

Tekniikan kandidaatintyö

Kartonkikoneen jauhimien layout-suunnittelu

Lappeenranta 2020

Konsta Hiltunen

TIIVISTELMÄ

LUT-yliopisto
LUT School of Engineering Science
Kemiantekniikan koulutusohjelma
Konsta Hiltunen

Kartonkikoneen jauhimen layout-suunnittelu

Kandidaatintyö 2020
31 sivua, 7 kuvaa ja 0 liitettä
Tarkastaja: Arto Laari
Ohjaajat: Arto Laari, Kimmo Kantanen
Hakusanat: kartonkikone, layout-suunnittelu, suunnittelustandardit

Layout-suunnittelu on olennainen osa suunnittelua. Tämän kandidaatintyön tavoitteena oli selvittää, kuinka prosessin layout-suunnittelu toteutetaan suunnittelutoimiston pääsuunnittelijan näkökulmasta.

Jauhatus on tärkeä osa kartongin valmistusta, koska sillä voidaan muokata lopputuotteen ominaisuuksia. Kirjallisessa osassa perehdyttiin kartonkikoneen eri osa-alueisiin ja massan jauhatukseen sekä tutustuttiin suunnittelustandardeihin ja layout-suunnitteluun. Työssä on tarkasteltu uuden jauhimen sijoitusta kartonkikonelinjalle sekä suunnitteluun liittyviä standardeja. Suunnittelustandardit ovat yhteisesti hyväksytyjä määritelmiä, mitkä helpottavat suunnittelutyötä. Tärkeimpiä standardeja laativat Suomen Standardisoimisliitto SFS ry sekä PSK Standardisointi, mutta myös suunnittelutoimistoilla voi olla omia ohjeita layoutin laadintaan. Standardit käsittelevät muun muassa kulkureittejä ja työtasoja, putki- ja kaapelireittejä, sähkötiloja sekä turvallisuutta.

Tämä työ on tehty yhteistyössä suunnittelu- ja konsultointiyhtiö AFRYn kanssa. Työssä on hyödynnetty MS Visio-ohjelmaa layout-suunnitelman laatimisessa. Esimerkkikohteena tarkastellaan erään kartonkikoneen jauhimen layout-suunnittelua. Tässä työssä sijoitetaan uusi jauhin ja tarkastellaan jauhimen sijoitukseen vaikuttavia tekijöitä, kuten jauhimen kokoa, lattian kantavuutta sekä uusia putki- ja kaapelireittejä. Suunnittelussa huomioidaan myös standardien määrittelemät seikat.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	1
1. JOHDANTO	3
2. KARTONKIKONE	4
2.1 Märkääpää.....	5
2.2 Kuivapää	6
2.3 Massan jauhatus	7
2.3.1 Jauhin tyypit	10
3. SUUNNITTELUSTANDARDIT.....	13
3.1 PSK-standardit	13
3.2 SFS-standardit.....	14
3.3 Suunnittelutoimistojen omat ohjeet ja standardit.....	14
4. LAYOUT-SUUNNITTELU.....	16
4.1 Kulkureitit ja työtasot.....	17
4.2 Putkireitit.....	18
4.3 Kaapelireitit ja sähkötilat	19
4.4 Laitteiden turvallisuus ja huolto.....	21
5. ESIMERKKIKOHDE.....	23
6. YHTEENVETO	26
LÄHTEET	28

1. JOHDANTO

Suomen pinta-alasta 73 % peittää metsät (Luonnonvarakeskus 2015, Suomen metsät Euroopassa). Suomen metsäteollisuus onkin yksi maailman johtavista kansainvälisistä puunjalostajista. Sellun valmistuksesta noin 80 % käytetään paperin valmistukseen ja 20 % kartongin valmistukseen (Seppälä 2004, 9).

Kaikille kartonkilajeille on yhteistä se, että niillä on ennalta määrätty jäykkyys ja paksuus (Valmet 1997, 14). Näiden vaatimusten mukaisia tuotteita valmistetaan kartonkikoneilla. Kartongin tuotanto ja vienti on aloitettu Suomessa jo 1800-luvun lopulla (Seppälä 2004, 11). Suomessa käytössä olevista kartonkikoneista monet voivatkin olla jo hyvin vanhoja ja ne kaipaavat uudistuksia. Uudistusten suunnittelussa yhtenä oleellisena vaiheena on niiden layout-suunnittelu eli sijoitussuunnittelu.

Layout-suunnittelu voi olla kokonaisen tehtaan, prosessin tai yksittäisen laitteen sijoittelun suunnittelua. Layout-suunnittelua voidaan tehdä joko täysin uudelle prosessille tai sitä käytetään vanhan prosessin uusimisessa. Suunnittelun tavoitteena on suoraviivaistaa prosessia niin, että se on mahdollisimman kustannustehokasta. Tuotannon lisääminen on yleensä haluttu lopputulos. (Apple 1977, 7.)

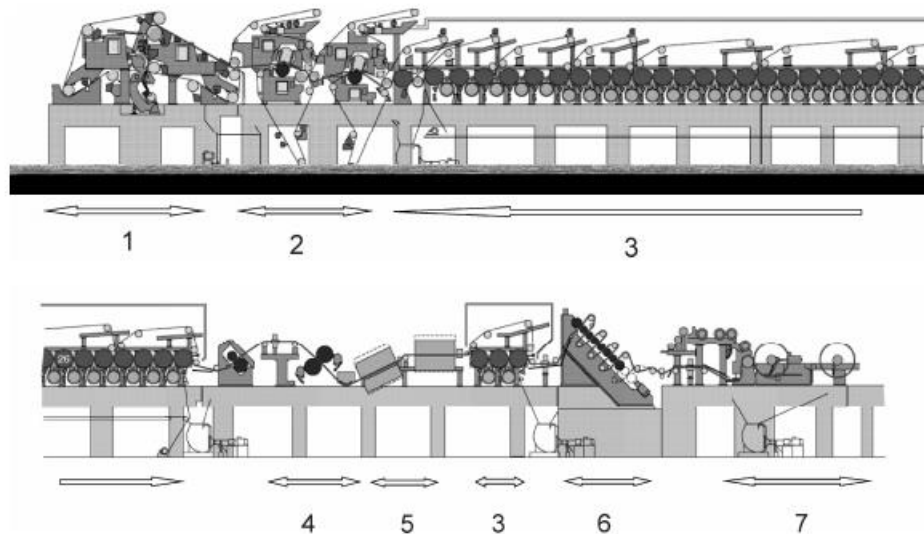
Yksinkertaisin tapa luoda layout-suunnitelma on käyttää kynää ja paperia. Nykyään layout-suunnittelussa apuna voidaan käyttää erilaisia ohjelmistoja. Tavallisia 2D-malleja voidaan edelleen hyödyntää, mutta layout-suunnitelmasta voidaan rakentaa siihen soveltuvilla ohjelmilla esimerkiksi 3D-malleja todellisen tilan hahmottamiseksi.

