja hankautuessaan kuoriutuu puhtaaksi. Puusta irronnut kuori erotellaan pois puun joukosta kuorimarummussa olevien kuorireikien kautta kuoriruuville ja siitä kuorenkookojakuljettimelle. Rummun purkauspäässä on portti, jota avaamalla ja sulkemalla vaikutetaan tuotannon määrään, sen nopeuteen ja hakkeen laatuun. Puu putoaa rummun portista purkauskuljettimelle, mikä kuljettaa puut rullaston, kiviloukun ja pätkäaukon yli. Rullaston läpi tippuvat mahdolliset rummusta tulleet kuoret ja ylisuuret jakeet, jotka ohittavat tuotannon ja ajautuvat suoraan voimalaitoksen käyttöön. Kiviloukkuun tippuvat rummusta tulleet mahdolliset kivet. Joskus voi käydä myös niin, että kivi hyppää kiviloukun yli tai pääsee puiden päällä ajautumaan hakkuriin. Tietyn määrämittaiset puut menevät suoraan 1-hakkurin kuljettimelle ja siitä 1-hakkuriin. Ennen jokaista hakkuria löytyy metallinpaljastin, mikä pysäyttää tuotannon metallia havaitessaan. Tämän tarkoituksena on ehkäistä terien vaurioitumista ja metallin ajautumista hakkeen mukana paperin valmistukseen. Kuvasta 2 voidaan havainnollistaa kuorimon prosessi yksinkertaisuudessaan. Lyhyemmät pätkät kulkeutuvat pätkäaukon kautta pätkälinjalle. Pätkälinja vie puut rumpuhakkurille tai 2-hakkurille. Pätkälinja kuljettaa nimensä mukaan puun lyhyempiä katkenneita pätkiä rumpuhakkurille. Pääsääntöisenä pätkähakkurina toimii rumpuhakkuri. 1-hakkurin jälkeen, hake kulkeutuu kiekoseulaan. Kiekoseulassa

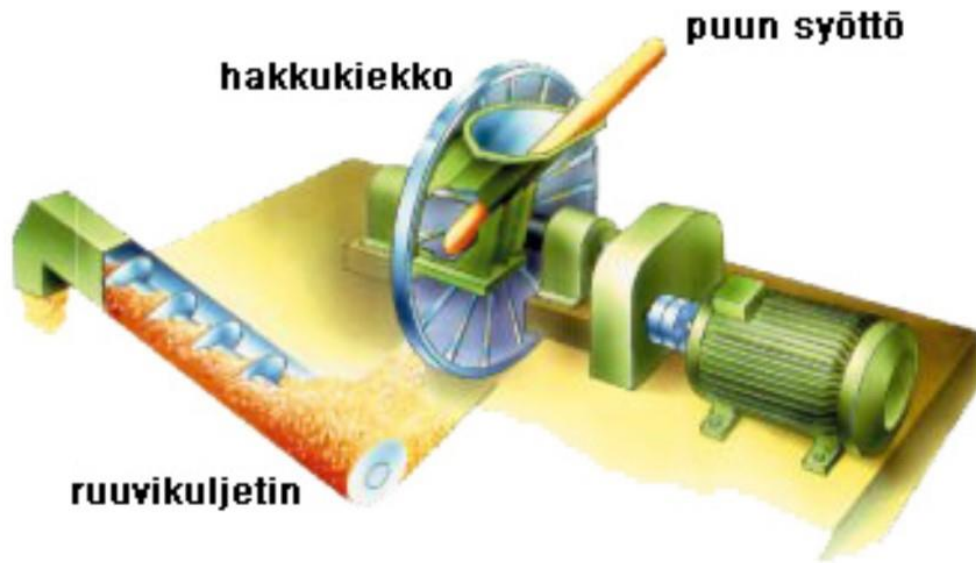
on limittäin niin sanottuja kiekkoja, joiden välistä hake tippuu siiloihin vievälle hakekuljettimelle. Isommat tikut ja ylisuuret jakeet jäävät kiekkoseulan päälle, josta ne kulkeutuvat ja tippuvat tikkutorveen. Tikkutorvi kuljettaa tikut ja ylisuuret jakeet takaisin kuorimoon. Tikkutorvesta kappaleet ajautuvat saostuskuljettimelle ja sitä kautta voimalaitoksen käyttöön. (Puunkäsittelyn esittely, n.d.)



Kuva 2. Yksinkertainen kuvaus kuorimon prosessista (Puunkäsittelyn esittely, n.d.).

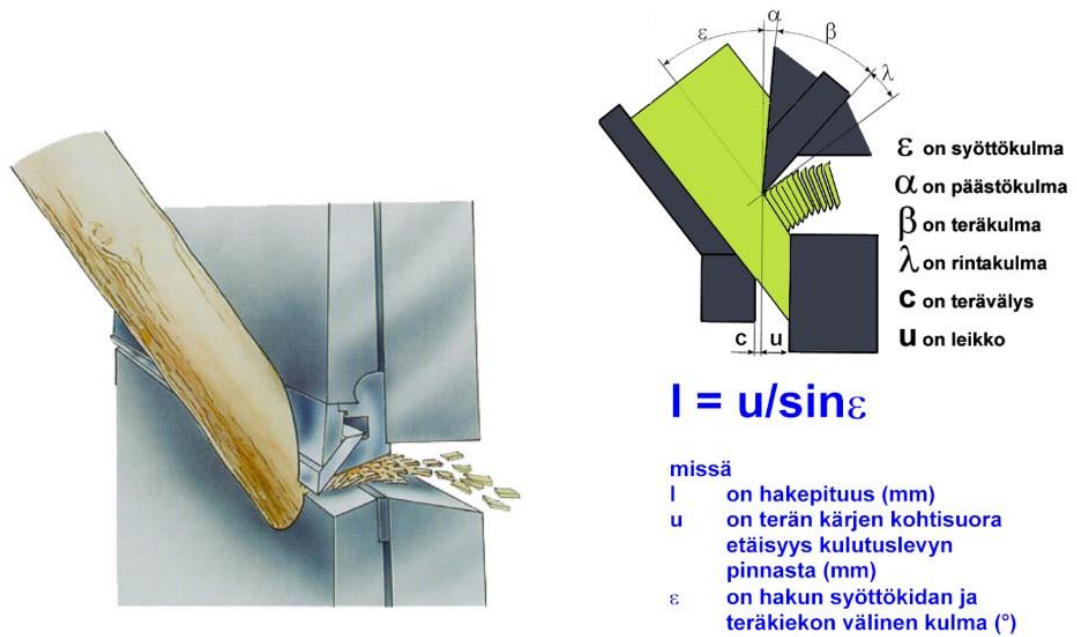
4.1.1 GS 3350 kiekkohakkuri

Kuorimolla toimiva GS hakkuri eli kuorimon päähakkuri on 15 teräinen taakse purkautuva kiekkohakkuri. 15 teräinen hakkukiekkko pyörii ja leikkaa siihen tippuvista puukappaleista hakkeen palasia. Puuta syötetään hakkuriin tasaisesti ja maltillisesti, jotta vältetään hakkurin suppilon ruuhkautumiselta, joka voi johtaa paljon aikaa vieviin purkutöihin. Hake tippuu haketaskussa olevalle ruuvi-kuljettimelle niin kuin kuvasta 3 käy ilmi. Ruuvi kuljettaa hakkeen eteenpäin ja kohti kiekkoseulaa, joka seuloo suuremmat tikut ja ylisuuren jakeen pois ennen siiloihin menemistä. (Puunkäsittelyn esittely, n.d.)

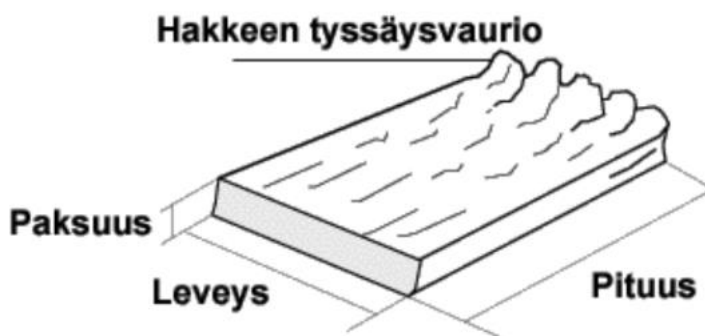


Kuva 3. Taakse purkautuvan kiekkohakkurin toimintaperiaate (puunkäsittelyn esittely, n.d.).

Hakkeen kokoon ja vaikuttaa puun laadun lisäksi myös hakkurin terät. Terien ja vastaterän eli leikon asennot ovat keskeisessä osassa, millaista haketta hakkuri tuottaa. Hakekoko määräytyy pääsääntöisesti hakkurin terien leikkugeometrian mukaan. Kuvasta 4 voidaan havainnollistaa hakkurin terän toiminnan idea. Hakkeessa yksi tärkeistä ominaisuuksista on hakkeen kuidun pituus. Jos kuidun pituus on olematon, ei hake ole hyvää ja käyttökelpoista. Kuvasta 5 nähdään kuvituskuva hakkeen palasesta. Kuvasta nähdään hakkeen tysesäsvaurio, joka on muodostunut hakepalaseen haketuksesta. (Puunkäsittelyn esittely, n.d.)