Tässä työssä tarkastellaan uuden jauhimen sijoitusta kartonkikonelinjalle ja siihen liittyviä asioita, kuten tilavarauksia, turvallisuutta ja putkireittien kartoittamista. Työn tavoitteena on selvittää, kuinka prosessin layout-suunnittelu toteutetaan suunnittelutoimiston pääsuunnittelijan näkökulmasta. Suunnittelun apuna on hyödynnetty MS Visio-ohjelmaa. Tämä tekniikan kandidaatintyö on tehty yhteistyössä suunnittelu- ja konsultointiyhtiö AFRYn kanssa. AFRY suunnittelee ja toteuttaa hankkeita energia-, teollisuus- ja infratoimialoilla.

2. KARTONKIKONE

Kartonkia valmistetaan kartonkikoneella. Kartongin valmistusprosessissa sekoitetaan valitut raaka-aineet vesipitoiseksi massaksi. Kartongin tärkeimpiä raaka-aineita ovat kuidut, joita saadaan yleensä puusta. Muita raaka-aineita, joita massaan lisätään, ovat täyteaineet, liima-aineet ja lisäaineet. Massaseos levitetään tasaiseksi massarainaksi, joka lujitetaan poistamalla siitä vettä. Lopuksi rainaa puristetaan ja loput vedet haihdutetaan, jolloin jäljelle jää kuiva tuote. (KnowPap 2005.)

Kartonki eroaa paperista neliömassaltaan sekä kerroksiltaan. Paperin neliömassa on laadusta riippuen yleensä alle $150\text{-}250\text{ g/m}^2$. Lisäksi paperi koostuu vain yhdestä kerroksesta. Kartongin neliömassa on yleensä $150\text{-}600\text{ g/m}^2$ ja se valmistetaan monikerroksisena. Monikerroksisuuden vuoksi kartonkikoneet voivat olla monimutkaisempia kuin paperikoneet, sillä useamman kerroksen yhdistämiseen tarvitaan joko monikerrosperälaatikko tai useita viiraosia. (Hägglom-Ahnger ym. 2006, 8-9) Tyypillinen kartonkikone on esitetty Kuvassa 1.



Kuva 1 Tyypillinen metsäteollisuudessa käytetty kartonkikone. 1: viiraosa, 2: puristinosa, 3: kuivausosa, 4: päällystysosa, 5: leijukuivaus, 6: kalanteri, 7: rullausosa. (SFS-EN 1034-16, 9.)

2.1 Märkäpää

Raaka-aineista muodostettu sulppu syötetään kartonkikoneen alkupäähän, jota kutsutaan märkäpääksi. Märkäpää sisältää syöttöputkiston, perälaatikon, viiraosan sekä puristinosan (Hägglom-Ahnger ym. 2006, 15). Ennen märkäpäähän syöttöä massa laimennetaan oikeaan sakeuteen. Sakeuteen vaikuttaa massan kuituusuus. Suuremmilla pitkäkuituusuuksilla tarvitaan alhaisempi sakeus hyvän formaation saavuttamiseksi (Hägglom-Ahnger ym. 2006, 131-132). Märkäpäähän tuleva laimennettu sulppu on yleensä noin 0,2-1,5 prosentin sakeudessa.

Perälaatikon tehtävänä on levittää putkessa virtaava massasulppu viiran levyiseksi homogeeniseksi suihkuksi, jolla on haluttu paksuus, nopeus ja suunta. Suihku ohjataan viiraosalle. Perälaatikossa myös tasataan syöttövirtauksen sakeuden, nopeuden ja paineen vaihteluita. (Valmet 1997, 64) Kartongin valmistusprosessissa voidaan käyttää monikerrosperälaatikkoa, jossa eri kanavista tulevat suihkut yhdistetään ennen viiraosaa. Tällöin on käytettävä viiraosassa kitaformeria, jotta monikerrosperälaatikosta purkautuva suihku säilyttäisi kerroksellisuutensa.

Viiraosalla sulpusta aletaan poistaa vettä suotauttamalla. Kartongin suuri neliömassa vaikeuttaa vedenpoistoa rainanmuodostuksessa, koska neliömassan kasvaessa suotautumisaika lisääntyy voimakkaasti. Kartonkikoneen rainanmuodostus perustuu yleensä erillisirainaukseen, mikä tarkoittaa erikseen muodostettujen rainojen yhdistämistä. Erillisirainauksessa käytetään yläviiirayksiköitä muodostamaan lisäkerroksia kartonkirainaa. Yksikön viiraosa on yleensä tasoviira, mutta muissa kerroksissa voidaan käyttää myös kaksoisviiraosaa. Kartongin keskimäinen kerros on tyypillisesti paksumpi, joten se vaatii myös enemmän vedenpoistoa. Tämän takia keskikerroksen viiraosuus on pitempi kuin muissa kerroksissa. (Hägglom-Ahnger ym. 2006, 144-145) Viiraosan jälkeen rainan kuiva-ainepitoisuus on 20-25 % ja se ohjataan puristinosalle (Valmet 1997, 83).

Puristinosalla vettä poistetaan paineen avulla ja kuiva-ainepitoisuus nousee 40-55 %:n (Valmet 1997, 83). Märkäpuristus tapahtuu puristinhuopien ja telojen avulla. Ensimmäisessä puristimessa rainaa puristetaan kahden puristinhuovan välissä ja teloina käytetään yleensä imuteloja.

Viimeisessä vaiheessa käytetään sileäpintaista telaa ainakin rainan pinnan puolella. Kartonkikoneilla käytetään yleensä kenkäpuristinta, sillä puristusimpulssin nostaminen johtaa korkeampaan kuiva-ainepitoisuuteen ja parempaan ajettavuuteen. (Hägglom-Ahnger ym. 2006, 161.)

2.2 Kuivapää

Kartonkikoneen loppuosaa kutsutaan kuivapääksi. Se sisältää kuivatusosan, päällystyksen, kalanteroinnin sekä rullauksen. Kuivatuksella vaikutetaan kartongin laatuun, kuten pinnan sileyteen, lujuusominaisuuksiin, venymään sekä vaaleuteen (KnowPap 2005).

Kuivatusosalla rainasta poistetaan kosteutta höyryllä kuivatussylinterien avulla. Kuivauksessa käytetty höyrynpaine on tyypillisesti 10 bar (Karlsson 2010, 215). Rainan kulkiessa kuivatussylinterin pinnalla, sen lämpötila nousee ja vettä haihtuu. Ensimmäisten kuivatussylinterien pintalämpötila on alhaisempi, ettei raina pala sylinterin pintaan kiinni. Kuivatusosan jälkeen kartongin kuiva-aineprosentti on noin 96-97 %. (Hägglom-Ahnger ym. 2006, 163.)

Nykyaikaisemmissa kuivatusosissa voidaan käyttää päällepuhalluskuivattimia tai condebelt-kuivaimia. Päällepuhalluskuivattimessa raina kulkee kuivatusviiran päällä ja sitä puhalletaan 90-120 m/s ilmalla, jonka lämpötila on 350 °C. Condebelt-kuivaimessa raina kulkee kahden viiran päällä, jotka kulkevat kahden teräsnauhan välissä. Ylempi teräsnauha kuumentaa rainaa, josta vapautuu vesihöyryä, joka kulkeutuu alemmalle vesijäähdytetylle teräsnauhalle. (Hägglom-Ahnger ym. 2006, 170-171.)

Kartonki voidaan päällystää erilaisilla aineilla pinnan epätasaisuuksien tasaamiseksi. Päällyste levitetään vesiseoksena kuivatun kartongin pintaan, minkä jälkeen siitä poistetaan ylimääräinen vesi erillisellä päällysteen kuivattimella. Kuivauksessa voidaan käyttää ilmakeivattusta tai infrapunakuivatusta. Kartonki voidaan päällystää joko molemmin puolin tai vain toiselta

puolelta. Päälylystämistä käytetään yleensä tuotteissa, jotka painetaan myöhemmin. (Hägglblom-Ahnger ym. 2006, 184, 201.)

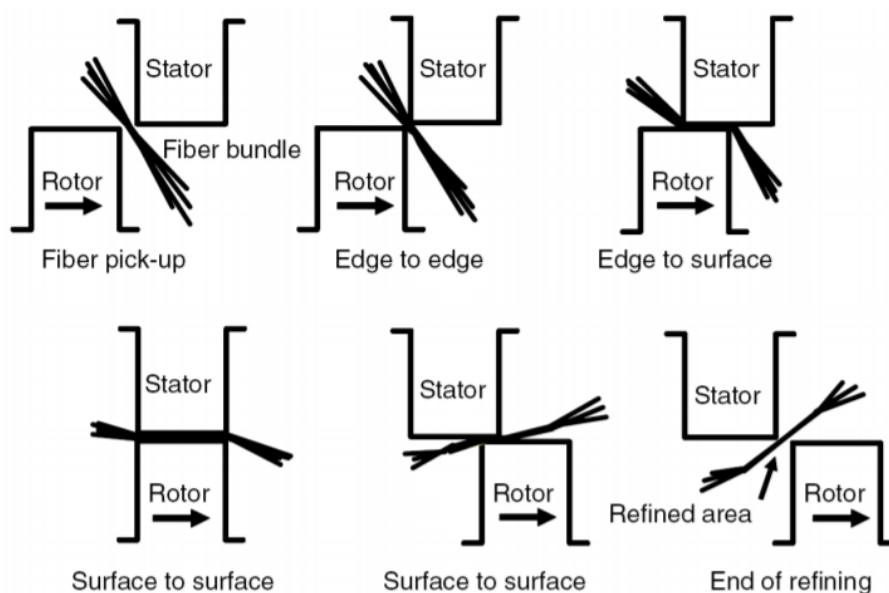
Kalanterointi on viimeinen vaihe, jolloin voidaan vaikuttaa kartongin ominaisuuksiin. Kalanteroinnin tärkein tehtävä on säätää kartongin paksuus ja tiheys sekä pinnan sileys ja kiilto. Kartonkia kalanteroidessa pinnan muutokset pyritään saamaan aikaan mahdollisimman pienellä paksuuden muutoksella bulkin säilyttämiseksi (Valmet 1997, 124). Kartonki kulkee kahden tai useamman telan välistä, jolloin se ohenee puristuksen voimasta sekä leikkaus- ja kitkavoimien vaikutuksesta. Mikäli kartonki on päälylystetty, kalanterointi suoritetaan kahdessa osassa: esikalanterointi ennen päälylystystä ja loppukalanterointi sen jälkeen (Hägglblom-Ahnger ym. 2006, 204).

Lopuksi kartonki rullataan perinteisellä pope-rullaimella rullaksi. Valmista konerullaa kutsutaan tampoeriksi. Tampuurin tulee olla pintapaino- ja kosteusprofiililtaan pohjasta pintaan tasainen, jotta pintakerrokset eivät purista alempia kerroksia kasaan (Valmet 1997, 133). Liian löysät kerrokset puolestaan aiheuttavat liukumista. Tampuurin pohjakerrokset ovat tärkein alue rullausvikojen estämiseksi, sillä pohja muodostaa perustan koko rullalle. Yleensä kartongilla on vähän rullautuvuuteen liittyviä ongelmia suuren neliömassansa ansiosta. Valmis tampuuri voidaan jatkokäsitellä esimerkiksi leikkaamalla se pituusleikkurilla. (Hägglblom-Ahnger ym. 2006, 221, 225.)

2.3 Massan jauhatus

Ennen massan syöttöä kartonkikoneelle sitä täytyy käsitellä. Pulpperin tehtävä on hajottaa kuitusulppu pumpattavaan muotoon. Pulpperissa hajotettu massa voi kuitenkin sisältää kuituuntumattomia massaflokkeja, joten massa tulee kuiduttaa ennen jauhatusta. Kuiduttimessa suurilla leikkausnopeuksilla toimivat terät irrottavat kuidut toisistaan. Pulpperi ja kuidutin eivät kuitenkaan jauha massaa, joten sen suotautuvuus ei muutu juuri ollenkaan. (Hägglblom-Ahnger ym. 2006, 112-113.)

Massan jauhatus tapahtuu jauhimilla. Jauhatusmekanismi voidaan jakaa viiteen vaiheeseen (Kuva 2). Aluksi kuidut kerääntyvät roottoriterän särmälle. Jauhatus alkaa, kun kuitu jää staattoriterän ja roottoriterän väliin. Seuraavaksi kuitu kulkee teräsärmän ja otsapinnan välissä. Tämän jälkeen seuraa hetkellinen otsapintojen kohtaaminen, kunnes roottori jatkaa matkaansa. Jauhatus päättyy, kun kuitu vapautuu roottorin ja staattorin välisestä vuorovaikutuksesta. (Paulapuro 2008, 120.)



Kuva 2 Jauhatuksen vaiheet (Lumiainen 1998, 21).

Jauhatuksella on tärkeä rooli kartongin valmistuksessa, koska sillä voidaan vaikuttaa kartongin laatuun olennaisesti (Valmet 1997, 34). Jauhatussessa kuidut muokataan mekaanisilla menetelmillä halutunlaisiksi. Kuitujen sitoutumiskykyä parannetaan muokkaamalla kuituja jauhinterien välissä. (Hägglom-Ahnger ym. 2006, 113.)