Kuva 4. Hakkurin terän toiminta (Puunkäsittelyn esittely, n.d.).



Kuva 5. Hakepalanen (Puunkäsittelyn esittely, n.d.).

Hakkurien terät vaihdetaan säännöllisesti kahdesti viikossa, hyvän hakelaa-
 dun säilyttämiseksi ja tuotannon sujuvuuden vuoksi. Hakkurien terät tulee
 myös vaihtaa, jos hakkuriin ajautuu kivi, joka vahingoittaa teriä. Jotta näiltä
 kivien aiheuttamilta vahingoilta vältyttäisiin, ennen 1-hakkuria on sijoitettu kivi-
 loukku. Kiviloukku ehkäisee huomattavan paljon kivistä aiheutuneita vahin-
 koja. Kuorimolla sijaitsee yksi kiviloukku, minne suurin osa rummista tulleista
 kivistä jää. Huonokuntoiset ja tylsät terät aiheuttavat paljon hävikkiä eli yli-
 suurta jaetta ja tikkuja. Terät hiotaan kuorimon alueella sijaitsevassa terä-
 hiomossa. (Puunkäsittelyn esittely, n.d.)

4.1.2 Hydrostaattinen kuorimarumpu

Rauman kuorimolla on kolme kuorimarumpua. 1-rumpu, 2-rumpu sekä 3-rumpu. Kuorimarummun tarkoituksena on kuoria puu haketuskelloseksi ja erottaa kuori pois puuvirrasta. Samalla kuoren mukana poistuu mahdolliset pienet kivet sekä hiekka. Rummussa on kauttaaltaan paljon pieniä aukkoja, joista kuori ja muut ylimääräiset partikkelit tippuvat kuorikuljettimelle. Kaikki kuorintarummut ovat hydrostaattisesti kannatettuja. Hydrostaattisesti kannatettu tarkoittaa, että rumpu pyörii hyvin ohuen 0,2 mm paksuisen öljykerroksen kannattelemana. 1-rumpu on 35 metriä pitkä ja sen halkaisija on 5,5 metriä. 1-rumpu toimii kuorimon päärumpuna. 2-rumpu on 30 metriä pitkä ja halkaisijaltaan 5,0 metriä. 2-rummulla ajetaan vain, jos katkaisulaitos on ajossa. Talvisin suoritetaan niin sanotusti märkäkuorintaa ja kesäisin kuivakuorintaa. Talvisin rumpuun ajetaan lämmintä vettä, joka sulattaa kuorta ja puuta, jotta kuori irtotaisi paremmin. Kesäisin tälle toimenpiteelle ei ole tarvetta. Hakkeen sisältäessä paljon kuorta, vaikuttaa se suuresti paperin laatuun sekä vaaleusasteeseen. Tämän vuoksi kuorinta on suoritettava maltillisesti, että puut tulevat kuorimarummusta kuoresta puhtaana ulos. Tavoitteena on täydellinen hakelaatu, ei suuret suoritettut kuorinta määrät. (Puunkäsittelyn esittely, n.d.)

1-rumpuun ajetaan puut ulkoa syöttökuljettimen kautta, kun taas 2- ja 3-rum-puihin puut tulevat katkaisulaitokselta. Ajot suoritetaan aina 1-rummulla, mutta joskus kun tuotannon määrää joudutaan lisäämään tai ei pystytä ajamaan 1-rummulla, otetaan katkaisulaitos ajoin. 2-rummun puut tulevat 1-rummun purkauskuljettimelle ja siitä eteenpäin samaa reittiä kuin 1-rummun puut. 2- ja 3-rumpujen puut ovat 1,5 metrin määrämittaan katkaistuja, eli suurin osa päätyy pätkehakkurille 1-hakkurin sijasta. 3-rummulla ajettaessa puut menevät aina pätkehakkuriin tai 2-hakkuriin. 3-rummulla ajettaessa, otetaan yleensä 2-hakkuri käyttöön, ettei pienemmän kapasiteetin omaavan pätkehakkurin kuormitus olisi niin äärimmäinen. (Puunkäsittelyn esittely, n.d.)

Kuorimarumpu pyörii valvomosta määritettyä nopeutta. Maksimi rummun pyörimisnopeus on 6,5 kierrosta minuutissa. Rummun pyörimisnopeutta rajoitetaan pienemmäksi yleensä silloin kun ajetaan tukkia, eli puu on huomattavasti

suurempaa halkaisijaltaan. Puun kuorinta-asteeseen vaikuttavat monet erilaiset tekijät, kuten edellä mainittu tukkiajo. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat puun laatu eli puun tiheys, tuoreus, pituus ja laatu. Myös rummun täyttöaste ja pyörimisnopeus ovat tärkeässä roolissa kuorinnan onnistumisen kannalta. Nämä kaikki edellä mainitut tekijät vaikuttavat myös työssä käsiteltävään hävikin määrään ja tekee rummuista yhden hävikin kohteen. Jos puu pyörii rummussa liian kauan, se alkaa hajoamaan pieniksi tikuiksi ja ylisuureksi jakeeksi, jolloin sitä kulkeutuu kuoren mukana polttoon. Kuorenkokoajakuljettimella on puunhäviömittaus, joka kertoo, kuinka paljon kuoren seassa on puuainesta. Mittauksen avulla kuorimonhoitaja pystyy ajotyylillään vaikuttamaan puuaineksen määrään kuoren joukossa. (Puunkäsittelyn esittely, n.d.)

4.2 Puiden varastointi

Tehtaalle saapuu päivittäin vaihtelevia määriä puuautoja, jotka puretaan kurottajatruckin kanssa autojen kyydistä. Kaikki tehtaalle saapuva puu varastoidaan puukentälle, jos ne eivät mene suoraan tuotantoon käyttöön. Kuorimon puukentän kiertonopeus on määritelty 12 kertaa vuodessa. Tämä tarkoittaa sitä, että puiden tulisi vaihtua kerran kuukaudessa. Tällä tavoin vähennetään puun ylimääräistä ja liiallista oleskeluaikaa ulkona, mikä vaikuttaa puun laatuun negatiivisesti. Talvisin suoritetaan kylmävarastointia. Kylmävarastoinnissa puun tulee olla talvikaatoista ja varastointi tapahtuu niin, että puu on vielä kesälläkin jäässä pinojen keskeltä. Kylmävarastoinnilla saadaan säilytettyä puun kosteus aina kesään asti, kunnes varastoa aletaan purkaa ja käyttää tuotannossa. (Varastointi tehdasalueella, n.d.)

Puun laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat myös kesällä suoritettava kastelu, joka estää kuusessa tapahtuvan laatumuutoksen. Kuorimon kastelujärjestelmä on rakennettu niin, että yhdenkään puun ei pitäisi jäädä kastelualueen ulkopuolelle. On myös tärkeää tietää, miten puut tulee sijoittaa kentälle niin, että ne jäävät kastelun tavoiteltavaksi. Kastelun tavoitteena on säilyttää puun kosteus ja vaaleus. Puu ei saisi päästä kuivumaan eikä tummumaan, mikä taas vaikuttaisi negatiivisesti paperin laatuun. Jos kastelua tapahtuu liian vähän,

sinistäjä sienet alkavat tehdä tuhojaan puulle. Sinistäjä sienet aiheuttavat puun tummumista ja sinistymistä, mutta eivät varsinaisesti lahota puuta. Liian pitkäaikainen kastelu tai suuren kasteluveden määrä lisäävät havupuille tyypillisen tanniinivärjäytymisen riskiä. Tanniinivärjäymiä on hankala poistaa valkaisussa, mikä on todella iso haitta mekaanisen massan valmistuksessa. (Varastointi tehdasalueella, n.d.)

4.3 Kuorilinja

Kaikki rummusta tulleet kuoret, seulomosta tuleva puru, rullastosta tippuvat ylisuuret jakeet sekä 1-hakkurin tikkutorvesta tulleet tikut päätyvät samalle kuorenkokoojakuljettimelle. Kuorensaostuskuljetin tuo tikut ja kanaaliin ajatut ylisuuret jakeet sekä roskat kuorenkokoojakuljettimelle. Kokoojakuljettimelta kuori ajetaan kuoren repijään. Repijän tarkoituksena on murskata kuori, jotta sen jatkokäsittely helpottuu. Murskaus edistää kuoren kuljetettavuutta, eikä se aiheuta niin runsaasti ongelmia tuotannossa. Kuoren mukana murskautuu myös kaikki mahdollinen puuainees, joka edesauttaa tasaisen puristus-paineen tavoittamista kuoripuristimissa. Myös käytettävyys ja poltto-ominaisuudet parantuvat. (Puunkäsittelyn esittely, n.d.)