Jauhatuksen tulos riippuu pääsääntöisesti kuiduista, jauhatuksen määrästä, jauhatustavasta ja prosessiolosuhteista. Jauhimeen syötetyn puuraaka-aineen ja hakkeen tulisi olla laadultaan mahdollisimman vakioita. Laatuun vaikuttaa muun muassa hakkeen tasainen kosteus, pieni puun tiheysvaihtelu sekä korkea lämpötila. (Seppälä 2004, 63.)

Jauhatuksen vaikutukset kuitujen ominaisuuksiin voidaan jakaa kuuteen mekanismiin: ulkoiseen ja sisäiseen fibrillaatioon, kuitujen suoruuden muutoksiin, kuitujen katkeilemiseen ja keskikuitupituuden lyhenemiseen, hienoaineen syntymiseen sekä kuidun liukenemiseen.

1. Ulkoisessa fibrillaatiossa kuitujen ulkokerrokset osittain irtoavat ja haiventuvat. Tämä parantaa kuitujen sitoutumista, sillä haivenet lisäävät yksittäisten kuitujen kosketuspinta-alaa.
2. Sisäisessä fibrillaatiossa puolestaan vesi tunkeutuu kuitujen lamellien väliin, mikä aiheuttaa kuitujen notkistumista ja turpoamista. Kuidun notkistuessa se muuttuu putkimaisesta muodosta lattamaisemmaksi ja nauhamaisemmaksi. Lattamaiset kuidut muodostavat tiiviimpiä sidoksia keskenään, sillä lattamaisilla pinnoilla on enemmän kosketuspinta-alaa keskenään verrattuna putkimaisiin kuituihin.
3. Kuidun suoruuden muutokset johtuvat jauhatusvoimista. Esimerkiksi suuressa sakeudessa kuidut kähertyvät ja matalassa sakeudessa ne suoristuvat.
4. Kuitujen katkeileminen ja keskikuitupituuden lyheneminen eivät ole toivottuja ilmiöitä, sillä nämä aiheuttavat heikkoa repäisyjuuutta. Lyhyitä kuituja saadaan muutenkin valmiiksi luonnosta, jolloin niitä voi hyödyntää silloin kun niitä tarvitaan. Lyhyet kuidut muun muassa parantavat sileyttä, kiiltoa ja rainan tiiveyttä.
5. Hienoainetta syntyy kuitujen ja kuituseinämien jauhautuessa pieniksi partikkeleiksi. Hienoaine vaikuttaa liiman tapaan kuitujen risteyskohdissa, mikä auttaa kuitusidosten syntymisessä. Jauhatus on märkäpuristusta parempi tapa lisätä sidoksia optisten ominaisuuksien kannalta, koska hienoaine ei lisää valonsirontaa merkittävästi.
6. Kuidun pintaan muodostuu sitoutuva kerros kuidun osittaisessa liukenemisessä, mikä voi olla toivottavaa jauhatuksessa. Kuidun kokonaan liukeneminen ei puolestaan ole toivottua, sillä veteen liuenneet aineet ovat ongelmallisia jäteveden käsittelyssä. (Hägglom-Ahnger ym. 2006, 113-114.)

2.3.1 Jauhin tyypit

Kartongin valmistuksessa käytetään pääasiassa kahta suosituinta jauhintyyppiä: levyjauhinta tai kartiojauhinta. Kartiojauhin on näistä kuitenkin käytetympi sen parempien ominaisuuksien vuoksi. Kartiojauhimesta on muun muassa pidempi jauhatusvyöhyke ja viipymäaika sekä suurempi jauhatuspinta levyjauhimeen verrattuna. Levyjauhimet ja kartiojauhimet ovat jatkuvatoimisia.

Kartiojauhin koostuu kartion muotoisista teristä, joissa on uria. Ulompana on staattori, joka sisältää kartion muotoisen roottorin. Jauhettava massa syötetään jauhimeen kartion kapeasta päästä ja se kulkee staattorin ja roottorin välissä. Roottori pyörii ja staattori pysyy paikallaan, jolloin massa jauhautuu urien ja terien välissä. Jauhettu massa poistuu kartion leveästä päästä. (Paulapuro 2008, 105.) Kuvassa 3 on esitetty kartiojauhin.



Kuva 3 Kartiojauhin (Valmet 2020a).

Levyjauhin toimii samalla periaatteella kuin kartiojauhin. Massa syötetään kiekkoisten levyjen väliin, jossa se jauhautuu urien ja terien vaikutuksesta. Levyjauhimet voidaan jakaa yksi- ja kaksoislevyjauhimiin. Yksilevyjauhimia käytetään pääasiassa korkean sakeuden

jauhatuksessa, koska jauhimen jauhatuskapasiteetti on pieni. Kaksoislevyjauhimilla on korkea jauhatuskapasiteetti suuremman jauhatusalueen ansiosta. Sen takia ne soveltuvat paremmin suurelle kartonkikoneelle, kun taas yksilevyjauhimia käytetään enemmän laboratorioissa. (Paulapuro 2008, 112.) Kuvassa 4 on esitetty kaksoislevyjauhin.



Kuva 4 Kaksoislevyjauhin (Valmet 2020b).

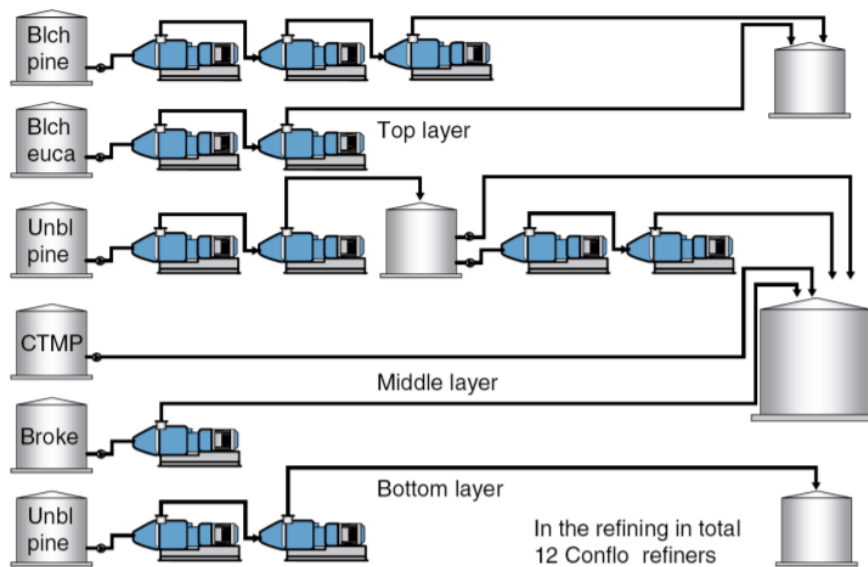
Kartio- ja levyjauhimia on monia eri kokoisia. Jauhimen energiankulutus riippuu käytettävän jauhimen koosta ja jauhattavasta materiaalista. Kartiojauhimen energiankulutus voi olla 110 kW ja 3 500 kW välillä, kun taas kaksoislevyjauhimen 200 kW ja 3 000 kW välillä (Lumiainen 2000, 9). Taulukossa I on esitetty tyypillisten teollisuudessa käytettyjen kartio- ja levyjauhinten parametrit.

Taulukko I Jauhin tyyppien parametrit. (Valmet 2020a, 2020b.)

Jauhin	Paino, kg	Pyörimisnopeus, rpm	Pituus, mm	Leveys, mm	Korkeus, mm
Kartiojauhin	35 000	2 100	3 300	2 500	2 300
Kaksoislevyjauhin	45 000	1 500	5 000	2 700	2 200

Jauhinlinja on yhden tai useita sarjaan kytkettyjä jauhimia sisältävä linja. Jauhatusjärjestelmässä jauhinlinjoja voi olla useita ja ne voivat olla joko yhdistetty tai erikseen. Molempia tapoja käytetään ympäri maailmaa, mutta selkeää vastausta kummankaan paremmuudesta ei ole. Jauhinten ja linjojen määrään vaikuttaa haluttu lopputuote ja tuotannon kapasiteetti. Yleensä eri kuiduille käytetään erillisiä jauhinlinjoja ennen kuin ne sekoitetaan sekoitussäiliöissä. (Paulapuro 2008, 122-123.)

Kartonkikoneen jauhatusjärjestelmä (Kuva 5) koostuu useista erillisistä jauhinlinjoista, sillä kartongissa käytetään useita erilaisia kuituja eri kerroksissa. Kuvan 5 esimerkissä kartongin päällimmäiseen kerrokseen käytetään valkaistua mäntyä ja valkaistua eukalyptusta, keskimmäiseen kerrokseen valkaisematonta mäntyä, puolikemiallista massaa (CTMP) sekä hylkytavaraa ja alimpaan kerrokseen käytetään vain valkaisematonta mäntyä. Kokonaisuudessaan järjestelmä sisältää 12 jauhintaa. Jauhituksen jälkeen massat kulkevat jokaisen kerroksen omaan sekoitussäiliöön, josta ne jatkavat matkaa kartonkikoneelle.



Kuva 5 Kartonkikoneen jauhatusjärjestelmä (Lumiainen 2000, 33).

3. SUUNNITTELUSTANDARDIT

Standardeja laaditaan hyödyttämään koko yhteiskuntaa. Yhteisesti hyväksytyt määritelmät helpottavat ihmisten työtä niin teollisuudessa kuin tutkimustyössäkin. Jos standardeja ei olisi, tapahtuisi enemmän virheitä ja vaaratilanteita. Myös asiakkaille on turvallisempaa hankkia standardien mukaisia tuotteita ja palveluita, sillä ne sopivat siihen käyttöön, joihin ne on tarkoitettu. (SFS 2020a.)

Standardien käyttö nopeuttaa ja suoraviivaistaa suunnittelua. Erilaisia standardeja löytyy mitoitukseen, turvallisuuteen ja ympäristöön liittyen. Yleisesti hyväksytyjen standardien hyödyntäminen suunnittelussa mahdollistaa samat pelisäännöt kaikille toimijoille. Noin 91 % suomalaisista yrityksistä sanoivat, että asiakkaat luottavat standardeja käyttävään yritykseen (SFS 2020b). Standardisointiin kannattaa siis panostaa.

3.1 PSK-standardit

PSK Standardisointi on teollisuuden kehitysyksikkö. Se on toiminut jo yli 45 vuotta ja se sisältää yli 400 standardia. PSK-standardien kehyksinä toimivat eurooppalaiset ja kansainväliset standardit, kuten SFS-EN, IEC ja ISO, ja siksi ne ovat usein myös kaksikielisiä. PSK:n päätavoite on tukea suomalaista teollisuutta sekä kansainvälistä liiketoimintaa standardisoinnillaan. PSK julkaisee standardinsa vain jäsenistönsä aloitteesta. Jäsenyritykset voivat käyttää PSK-standardeja omina yritysstandardeina yhtenäistämään toimintojaan. PSK:n standardit tarjoavat lisäksi käytännönläheisiä ratkaisuja, selkeitä ohjeita ja toteutustapoja teknisiin ongelmiin. (PSK Standardisointi 2019.)

PSK:n laatimia standardeja käytetään pääasiassa teollisuudessa suunnittelun pohjana ja projektihallinnan tukena. Standardeja löytyy laidasta laitaan, venttiileistä hoitotasoihin ja lattiakanaaleista putkistojen kannakointeihin. Esimerkiksi PSK 2005 käytetään teollisuustilojen kaapelireittien suunnittelussa. Standardi sisältää kaapelireittien valintaan, rakenteeseen ja suojaukseen liittyviä tietoja (PSK 2005, 1).

3.2 SFS-standardit

Suomen Standardoimisliitto SFS ry vastaa Suomen standardisoinneista. Liitossa on jäseninä muun muassa elinkeinoelämän järjestöjä sekä Suomen valtio. SFS on osa eurooppalaista CEN-standardisoinnisjärjestöä sekä kansainvälistä ISO-standardisoinnisjärjestöä ja se edustaa Suomea näissä järjestöissä. Suurin osa SFS-standardeista perustuu eurooppalaisiin tai kansainvälisiin standardeihin. Standardien laadinta on yleisesti vapaaehtoista ja kaikille avointa. (SFS 2020c.)

SFS:llä on standardeja massa- ja paperiteollisuuteen liittyen, kuten SFS-EN 1034-1 + A1. Standardista löytyy paperi- ja kartonkikoneisiin liittyviä yleisiä vaatimuksia ja esimerkkejä mahdollisista vaaratilanteista. Toinen paperi- ja kartonkikoneisiin liittyvä standardi on SFS-EN 1034-16. Kyseinen standardi käsittelee määritelmiä liittyen märkäpähän ja kuivapähän ja niihin liittyvään turvallisuuteen ja meluun.

3.3 Suunnittelutoimistojen omat ohjeet ja standardit

Suunnittelutoimistot tekevät valmiita suunnitelmia asiakkailleen heidän tarpeiden ja toiveidensa mukaan. Suunnitelmat voivat koskea erilaisia projekteja, kuten laitosinvestointeja tai ympäristöpalveluja. Usein suunnitelmiin kuuluu myös layout-suunnitelman laadinta, joita varten toimistoilla on omat ohjeet ja käytännöt niiden suorittamiseksi. Ohjeista tulee ilmi, miten suunnittelua johdetaan, läpikäydään, revisoidaan ja lopuksi hyväksytään. (Kantanen 2020.)