Repijässä murskattu kuori kulkeutuu kuoripuristimille. Kuorimolla on käytössä kaksi samanlaista kuoripuristinta. Kuoripuristimen tarkoituksena on puristaa kuoresta mahdollisimman paljon vettä pois, jotta sen kuiva-ainepitoisuus olisi vähintään 40 %. Jos kuiva-ainepitoisuus on alle 35 % kuori ei enää pala. Kuoren puristustehokkuuteen vaikuttavat monet erilaiset tekijät. Heikentäviä tekijöitä ovat muun muassa liian paksu kuorikerros, liian alhainen paine sekä liian lyhyt viipymisaika puristuksessa ja epätasainen puristus-paine. Kuoripuristimien jälkeen kuori kuljetetaan hihnakuljettimilla kuorikasaan, josta se kulkeutuu edelleen voimalaitokselle poltettavaksi. (Puunkäsittelyn esittely, n.d.)

4.4 Katkaisulaitos

Katkaisulaitos on nimensä mukaan laitos, missä puut katkaistaan määrämittäiseen 1,5 metrin pituuteen. Kurottajakuljettaja tuo puita katkaisulaitoksen vastaanottokuljettimelle. Vastaanottokuljettimelta puut ajetaan katkaisulaitoksen hoitajan toimesta kiramokuljettimelle. Kiramokuljettimella pyritään säätämään maltillisesti puun määrää seuraavalle kuljettimelle, joka on katkaisukuljetin. Puita kuljetetaan kuljettimelta toiselle kohti teriä, jotka leikkaavat puut. Katkaisukuljettimella on viisi suurta terää, jotka leikkaavat puut määrämittaen. Katkaisukuljettimelta puut putoavat kuorimolle johtavalle hihnakuljettimelle. Puut kulkevat hihnakuljetinta pitkin kuorimolle 2- tai 3-rumpuun. Katkaisulaitoksessa on kaksi katkaisulinjaa. Katkaisulaitos 1 kuljettaa puita ainoastaan 3-rumpuun. Katkaisulaitoksen toinen linja kuljettaa puita joko 2-rumpuun tai 3-rumpuun tarpeen mukaan.

4.5 Seulomo

Kuorimon kolme hakesiiloa sijaitsevat seulomon yläpuolella. Kuorimolle saapuu myös säännöllisesti sahatuhaketta, muualta ostettuna. Hakkeen matka jatkuu hakesiiloista kohti seulomoa. Seulomossa on kaksi samanlaista seulaa, TMP3 hakeseula sekä TMP4 hakeseula. Seulot seulovat hakkeen kahdessa eri vaiheessa. Ensin haketuksesta syntynyt puru erotetaan hakkeesta puruseulonnalla ja sen jälkeen hake menee paksuusseulalle. Puruseula nimensä mukaan seuloo hakkeen seasta muutamasta millistä pienemmät lastut ja purut pois, jotka kulkeutuvat voimalaitokselle polttoon. Paksuusseula erottaa ylisuuret hakkeet pois, joiden koko ylittää 45 mm. Nämä ylisuuret hakkeet, tikut ja sälppeet ajetaan seulomossa olevaan tikkuhakkuriin, joka hakettaa isommat kappaleet uudestaan. Näin saadaan mahdollisimman tasalaatuista haketta eteenpäin jatkoprosessia varten. Seulonnan läpimenoaika on suhteellisen pieni riippuen hakkeesta, muutamista sekunneista kymmeneen sekunteihin. (Puunkäsittelyn esittely, n.d.)

5 LEAN SIX SIGMA - DMAIC

5.1 DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmä

DMAIC-prosessi on keskeinen osa Lean Six Sigmaa. DMAIC on viisivaiheinen ongelmanratkaisutapa, jolla halutaan parantaa prosessien suorituskykyä. Tri Mikel J. Harryn kehittämästä prosessista voidaan puhua jopa läpimurtostrategiana, jonka loogisella etenemisstrategialla saavutetaan ongelman juurisyys. Menetelmästä löytyy viisi eri vaihetta, jotka ovat: Define – määrittelyvaihe, measurement – mittaus, analysis – analysointi, improvement – parannus ja optimointi sekä control – ohjaus ja valvonta. (Karjalainen & Karjalainen, 2002, s. 43)

DMAIC-malli eroaa hyvin paljon normaaleista ongelmaratkaisumenetelmistä. Ongelman mittaaminen toteutetaan DMAIC-mallissa aina siten, että pystytään ymmärtämään sekä todistamaan ongelma, eli jätetään olettamukset kokonaan pois. Prosessia toteuttaessa ei saa myöskään unohtaa ulkoisia asiakkaita. Ulkoisten asiakkaiden tärkeys ja huomiointi säilyy, vaikka keskityttäisiin esimerkiksi vain prosessien kustannuksiin ja niiden leikkaamiseen. Kun ongelmaa määritellään ja todistetaan konkreettisesti oikeaksi, niin sama pätee syihin. Syy tulee myös todistaa oikeaksi, faktoilla ja kerätyllä datalla. Prosessin avulla luovutaan myös vanhoista tavoista eli vältetään vain pienten muutosten tekemistä vanhaan prosessiin ja luodaan jotain uutta ja innovatiivista, joka kestää. Prosessissa oleellista on myös ratkaisujen testaaminen ja kehittäminen. On tärkeää kerätä konkreettista faktaa ja dataa ratkaisujen toimivuudesta. Uusia käytäntöjä pitää myös muistaa ylläpitää kehittämällä, tukemalla ja vaalimalla, muutoksen pysyvyyden takaamiseksi. Ilman tätä jokainen kehitetty ratkaisu hiipuu hiljalleen ja palataan takaisin vanhoihin huonoihin tapoihin. (Karjalainen & Karjalainen, 2002, s. 43–44)

5.2 Määrittely

DMAIC-prosessin ensimmäinen vaihe on määrittely. Keskeisin tehtävä määrittelyvaiheessa on parannusta vaativien kohteiden määrittely. Kohteiden määrittelyn jälkeen voidaan hahmotella parannusprosessin tarkoitus ja laajuus. Seuraavaksi kohteesta kerätään mahdollisimman hyvin taustainformaatiota, jotta lähtökohdat työn toteuttamiselle ovat optimit. Määrittelyvaiheen tarkoituksena on aikaansaada määriteltyä selkeät tavoitteet parannuksen suhteen, luoda selkeä ylätasoinen prosessikuvaus jalostusarvosta sekä saada määriteltyä vaatimukset asiakastytyvyyden osalta. Edellä mainittujen asioiden määrittelyä tiimin tulisi mieltä seuraaviin kysymyksiin vastaukset: Minkä asian parissa työskentelemme? Kuka on asiakas ja mitkä ovat asiakkaan vaatimukset? Miten asiat tällä hetkellä hoidetaan ja mitä hyötyjä tulevista parannuksista tulisi olemaan? Jos edellä mainitut kysymykset jäävät kysymättä, parannusprojekti saattaa lähteä ajautumaan väärille urille eikä liiketoimintaongelmia osata lähestyä uudesta ja originaalista suunnasta. (Karjalainen & Karjalainen, 2002, s. 46; Karjalainen & Karjalainen, 2020, s. 227)

5.3 Mittaaminen

Määrittelyvaiheen jälkeen siirrytään mittausvaiheeseen. Mittausvaiheen tavoitteena on validoida ongelman olemassaolo keräämällä siitä mahdollisimman paljon dataa. Mittausvaiheessa voi käydä myös ilmi, ettei ongelma ollutkaan juuri se mitä oli määritelty määrittelyvaiheessa. Tällaisessa tilanteessa täytyy palata takaisin määrittelyvaiheeseen ja hienosäätää tavoitteita uudestaan. Samalla kun osa tiimistä palaa takaisin määrittelyvaiheeseen, alkaa toinen osa selvittämään ongelman juurisyytä. Ennen mittausvaiheen aloittamista, pitää kehittää ja arvioida mittausjärjestelmä, mitattavalle kohteelle. Mittausvaiheessa on tärkeää myös ottaa huomioon mittausjärjestelmän kyvykkyys ja oikeellisuus. On väärin luulla, että tulosten oikeellisuus on 100 %, jos sitä ei olla todistettu ja mitattu. Kaikkia mittauksen vaiheita ja osia tulisi mitata siten, että saadaan tietoon oikeellisuuden todellinen prosentti. Mittausvaiheen tarkoituksena on luoda perusteoria, minkä uskotaan vaikuttavan ja auttavan ongelman

parantamiseen. (Karjalainen & Karjalainen, 2002, s. 47–48; Karjalainen & Karjalainen, 2020, s. 244–245)

5.4 Analysointi

Analyysivaiheessa tarkoituksena on paikallistaa ongelman ydin ja analysoida sitä, mittausvaiheessa kerättyjen tietojen avulla. Siten saadaan luotua hypoteesi eli teoria, joka tullaan vahvistamaan tai kumoamaan datalla ja tilastollisilla analyyseillä. (Karjalainen & Karjalainen, 2002, s. 48–51)