Ohjeiden mukaan suunnittelu alkaa alustavan tehdasalueelayoutin laadinnalla, minkä tarkoituksena on luoda pohja tehtaan tilankäytölle yksityiskohtaisempaa tarkastelua ja viranomaisille esitettäviä lupahakemuksia varten. Suunnittelun käynnistää ja tarkastaa projektipäällikkö, laatii prosessisuunnittelijat ja hyväksyy projektin valvoja. Lähtötietoina tulisi tuntea muun muassa projektin suunnittelukriteerit, prosessikaaviot, maastotutkimukset ja maaperätutkimukset. Tehdasalueelayoutia laatiessa tulisi huomioida tuotannon prosessien vaatimat tilankäytöt, maaperäolosuhteet, infrastruktuuri, paikalliset lupiin vaikuttavat lainsäädännöt sekä asiakkaan omat vaatimukset tehdasalueeseen liittyen. Tärkeimpiin

tarkastelun kohteisiin kuuluu myös ympäristöasiat, kuten päästöt ja melu. Lopputuloksena tulisi saada asiakkaan hyväksymä tehdasaluelayout, yleensä noin 1:1000 mittakaavassa, jota käytetään osastolayoutin lähtötietona. (Kantanen 2020.)

Alustavat osastolayoutit laativat pohjan laitteiden sijoitusta koskeville päätöksille. Suunnittelun käynnistää ja tarkastaa projektipäällikkö, laatii mekaaninen pääsuunnittelija yhdessä prosessisuunnittelijoiden kanssa ja hyväksyy laitossuunnitteluosaston johtaja. Layouteja tuotetaan useita eri vaihtoehtoja, joissa tulisi hyödyntää etukäteen hankittuja laitetarjouksia, prosessivaihtoehtojen pohjalta oletettuja toimittajien budjettitietoja sekä arkistomateriaalia. Layoutien kustannukset lasketaan lopullisen päätöksenteon tueksi. Vaihtoehtoja laatiessa tulisi tietää muun muassa päämittatiedot laitteista ja säiliöistä, sähköliitäntämahdollisuudet ja sähkötilojen arvioitu koko, osastojen kunnossapitotarpeet ja työturvallisuusvaatimukset. Lopputuloksena tulisi olla asiakkaan hyväksymä osastolayout, noin 1:200 mittakaavassa, jota käytetään tehtaan apulaitteiden hankinnassa, sähkö- ja automaatio suunnittelun lähtötietona sekä viemäröintilaskelmien pohjana. (Kantanen 2020.)

Alustavien tehdasalue- ja osastolayoutien jälkeen tehdään detaljisuunnittelutyötä, jota käytetään täydentämään alustavat layoutit. Tehdasalue layout suunnittelun käynnistää ja laatii mekaaninen pääsuunnittelija, tarkastaa jaosjohtaja ja hyväksyy projektin valvoja. Lähtötietoina suunnitteluun käytetään maastokartoituksen mittaustuloksia, lupadokumentteja, osastolayoutpiirustuksia sekä maansiirtosuunnitelmia. Tehdasalue layoutiin lisätään rakennusten lopulliset sijoitukset, mitat ja muodot sekä tehdasalueen tiedot, kuten tiet, laiturit, aitaukset, portit ja voimalinjat. Tärkeimmät tarkastelukohteet tehdasalue layoutin laadinnassa on tehdasalueen toimivuus, laajennusmahdollisuudet, liikennejärjestelyt sekä sallitut rakennusten korkeudet. (Kantanen 2020.)

Lopullisen osastolayoutin käynnistää ja laatii mekaaninen pääsuunnittelija, tarkastaa jaosjohtaja ja hyväksyy osastopäällikkö. Lähtötiedot suunnitteluun saadaan laitetoimittajien mittapiirustuksista ja eri suunnittelualoista, kuten prosessisuunnittelusta ja arkkitehtisuunnittelusta. Alustavaan osastolayoutiin täydennetään muun muassa koneet ja laitteet, lattioiden kallistukset, tilavaraukset ja kulku- ja huoltoväylät. Lisäksi sähkö-,

automaatio- ja ilmastointisuunnittelijat täydentävät layoutiin sähkö- ja automaatiotilat, muuntajatilat sekä kojehuoneet. Layoutia tarkastellessa tulisi huomioida erityisesti huoltoalueet ja kuljetusreitit, paloalueiden rajaukset, koneiden nimet ja positioneroinnit sekä suunnittelualojen tiedot. (Kantanen 2020.)

Suunnittelutyöt suoritetaan ohjeiden mukaan olemassa olevilla CAD-suunnittelujärjestelmillä. Projektipäällikkö käy läpi suunnitelmia työn edetessä tilaajan kanssa ja pitää huolen, että työ etenee aikataulussaan ja asiakkaan toiveiden mukaan. Suunnittelutyössä on myös riskinsä, esimerkiksi jos jotain jää huomaamatta, minkä takia suunnitelmien revisiointi on tärkeää. Virheitä voi myös sattua inhimillisistä tekijöistä, mutta standardeja ja ohjeita noudattamalla virheiden todennäköisyys pienenee. (Kantanen 2020.)

4. LAYOUT-SUUNNITTELU

Layout-suunnittelussa tulee huomioida laitteiden tilavaatimukset, järkevät sijoittelut sekä turvallisuus. Layoutista tulee ilmi prosessin todellinen tilantarve ja siitä nähdään prosessiin liittyvien osien, kuten työtasojen ja putkistojen sijoittelut. Suunnitelmassa huomioidaan myös kustannukset ja ympäristön turvallisuus. (Mecklenburgh 1985, 3)

Layout-suunnitelmasta löytyvät laitteet on sijoitettu paikoilleen tarkoituksenmukaisesti. Prosessi olisi hyvä tuntea kokonaan, ennen kuin sijoittelua voidaan aloittaa, mutta aina tämä ei ole mahdollista. Joskus layout-suunnittelu täytyy aloittaa ennen kuin tietää, mitä laitteita prosessi tulee sisältämään. Prosessin tunteminen helpottaa kuitenkin sitä, että tietää mitä laitteita prosessi sisältää ja mihin järjestykseen nämä tulee sijoittaa. Lisäksi layout voi sisältää lain vaatimia turvallisuuteen liittyviä asioita, kuten turvaetäisyyksiä ja suojarakenteita. Yleensä suunnitelmaa tehdessä jätetään myös tilaa tulevaisuuden laajentumisen varalle.

Prosessin layout-suunnitelmaa tehdessä tulee huomioida materiaalivirran tärkeys, koska se edustaa yleensä koko tuotannon selkärankaa. Raaka-aineiden ja materiaalien tulisi kulkea

prosessin läpi mahdollisimman yksinkertaista reittiä, ettei päädytä tilanteeseen, jossa virrat kulkevat paikasta toiseen monen mutkan kautta. Materiaalivirrasta tulee pohja sille, miten prosessiin kuuluvat laitteet tulisi sijoitella mahdollisimman tehokkaasti. (Apple 1977, 5)

Tuotantolaitosta suunnitellessa tulee huomioida liikennejärjestelyt sisään tuleville raaka-aineille ja ulos lähteville lopputuotteille. Ajoväyliä laatiessa tulisi myös huomioida mahdollisten onnettomuuksien varalle reitit paloautoille ja ambulansseille. Onnettomuuksien varalle pitää myös rakentaa suojatilat laitoksen työntekijöille.

4.1 Kulkureitit ja työtasot

Kulkureittien tehtävänä on suojella työntekijöitä kompastumisilta, kuumilta pinnoilta ja pään kolautuksilta. Kulkureittien suunnittelussa on myös huomioitava yleinen turvallisuus ja logistiikka. Jalkakäytävien ja kulkuteiden yllä tulee olla vähintään 2,10 metriä tyhjää tilaa. Mikäli tämä ei toteudu rakennuksellisista syistä, tulee kaikki vaara-alueet merkitä mustakeltaisella merkinnällä. Kulkuteiden leveys tulee olla 0,80 metriä mikäli mahdollista. Jos tämä ei ole mahdollista, täytyy leveyden olla vähintään 0,60 metriä. (SFS-EN 1034-16, 16-17.)

Lattioissa olevien aukkojen kansien tulee kestää mahdollisesta liikenteestä aiheutuva rasitus ja niiden on oltava samassa tasossa lattian pinnan kanssa. Kansi ei saa painua eikä taipua niin, että siihen syntyy ulkonevat reunat. (SFS-EN 1034-1 + A1, 36.)

Kartonkikoneen läpi kulkevia reittejä tulee välttää. Mikäli koneen läpi täytyy päästä kulkemaan, tulee reitti suunnitella niin, että reitti ei kulje nippitelojen tai puristumisvaarapaikkojen läheltä. Jos reitti kulkee kyseisten paikkojen vierestä, tulee reitti suojata turvavälillä, suojaavilla rakenteilla ja lukittuvilla turvaseinämillä. (SFS-EN 1034-16, 17.)

Koneen käyttöä ja kunnossapitoa varten on oltava työtasot ja pääsytietyt niille. Työskentelytason tulee olla luistamaton ja tukeva, ja sen on suojattava työskentelijöitä putoamiselta. Tason täytyy kestää 5 000 N/m² pintakuorma sekä tärinästä aiheutuva vaikutus. Kiinteiden tasojen leveyden

tulee olla vähintään 0,60 metriä ja koneen ulkonevat osat eivät saa kaventaa kävelemiseen tarkoitettua tilaa 0,40 metriä kapeammaksi. Kiinteille työskentelytasoilta tulee myös olla kulkureitti. Tyypillisesti tämä tarkoittaa portaita, joiden nousukulma on 30° ja 45° välillä. Tämän tyyppiset portaat saavat olla enintään 4,00 metriä korkeat, minkä jälkeen tulee tulla lepotaso. Kiinteillä työtasoilla ja niiden kulkuteilla on myös oltava vähintään 2,00 metriä vapaata tilaa yläpuolella. (SFS-EN 1034-1 + A1, 32-38.)

Työskentelytasoilta, joiden putoamiskorkeus on yli 1,00 metriä, tulee asentaa 1,10 metriä korkeat kaiteet. Esimerkiksi ketjut eivät kelpaa suojaamaan työskentelijöitä putoamiselta. Kaiteissa on lisäksi oltava jalkalista, joka estää työntekijää liukumasta kaiteen ali. (SFS-EN 1034-1 + A1, 36-38.) Laitetoimittajilla voi myös olla omat vaatimukset työskentelytasoilta.

4.2 Putkireitit

Ennen putkireittien suunnittelua tulisi olla laitteet sijoitettu paikoilleen. Suuret putket täytyy huomioida jo layoutissa ja tehdä tilavarauksia niille. Prosessin mahdollinen kapasiteetin nosto täytyy ottaa huomioon putkiston mitoituksessa. Esimerkiksi uusissa putkireiteissä varataan 30 % tilaa mahdollisille lisäyksille. Putkireitti pyritään suunnittelemaan siten, että ne tyhjenevät luonnostaan varastosäiliöihin tai prosessiin päin. Putkiston sijoituksessa tulee myös huomioida laitteiden vaatima tila, jotta laitteita päästään huoltamaan putkistoa purkamatta. Suoraan pään yläpuolella kulkevia putkistoja täytyy myös välttää (Mecklenburgh 1985, 156). Putkiston täytyy myös kulkea sellaista reittiä, ettei se aiheuta esteitä kulkuteille. (PSK 2640, 5-8.) Nestettä kuljettavat massaputket tulisi suunnitella mahdollisimman suoraviivaisiksi. Pumpattavat aineet voivat kiertyä hieman, mikä vapauttaa tilaa tärkeimmille putkille. (Mecklenburgh 1985, 270.)

Putkistojen mitoittamiseen vaikuttaa olennaisesti se, mihin prosessiin putkistot tulevat. Eri lämpötiloille, paineille ja kemikaaleille voidaan valita erilaisia putkistoja. Putkisto valitaan virtaavan aineen, paineen, lämpötilan ja korroosio-olosuhteiden perusteella. Myös virtausnopeus putkistossa valitaan väliaineen mukaan. Putkiston kannakoinnin tarkoituksena on vähentää putkien kuormitusta, estää vuotoja liitoskohdissa, vähentää putkien värähtelyä sekä

estää putkien epämuodostumista, mikä voi olla haitallista prosessille (Mecklenburgh 1985, 431-432). Putkistojen lämpölaajenemista hallitaan ensisijaisesti putkiston geometrialla ja kannakoinnilla. Putkisto kannakoidaan siten, että laitteet voidaan poistaa ilman helposti lisätukea. Kannakointisuunnittelu sovitaan yleensä tilaajan ja toimittajan kesken. (PSK 2640, 6-7.)

4.3 Kaapelireitit ja sähkötilat

Kaapelireittien, -hyllyjen ja kannatusten suunnittelu kannattaa tehdä kone- tai laitossuunnittelussa. Näin tilavaraukset voidaan optimoida yhdessä automaatio- ja sähkösuunnittelun kanssa, sillä niistä saadaan tarvittavia tietoja. Suunnittelussa tulee kartoittaa kaapelireittien tarpeet, hyllyjen leveydet ja lukumäärät, kaapelien aiheuttamat rasitukset hyllyissä sekä tarvittavien kanavien ja tunnelien minimimitat. (PSK 2005, 1.)