5.5 Parannus ja optimointi

Parannus ja optimointi vaiheen tarkoituksena on kehittää, soveltaa ja testata analyysivaiheessa määriteltyjen juurisyiden ratkaisumalleja. Laadunparantamismenetelmän ydin on, että miten haluttu laatutaso saavutetaan eli miten parannus ja optimointi tullaan toteuttamaan. Syy-seuraussuhteen määrittämisen avulla prosessin suoritusarvoa voidaan ennustaa, parantaa sekä optimoida. Parannusvaiheen tuloksena pitäisi syntyä suunnitelma, jolla ongelma voidaan ratkaista ja mikä on todistettu toimivaksi. (Karjalainen & Karjalainen, 2002, s. 51–52)

5.6 Ohjaus ja valvonta

Viimeinen vaihe käsittelee ohjausta ja valvontaa. Prosessin kyvykkyyden saavuttamisen jälkeen, tulee siirtyä proaktiiviseen ohjaukseen sekä keskittyä parannusprosessin pysyvyyteen. Ohjausvaiheessa tulee kehittää suunnitelma, kuinka saavutetut tulokset tullaan jatkossa ylläpitämään sekä arvioida kaikkia mahdollisia ratkaisuja. Viimeisen vaiheen lopputulemana saadaan muun muassa vastaukset siihen, mitä on saavutettu ja miten se vaikuttaa yrityksen liiketoimintaan. Prosessin uudet seurantajärjestelmät sekä prosessin aikana saadut tulosten dokumentit, uudet opit ja suositukset. (Karjalainen & Karjalainen, 2002, s.52–53)

6 LÄHTÖTILANNE

Hävikki ja laatu on aina ajankohtainen aihe työpaikasta riippumatta. Hävikkiä syntyy lähes jokaisella työpaikalla ja laatu on se mistä ei haluta tinkiä, koska se vaikuttaa negatiivisesti yrityksen imagoon, jos tuotetaan huonolaatuisia tuotteita. Myös hävikin määrää yritetään pitää pienenä, jatkuvasti kallistuvien raaka-aineiden kustannusten takia. UPM Communication Papers on yksi näistä vastuullisista yrityksistä, jotka keskittyvät hyvän laadun tuottamiseen sekä hävikin minimointiin. Eritoten kuorimolla keskitytään ensisijaisesti hakkeen erinomaiseen laatuun. Hakkeen laadulla on suuri merkitys, millaista paperia saadaan valmistettua. Jos hakkeen seassa ajautuu suhteellisen paljon tummaa kuorta, ei paperistakaan voi tulla tasaisen vaaleaa ja sitä joudutaan prosessin edetessä valkaisemaan, mikä vie taas enemmän aikaa sekä rahaa.

On sanomattakin selvää, että kuorimon päähakkurin hakkeen laatu on todella isossa roolissa hakkeen tuotannossa. 1-hakkuri tuottaa suurimman osan kuorimon hakkeesta. Näin ollen hakkeen tulee olla laadukasta päivästä toiseen. Vaikka työssä keskitytään täysin 1-hakkurin tuottaman hakkeen laatuun, vaikuttavat laatuun myös todella paljon kuorimon henkilökunnan operointi ja ajo-tyylit. Päähakkurin tuottaman hakkeen laatua on tutkittu viimeksi vuonna 2014, eli yhdeksän vuotta sitten.

7 TYÖN ETENEMINEN DMAIC-MALLIN MUKAAN

7.1 Työn toteutus

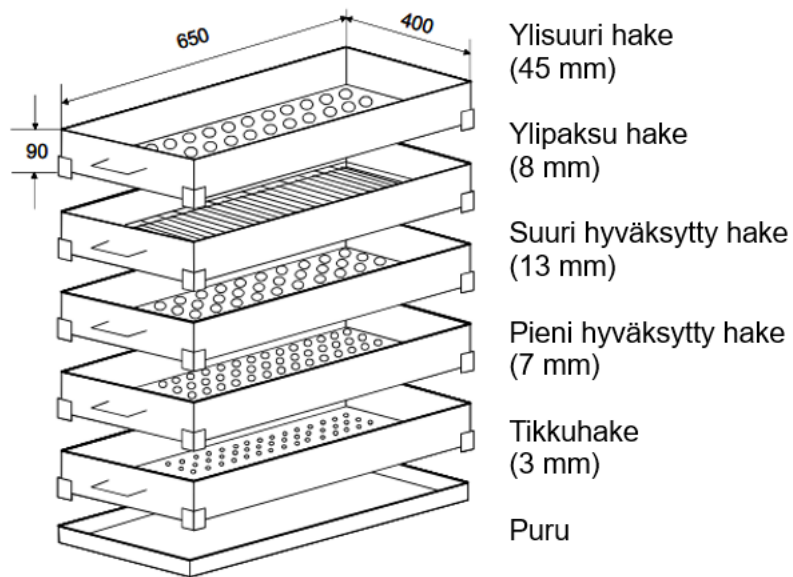
1-hakkurin hakkeen tutkimukset suoritettiin säännöllisten tuotannosta kerättyjen hakeotantojen tutkimisella. Jokainen kuorimolla työskentelevä vuoro keräsi oman vuoronsa alussa kaksi kymmenen litran ämpärillistä haketta, haketuksen aloitettuaan. Tällä tavoin saatiin jatkuvasti ja säännöllisesti näytteitä mitattavaksi. Hakenäyte kerättiin 1-hakkurin jälkeiseltä hakekuljettimelta, ennen

kiekkoseulaa. Näin saatiin mahdollisimman oikeellinen tulos hakkurin tuottamasta hakkeen laadusta jo ennen ensimmäistä seulontaa. Jokaiselta vuorolta kerättiin myös tiedot rummun kuormituksista sekä ajetuista puumääristä, jotta tiedettiin 1-hakkuriin kohdistuneet kuormitukset vuoron aikana. Kaikki kuormitus ei kuitenkaan kohdistu automaattisesti 1-hakkuriin, sillä osa puista ajautuu myös pätkähakkurille. Otannat suoritettiin 04.11.2023-02.12.2023 välisenä aikana. Näytteiden paljous ja tutkimustulosten toistuvuus antoi selkeää varmuutta ja uskottavaa dataa hakkeen laadusta.

Päätutkimuksen ohella suoritettiin myös puruseulontaa, tutkimusten loppuvaiheessa. Purunäytteet haettiin seulomosta TMP3 ja TMP4 hakeseuloilta, heti puruseulan jälkeen. Näytteiden hakeminen ja seulonta tapahtui satunnaisesti aina kun haketta kulki ja seulontaa tapahtui. Näytteitä kerättiin yhteensä kymmenen kappaletta kummaltakin puruseulalta.

7.2 Mittausvaihe

Hakenäytteet sekä purunäytteet seulottiin kuorimolta löytyvän tasoseulan avulla. Tasoseula on laite, joka automaattisesti seuloo ja lajittelee hakkeen, hakkeen koon ja paksuuden mukaan. Koneen sisällä on laitteisto, mikä liikuttaa päällekkäin olevia laatikoita edestakaisin, jotta hake liikkuu ja lajittuu laatikoihin. Kuvasta 6 näkee hyvin tasoseulan idean ja laatikostot, joihin hake tippuu ja lajittuu. Tasoseula sisältää kuusi eri tasoa, missä jokaisella on oma määrämittänsä, minkä kokoiset hakkeet eivät enää tipu seuraavalle tasolle. Seulassa on määritelty ajastin kymmenen minuutin ajaksi, päälle laittamisesta. Näin seula pysähtyi aina kymmenen minuutin jälkeen. Arvioitiin, että kymmenen minuutin seulonta tasoseulalla vastaisi teholtaan seulomossa olevien seulojen tasoa. Seulomon seulassa hakkeen viipymisaika on huomattavasti pienempi, mutta tehot huomattavasti suuremmat.



Kuva 6. Tasoseulan kuusi eri tasoa ja niiden mitat, joihin hake lajittuu koon mukaan. (Kemesta, 2001, s. 2).

Ensimmäisenä löytyy ylisuuren hakkeen seula eli kaikki yli 45 mm kokoiset kappaleet jäävät tälle tasolle. Seuraava seula on paksusseula, jonka pitkittäiset esteet mahdollistavat vain alle 8 mm paksuisen jakeen läpipääsyn. Näitä kaksi ensimmäistä tasoa kutsutaan ylisuureksi jakeeksi, mikä luokitellaan hävikiksi. Kolmannessa seulassa on 13 mm halkaisijaltaan olevat reiät, johon jää kaikki suurin hyväksytty akseptija. Neljännelle tasolle jää alle 13 mm, mutta yli 7 mm jae eli pienin hyväksytty hake. Nämä molemmat tasot luokitellaan akseptiksi. Viimeiset kaksi tasoa ovat niin sanottua hienojaetta, eli jo niin pientä ja hienoa, ettei sitä voi enää kuiduksi kutsua. Viidenneltä tasolta löytyy alle 7 mm pieni tikkujae mutta vielä hieman purusta isompaa. Viimeisenä löytyy umpipohja, minne tippuu kaikki alle 3 mm kokoiset purut. Kaksi viimeistä tasoa ovat myös hävikiksi luokiteltavia.

Seulontavaiheen jälkeen, jokaisen laatikon sisältö siirrettiin ämpäreihin mahdollisimman tarkasti. Samoin jokaisen ämpärin sisältö punnittiin ja saadut tiedot siirrettiin Excel-taulukkoon. Excel-taulukosta käy ilmi jokaisen laatikon sisällön määrä grammoina, kaavat, jotka laskivat prosentuaalisen osuuden, rummun kuormituksen sekä kuinka paljon puuta on tuotannon läpi mennyt

edellisessä vuorossa. Puruseulonta tapahtui täysin samalla tavalla. Taulukoon syötettiin määrät grammoina, josta saatiin prosentuaaliset osuudet sekä tiedot hiertämön sen hetkisestä tuotannosta. Hiertämön tuotannon määrä kertoo, kuinka paljon haketta TMP, sillä hetkellä silloista ottaa. Hakenäytteiden sekä purunäytteiden kokonaispaino laskettiin vasta, kun jokainen näyte oli erikseen punnittu. Hävikkiä syntyi myös mittausten aikana vaihtelevasti noin 1–4 %, jos prosentuaaliset osuudet olisi laskettu alkupunnituksen mukaan. Tämä kävi ilmi ensimmäisten mittausten aikana ja tehtiin päätös, että lasketaan tulos näytteiden yhteistuloksesta loppupunnituksesta. Tällä tavoin tulosten oikeellisuus olisi varmempaa.

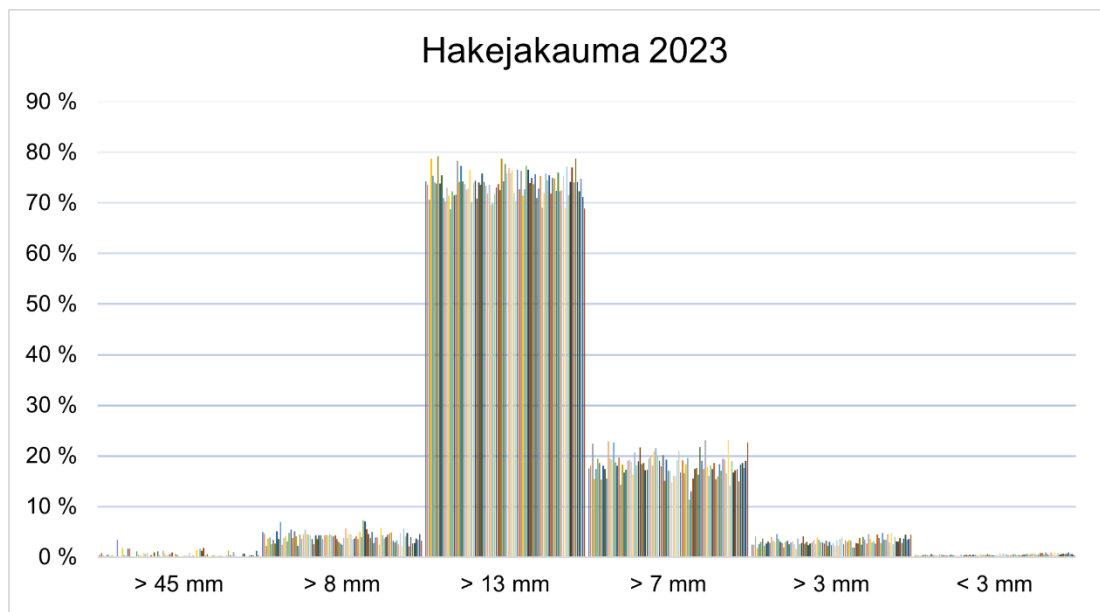
7.3 Tulokset, niiden analysointi ja jatkotoimenpiteet

Pohjimmaisin syy lähteä tutkimaan 1-hakkurin hakelaatua, oli se, että haluttiin saada selville hakkurin tuottamien ylisuurien tikkujen ja jakeiden määrä sekä samalla selvittää, mitkä vaikuttavat niiden syntymiseen 1-hakkurissa. Tulosten tarkastelun aloitettua huomasi nopeasti niiden tasaisuuden. Yksikään mitaustulos ei ollut samanlainen, mutta tulosten prosentuaaliset osuudet olivat suhteellisen samanlaisia jokaisessa määritellyssä hakekoossa. Ylisuurien jakeiden ja tikkujen määrä oli myös todella alhainen koko tutkimusten ajan. Tutkimusten puolivälissä tehtiin havainto, että ylisuurien jakeiden hävikin kohde olikin muu ja ajautuivat toista reittiä hävikkiin. Kuorimarummusta tulleet ja rullastoon tippuvat tikut, kuoret sekä ylisuuret jakeet päätyvät saostuskuljettimen kautta voimalaitoksen kuorikasalle. 1-hakkurin tulosten tasaisuuden takia lähdettiin tutkimaan seulomon seulomaa purua. Tutkimustulokset, jotka saatiin purun seulonnasta, olivat yllättäviä.

7.3.1 Hakejakauma

Alla oleva kaavio 1 näyttää suoritettujen 1-hakkurin tutkimustulosten hakejakauman. Taulukosta voidaan nähdä selkeästi, miten hake on jakautunut. Ehdottomasti positiivisin havainto oli, että akseptien eli 13 mm ja 7 mm määrät olivat suurimmat osuudet kokonaisuudesta. Pelkästään tällä taulukolla

voitaisiin jo todeta, 1-hakkurin tuottaman hakkeen laadun olevan erinomaista. Taulukosta 1 löytyy tarkemmat määritetyt prosentuaaliset osuudet jokaiselle lajille. Yli 45 mm kokoisten osuus oli vain 0,48 % ja ylipaksun 8 mm 4,01 %. Akseptin eli 13 mm oli 73,78 % ja 7 mm osuus 18,14 %. Hienojakeiden osuudet olivat 3 mm 3,12 % ja purun määrä 0,47 %.



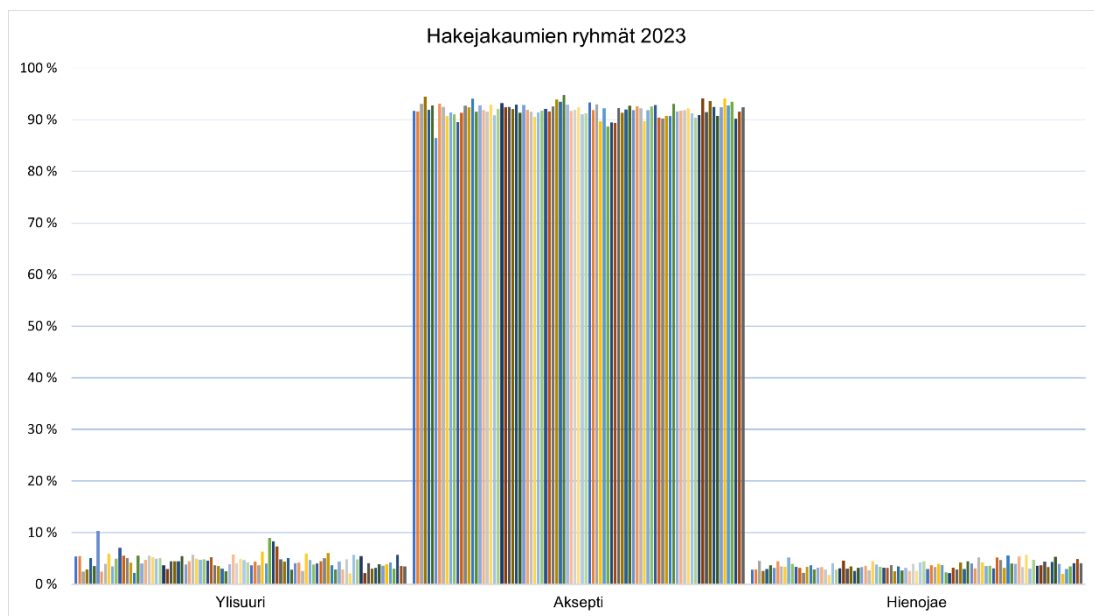
Kaavio 1. Hakejakaumat koon mukaan.

Taulukko 1. Päähakkurin tutkimustulosten prosentuaaliset mittaustulokset.

> 45 mm	> 8 mm	> 13 mm	> 7 mm	> 3 mm	< 3 mm
0,48 %	4,01 %	73,78 %	18,14 %	3,12 %	0,47 %

Kaaviosta 2 näkee ylisuuren, akseptin sekä hienojakeen jakaumat kokonaisuudessaan. On erittäin selkeää, että pienimmät prosentit löytyvät ylisuurelta ja hienojakeelta, mikä on erittäin toivottu lopputulos kuorimolle. Taulukko 2:een on lisätty tämän tutkimustuloksen lisäksi myös vuoden 2014 suoritettujen hakeseulontojen tulokset vertailun vuoksi. Akseptin hakkeen osuus tutkimustulosten mukaan on keskiarvoltaan 91,92 %, ylisuuren 4,49 % ja hienojakeen 3,59 %. 2014 suoritettujen 1-hakkurin hakkeen seulonnasta tuli seuraavanlaiset tulokset: ylisuuri 5,7 %, aksepti 90,6 % ja hienojake 3,7 %. On yllättävää huomata, että yhdeksän vuoden jälkeen, hakkeen laatu on parantunut, vaikka hakkurille ei ole suoritettu suurempia remontteja tai kunnostuksia. Tämä oli

ehdottomasti positiivinen havainto, johon olemme olleet tyytyväisiä. Aina on tietysti syytä parantaa ja hyvinkin mahdollista, että akseptin prosenttia voidaan saada vieläkin korkeammalle. Tämä vaatisi huomattavasti laajempaa tutkimusta 1-hakkurin parissa, paljon koeajoja ja parannusehdotusten kokeilua.



Kaavio 2. Hakejakaumien ryhmät ja niiden prosentuaaliset osuudet.

Taulukko 2. Vertailussa 2023 ja 2014 suoritettujen seulontojen mittaustulokset.

	Ylisuuri	Aksepti	Hienojae
2023	4,49 %	91,92 %	3,59 %
2014	5,7 %	90,6 %	3,7 %

7.3.2 Tukkiajo

1-hakkurin haketuloksista kävi ilmi yksittäistapauksella, että mahdollisesti isomman määrän lumppi sekä tukkiajot, vaikuttaisivat negatiivisesti hakkurin terien kuntoon. Onhan se aina ollut tiedossa, mutta nyt oli hyvä hetki saada siitä konkreettisia tutkimustuloksia. Lumpit sekä tukit ovat huomattavasti paksumpaa kuin ranka, jolloin terien kuormitus hetkellisesti kasvaa moninkertaisesti verrattuna rankapuun kuormitustasoon. Terät menivät ensimmäisen tutkimusviikon tukkiajon jälkeen todella huonoon kuntoon, jolloin ylisuuren jakeen sekä ylipaksun osuudet kasvoivat yli 10 %:iin vaikka tulosten arvo näillä

ylisuurilla on ollut 2–5 %:n luokkaa. Tämä kävi ilmi kuitenkin vain kerran ensimmäisellä viikolla, neljän viikon tutkimusten aikana. Seuraavien viikkojen aikana samanlaista notkahdusta ei enää tapahtunut. Keskusteltuani erään kuorimon työntekijän kanssa kävi ilmi, että toisen viikon tukkiajon tukit olivat olleet todella huonokuntoisia. Näin ollen puu oli ollut todella pehmeää, eikä se ole päässyt kuormittamaan hakkuria samalla tavalla kuin hyväkuntoinen puu. Muiden viikkojen tukki- sekä lumppiajot ovat olleet myös sen verran alhaisemmat määrällisesti, etteivät ne ole päässeet kuormittamaan teriä samalla tavalla. Vaikka tulos olikin vain kertaluontoinen, eikä toista vastaavaa tulosta saatu näiden tutkimusten aikana, on se mielestäni huomioitavaksi otettava asia.

Tällä hetkellä kuorimolla on käytäntö, jolloin tukit ja lumpit ajetaan omana päivänään kerran viikossa. Tämä tarkoittaa sitä, että suurin kuormitus terille tapahtuu yhden tai kahden vuoron ajan, jolloin terien kunto saattaa heikentyä huomattavasti, riippuen tukkien sekä lumppien määrästä, ajotavasta ja puun laadusta. Tukit ja lumpit ajetaan erikseen rangasta, jotta nämä huomattavasti suuremmat puut eivät hajottaisi seassa olevia ohuempia rankapuita. Suuret tukit murskaavat rangan, josta muodostuu ylisuurta jaetta ja suuria tikkuja. Tämä tarkoittaisi sitä, että hävikkiä syntyisi entistä enemmän, koska suurin osa näistä ylisuurista jakeista ajautuisi rullaston kautta kuorilinjalle.

Jos oletetaan, että jokaviikkoinen tukkiajo olisi runsas ja aiheuttaisi terien kunnossa huomattavaa heikentymistä, voisi sen ajankohtaa siirtää lähemmäs terien vaihtoa. Terien vaihtopäiviä ei ole kannattavaa siirtää, mutta tukkiajon ajankohtaa voisi siirtää terien vaihtoa edeltävälle päivälle. Pitää ottaa myös huomioon se, että kuinka paljon valmiiksi tylsistyneet terät aiheuttavat vaikeuksia tukkiajossa. Tämä olisi hyvä jatkotarkastelun kohde, missä mitattaisiin ja kokeiltaisiin tukkien ajopäivän siirtämistä terien vaihtoa edeltävälle päivälle tai jopa vastaavasti heti terien vaihdon jälkeen. Pitäisi saada vastaus siihen, että miten hyvin käytössä olleet terät jaksaisivat hakettaa vielä tukit sekä lumpit ennen terävaihtoa ja millaista hakelaatu olisi. Vai olisiko hakelaadun kannalta parempi ratkaisu hakettaa tukit ja lumpit heti terävaihdon jälkeen. Miten paljon terät vaurioituisivat tästä tavasta ja miten paljon se tulisi vaikuttamaan rankapuun haketuksen laatuun. Tutkimusta pitäisi suorittaa pidemmän aikaa ja

kerätä samanlaisia hakenäytteitä, terien kunnan arvioimiseksi, jotta voitaisiin löytää optimaalisin vaihtoehto tähän asiaan. Jos edellä mainittuja vaihtoehtoja lähdetään kokeilemaan, on myös huomioitava tämänhetkinen haketustapa eli jatkaa sitä niin kauan, että saadaan siltä osilta tarkempia jatkotutkimustuloksia.

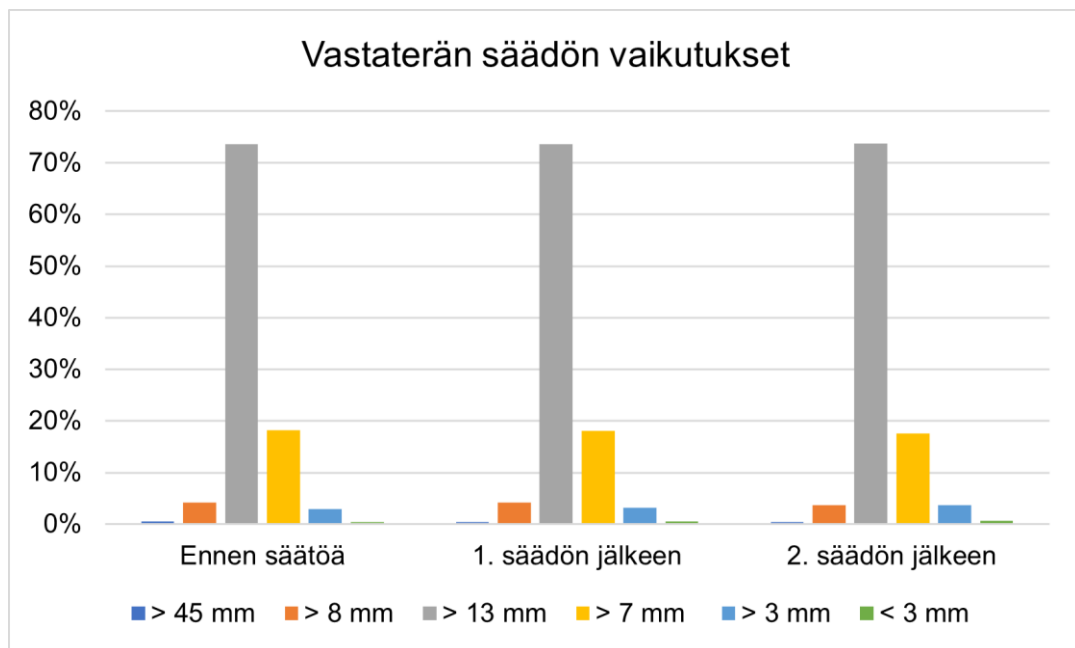
7.3.3 Terävaihdon ja vastaterän säädön vaikutukset

Empiirisen tutkimuksen aikana kerättiin lisäksi tiedot terien vaihdoista, kuorimarummun kuormitusprosentista sekä ajetuista puumääristä. Rummun kuormitusprosentti kertoo, kuinka täynnä rumpu sillä hetkellä on. Yleisin kuormitusprosentti on noin 30–50 prosentin välillä, missä se pyritään pitämään. Ajetut puumäärät ilmaistaan kuutioina. Tutkimustuloksia tarkastellessa voidaan todeta, että kuorimarummun kuormituksilla ja ajetuilla puumäärillä ei ollut merkittävästi vaikutusta 1-hakkurin hakkeen laatuun. Mitkään tulokset eivät antaneet toistuvuutta tiettyjen kuormitusten aikaan tai ajetuille puumäärille. On selvää, että terät kuluvat jatkuvasti haketuksessa, mutta edellä mainitut kuormitukset tai määrät eivät tiettävästi vaikuttaneet terien kunnan suurempaan heikkenemiseen.

Ensimmäisellä viikolla tehtiin kuitenkin havainto, missä huomattiin, että terävaihdon jälkeen hienojakeen määrä olisi lisääntynyt. Pääteltiin, että jos tylsät ja huonokuntoiset terät aiheuttavat ylisuuren jakeen määrää, niin täysin uudet ja terävät saattaisivat hetkellisesti tuottaa enemmän hienojaetta niiden terävyyden vuoksi. Sekään ei kuitenkaan tuottanut sen enempää tulosta tutkimusten edetessä. Tutkimustuloksista mikään ei viitannut mahdollisesti siihen, että uudet terät aiheuttaisivat enemmän hienojaetta.

Tutkimusten aikana tehtiin myös säädöksiä 1-hakkurin vastaterään. Terää säätämällä hakkeen laatuun voidaan vaikuttaa merkittävästikin. Voidaan kuitenkin huomata kaaviosta 3, että vaikutusta vastaterän säädöllä ei ollut. Vastaterää säädettiin kahdesti peräkkäisinä terienvaihtopäivinä. Mikään mittaus-tulos ei antanut näyttöä siitä, että vastaterän säädöllä olisi ollut mitään vaikutusta hakkeen laatuun. Positiivinen havainto oli se, että se ei ainakaan

huonontanut hakkeen laatua, vaan pysyi täysin samanlaisena. Yksikään mitaustulos ei heittänyt yli prosentilla niin kuin taulukosta 3 voidaan havaita, vaan kaikki muutokset olivat todella pieniä. Merkittävimpien tulosten saamiseksi, tulisi suorittaa pidempiaikaisempaa tutkimusta säätämällä vastaterää ja mittamalla hakkeen laatua. Tätä tulisi toistaa niin kauan, että saadaan luotettavia tuloksia hakkeen laadun paranemisesta tai kun huomataan, että terän säädöllä ei ole vaikutusta.



Kaavio 3. Vastaterän säädön vaikutukset hakkeen laatuun.

Taulukko 3. Prosentuaaliset tulokset verrattavissa vastaterän vaikutuksista.

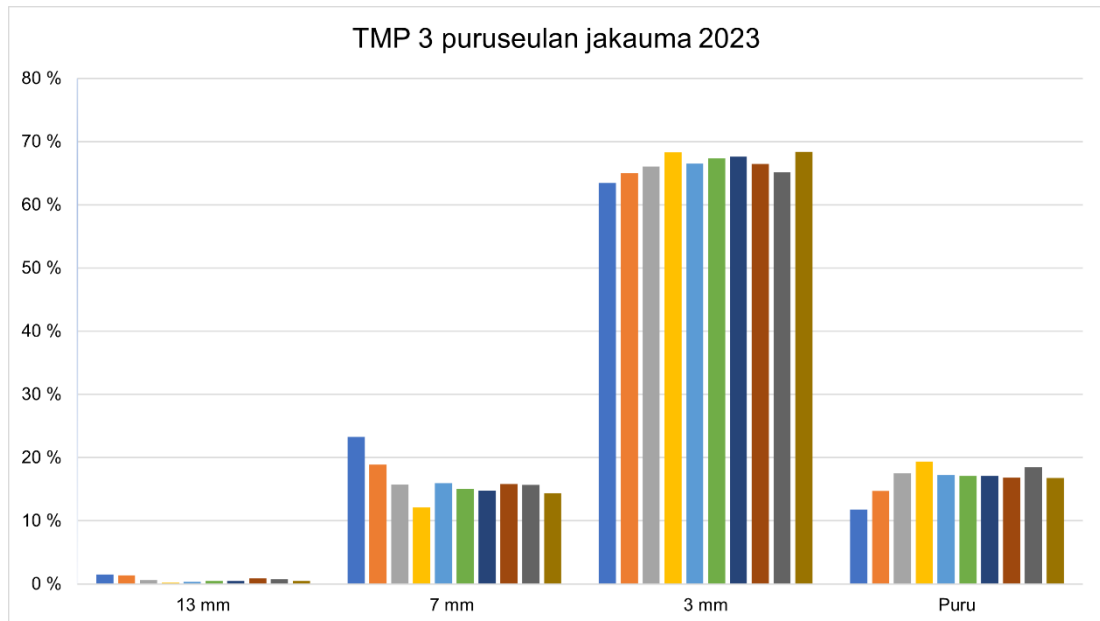
	> 45 mm	> 8 mm	> 13 mm	> 7 mm	> 3 mm	< 3 mm
Ennen	0,57 %	4,19 %	73,67 %	18,23 %	2,94 %	0,41 %
1.	0,36 %	4,13 %	73,68 %	18,12 %	3,21 %	0,51 %
2.	0,40 %	3,67 %	73,75 %	17,58 %	3,73 %	0,67 %

7.3.4 Puruseulonta

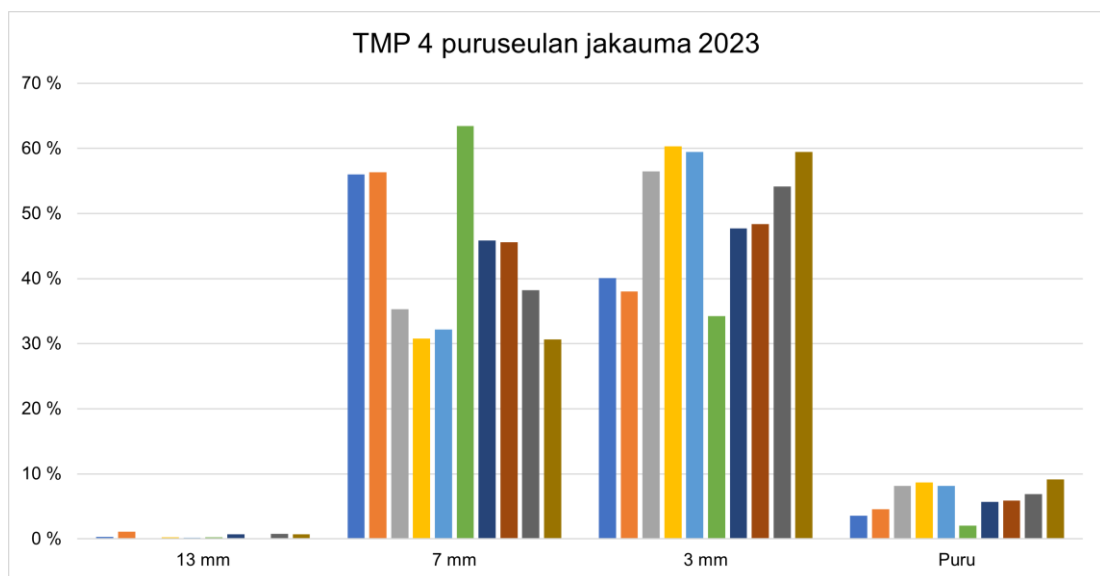
Purunäytteiden tutkimukset toteutettiin kymmenellä otannalla molemmista puruseuloista. Puru haettiin seulomosta ennen purun putoamista kuorimolle vievälle kuljettimelle. Hakkeen seasta seulottu puru kulkeutuu

kokonaisuudessaan sellaisenaan voimalaitoksen kuorikasalle ja sieltä poltoon. Purunäytteen lisäksi kerättiin tieto hiertämön tuotannosta eli kuinka paljon haketta, sillä hetkellä seulottiin ja miten sen vaikutus näkyi näytteiden lopputuloksessa. Ajatus purun tutkimiseen lähti siitä, kun 1-hakkurin hakeseulonoista ei löydetty mitään merkittäviä tai hälyttäviä tuloksia. Lähtökohtaisesti kun puhutaan purusta ja puruseulasta, tulisi sen seuloa ainoastaan pienimmät purut ja tikut hakkeen seasta pois. Näin ei kuitenkaan ollut, mikä herätti huomion oitis. Heti ensimmäisen seulonnan jälkeen saimme huomata, että puruseulan seulomasta purusta löytyi tätä akseptiksi luokiteltavaa yli 13 mm kokoista haketta kummastakin seulan näytteistä. Samoin 7 mm kokoista akseptia oli tullut runsaasti puruseulan läpi, mikä oli aika huolestuttava tieto.

Kaaviot 4 ja 5 kertovat molempien seulojen saatujen tulosten jakaumat. Nopeasti vertaamalla voidaan huomata aika selkeät erot puruseulojen välillä. Viimeisimmän tiedon mukaan, TMP 3 seula on kunnostettu 2017, jolloin tutkimustuloksetkin ovat sen mukaiset. TMP 3 puruseulan tulokset olivat hieman paremmat kuin TMP 4:n. TMP 3 puruseulan tulokset ovat huomattavasti miellyttävämmät ja lähempänä sellaista luokkaa, mitä yritetään tavoitella. Alla olevista kaavioista 4 ja 5 löytyy jokaisen mittauskerran mittaustulokset. TMP 3 tulokset olivat huomattavasti tasaisemmat, kun taas TMP 4 mittauksista ilmeni suurempaa hajontaa tuloksissa. Tuloksista ja hiertämön tuotannon määristä ei löytynyt mitään toistuvuutta tai yhtenäisyyttä, mikä olisi ollut ratkaisevaa tulosten kannalta. Ei siis löydetty selitystä TMP 4 puruseulan tutkimustulosten jakaumasta löytyvään heittelyyn.

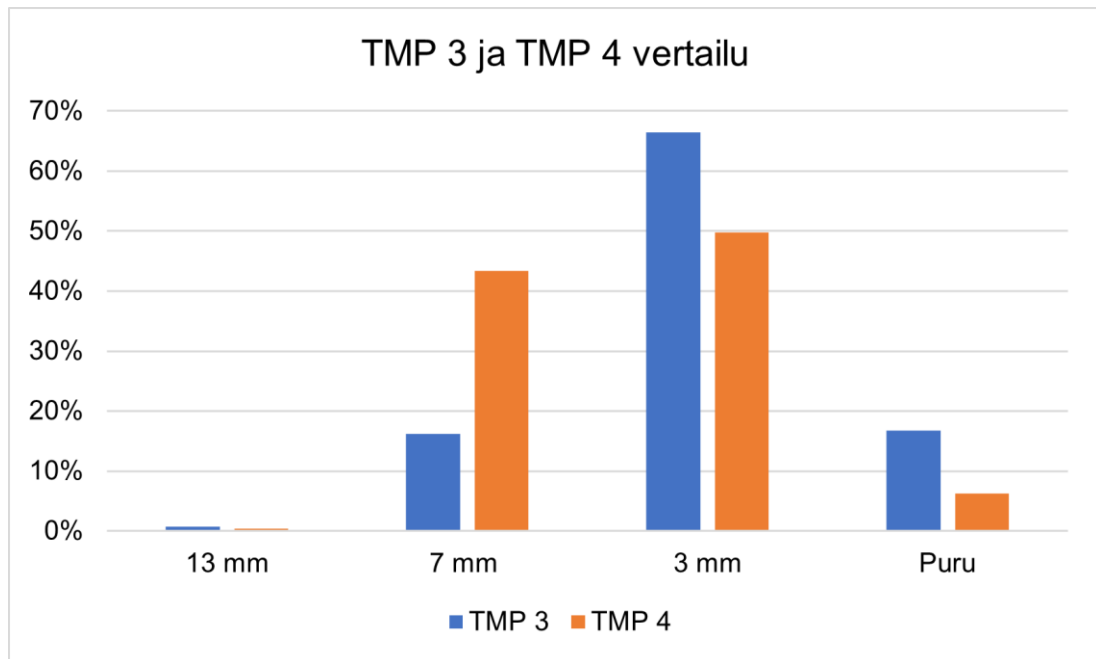


Kaavio 4. TMP 3 puruseulan tulosten jakaumat.



Kaavio 5. TMP 4 puruseulan tulosten jakaumat.

Tulokset tarkempaan vertailuun ottaessa, voidaan huomata selkeät erot TMP 3 ja TMP 4 välillä kaaviosta 6. TMP 3 tulokset 13 mm ja 7 mm osalta ovat siedettävät, mutta aiheuttava kuitenkin hävikkiä todella paljon pitkällä tähtäimellä. On kuitenkin hyvä nähdä, että 3 mm ja purun prosentiosuudet, jotka tulevat ilmi taulukosta 4 ovat huomattavasti korkeammat. TMP 4 puruseulan hävikin määrä kasvaa tuplasti verrattuna TMP 3 puruseulaan. TMP 4 seulo-masta purusta lähes puolet on hävikkiä, eli täysin käyttökelpoista haketta.



Kaavio 6. TMP 3 ja TMP 4 puruseulojen tulokset vertailussa.

Taulukko 4. Prosentuaaliset keskiarvot puruseulonnan mittaustuloksista.

	> 13 mm	> 7 mm	> 3 mm	< 3 mm
TMP 3	0,7 %	16,2 %	66,4 %	16,7 %
TMP 4	0,4 %	43,4 %	49,8 %	6,3 %

Seulomon seulojen purunäytteiden tutkimusten perusteella, tulisi selvittää mistä ja miten akseptiksi luokiteltu hake pääsee puruseulan läpi. Olisi myös vähintään aiheellista jatkaa puruseulojen seuloman hakkeen tutkimista ja selvittää, onko tällä jotain järkevää selitystä. Pidemmällä tähtäimellä voidaan olettaa puruseulojen aiheuttaman hävikin määrän suurenevan, jos ei selvitetä ja korjata ongelmaa. Aiemmin ei olla oltu millään tavalla tietoisia kyseisestä ongelmasta ja ei osattu odottaa tutkimuksista ilmenneitä tutkimustuloksia.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää puunkäsittelyssä päähakelinjalla syntyvän kuituhävikin määrä. Työssä lähdettiin toteuttamaan empiiristä tutkimusta yhdessä muiden kuorimon työntekijöiden avustuksella. Ilman muiden työntekijöiden avustusta, ei tutkimuksesta olisi saatu näin kattavaa, näin lyhyessä ajassa. Mittaustyö toteutettiin itsenäisesti ja säännöllisesti kohdeyrityksessä. Kirjalliset selvitystyöt suoritettiin itsenäisesti yrityksen sisäisiä intranet sivuja hyödyntämällä, kirjallisuutta lukemalla sekä aktiivisella tiedonhauulla. Työn etenemisessä käytettiin apuna Lean Six Sigman DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmää.

Sisältöä työhön lähdettiin määrittämään yhdessä kuorimon esihenkilön kanssa. Määriteltiin mitä halutaan tutkia ja rajattiin tutkimukset sen mukaan. Työhön otettiin matkan varrella myös mukaan toinen tutkimuskohde. Empiirisen tutkimuksen käynnistyttyä, toimin itsenäisesti kirjallista osuutta rakentaen sekä tutkimustuloksia mittailten. Tutkimusten aikana ilmenneitä epäkohtia ja positiivisia huomioita käytiin muutamaaan otteeseen läpi kuorimon esihenkilön kanssa. Näin pystyttiin tekemään hyviä havaintoja jo kesken tutkimusten ja kehittämään ajatuksia uudelle tasolle. Analysointi osuudessa käytiin läpi kaikki mahdolliset tehdyt huomiot ja saadut mittaustulokset.

Kirjallisen selvitystyön tekeminen oli mielenkiintoista ja silmiä avaavaa. Kaksi kesää kuorimolla työskenneltyäni, tuli edelleen ilmi paljon uusia asioita ja paljon jäi vielä opittavaa. Olen erittäin tyytyväinen saamiini tutkimustuloksiin. Oli helpottavaa saada päähakkurin mittaustuloksista niin positiivisia, ettei akuuttia hätää ole. Seulomon seulojen huonommista tutkimustuloksista huolimatta, saatiin selville todella merkittävä epäkohta, mihin tulee reagoida mahdollisimman pian hävikin määrän ehkäisemiseksi. Hävikki tulee aina olemaan osa kuorimon tuotantoa, mutta siihen voidaan aina vaikuttaa ja kehittää parempaan suuntaan.

LÄHTEET

Historia – paperiliitto. (n.d.). Haettu 30.10.2023 osoitteesta <https://www.paperiliitto.fi/rauman-osasto-42/historia.html>

Karjalainen, T. & Karjalainen, E. (2002). Uuden sukupolven johtamis- ja laatumenetelmä. Quality Knowhow Karjalainen.

Karjalainen, E. & Karjalainen, T. (2020). Lean six sigma 2.0 ja laatu teknologia. Quality Knowhow Karjalainen.

Kemesta. (2001). Size distribution. https://www.kemesta.fi/fin/julkaisut/scan-testimenetelmat/scan-c_-cm_ja_-m_-sarja/

Ojasalo, K., Moilanen, T. & Ritalahti, J. (2018). Kehittämistyön menetelmät: Uudenlaista osaamista liiketoimintaan. Sanoma Pro.

Puunkäsittelyn esittely. (n.d.). UPM, Rauman tehdas.

Tapio Pukkila. (05.11.2019). UPM sulkee pysyvästi paperikoneen Raumalla – 179 ihmistä menettää työpaikkansa. Yle uutiset. <https://yle.fi/a/3-11051985>

Turun sanomat. (08.04.2013). UPM:n Rauman paperikone kiinni, 87 menettää työnsä. Turun sanomat. <https://www.ts.fi/uutiset/471389>

UPM Communication Papers kotisivut. Haettu 22.10.2023 osoitteesta <https://www.upm.com/fi/liiketoiminnot/upm-communication-papers/>

UPM Communication Papers. (n.d.). UPM Rauma. <https://www.upmpaper.com/fi/tietoa-meista/missa-olemme/paperitehtaamme/upm-rauma/>

UPM intranet yrityksen sisäiset www-sivut.

UPM. 13.3.2023. Tekoja tulevaan katsoen. <https://user-fudicvo.cld.bz/UPM-Vuosikertomus-2022>

Varastointi tehdasalueella. (n.d.). UPM, Rauman tehdas.