Kaapelireittejä suunnitellessa tulisi tehdä kaapelihyllyasennus, koska kaapelien asennusta kanaviin, tunneleihin ja maahan tulisi välttää, etenkin asennuslattian käyttöä ei suositella missään tilanteessa. Kaapelihyllyinä käytetään tehdasvalmisteisia hyllyrakenteita. Hyllyt sijoitetaan suunnitelmaan putkistosuunnittelun yhteydessä, jolloin pystytään ottamaan huomioon sekä putkien että kaapeloinnin vaatimat kannakkeet. Samalla otetaan huomioon kulkusiltojen tarve huoltoja varten. Kaapelihyllyjä sijoitellessa tulisi huomioida, ettei hyllyt estä koneiden huoltoa. Hyllyjen tulee myös olla vähintään 0,30 metrin välein korkeussuunnassa. Erityistä huomiota on kiinnitettävä pääkulkureiteille sijaitsevien hyllyjen sijaintiin ja suojaukseen. Kaapelihyllyjä ei saa rakentaa seinän tai lattian läpi, vaan hylly on katkaistava läpiviennin kohdalta ja seinän tai lattian molemmin puolin varataan tilaa palosulkuja varten. (PSK 2005, 2-3.)

Kaapelihyllyihin tulee varata kaapeleille 30 % varatilaa mahdollisten tulevaisuuden laajennusten vuoksi. Voima-, ohjaus- ja instrumentointikaapelit tulee sijoittaa omiin hyllyihinsä omina ryhminään. Voimakaapelit asennetaan yhteen kerrokseen väljästi niin, että noin 70 %

hyllystä täyttyy ja ne sijoitetaan aina ylimmälle hyllylle. Lisäksi kaapelien taivutussäteet täytyy huomioida mutkissa. (PSK 2005, 3.)

Kaapelireittejä suunnitellessa poikkipinta-alaltaan suuret kaapelit, kuten voimakaapelit, tulisi saada mahdollisimman lyhyiksi, ettei niiden tarvitsisi kulkea pitkiä matkoja. Reittejä ei myöskään tulisi viedä palo- ja räjähdysvaarallisten tilojen kautta eikä sellaisia reittejä, joissa kaapelit voivat vahingoittua esimerkiksi kemikaalien vaikutuksesta. Lisäksi varasyöttö laitteeseen tulee viedä eri reittiä kuin pääsyöttö mahdollisten vikojen varalta. Vakuutusyhtiöillä voi myös olla omat ohjeet reittien valintaan liittyen. (PSK 2005, 2.)

Kaapelireitit tulee suojata eri keinoin. Väliseinien ja välipohjien läpi tehtävät kaapeliaukot on suojattava palokatkoilla, joilla estetään palon leviäminen kaapeleita pitkin. Lattialäpivienneissä kaapelit tarvitsevat myös mekaanista suojaa. Lisäksi kaapelihyllyihin on asennettava sprinklerit, jos hyllyjä on enemmän kuin kolme päällekkäin. Kun hyllyjä on enemmän kuin kuudessa tasossa, tulee sprinklerit kahteen tasoon ja jos hyllyjä on yli kymmenen kerrosta, tulee sprinklerit kolmeen tasoon. Mikäli kaapelihyllyjä on ulkona, tulee ylimmät hyllyt suojata suoralta auringonpaisteelta. (PSK 2005, 6.)

Kaapelitilat rakennetaan sähkötilojen yhteyteen. Kaapelitilan vieressä kulkevan vapaan kulkukäytävän leveydeksi suositellaan vähintään 0,80 metriä ja korkeudeksi vähintään 2,10 metriä. Kaapelitilan lattian tulee olla betonia tai vastaavaa pölyämätöntä materiaalia, jolloin se on helppo pitää puhtaana palavista materiaaleista. Palonkestävyysluokaltaan tilojen on oltava luokkaa E 120, mikäli korkeampaa luokkaa ei vaadita. Kaapelitilat tulee varustaa viranomaisten määräysten mukaan palosuojauksella ja tilassa tulee olla viemäröinti. Tilan on myös oltava tarpeeksi laaja, jotta ilma ei lämpene liikaa, mutta ilmastointia voidaan myös hyödyntää. Kaapelitilat eristetään viereisistä tiloista palonkestävästi ja jaetaan enintään 50 metrin pituisiin palo-osastoihin, jotka varustetaan molemmista päistä ovilla. (PSK 2005, 4.)

Sähkötiloja sijoittaessa tilat pyritään keskittämään ja sijoittamaan muuntajatilaa viereen tai yläpuolelle siten, että kaapelointi- ja häviökustannukset minimoituvat. Sähkötilat mitoitetaan niin, että asennus-, käyttö- ja huoltotoimenpiteet sekä laajennukset ja huoltotyöt voidaan

helposti suorittaa. Keskusten syvyydet ovat yleensä 0,40-1,00 metriä ja korkeudet 1,90-2,30 metriä. Oven korkeus sähkötilaan on oltava vähintään 2,70 metriä. Mikäli kaapelitila sijoitetaan kojeistojen yläpuolelle, on sähkötilan korkeuden oltava vähintään 3,50 metriä. Sähkötilojen ilmastointi mitoitetaan niin, että ilman keskilämpötila on vuorokauden aikana noin 30 °C. (PSK 2002, 2-3, 5.) Sähkötilan kokoon vaikuttaa myös laitteiden määrä ja moottoritehot. Sähkötilaan on myös hyvä varata tilaa tulevaisuuden laajennuksia varten.

4.4 Laitteiden turvallisuus ja huolto

Metsäteollisuuden tuotantoprosesseja koskevat lain mukaiset määräykset liittyen turvallisuuteen, kuten työntekijöiden työnsuojelu sekä työympäristön turvallisuusvaatimukset. Tärkeimpiä lakeja ja päätöksiä ovat työturvallisuuslaki sekä valtioneuvoston päätökset koskien henkilökohtaisia suojaimia (1406/1993) ja koneiden turvallisuutta (400/2008). (Seppälä 2004, 186.)

Valtioneuvoston päätöksessä henkilösuojaimista (1406/1993) kerrotaan tarkkaan, mitä vaatimuksia suojaimilla tulee olla, jotta niitä saa käyttää. Henkilösuojaimien tulee olla ergonomisia, mahdollisimman kevyitä ja estottomia suojaustehoa vähentämättä ja niissä tulee olla EY-merkintä, eli terveysmerkintä. Melusta aiheutuu riskiä kuulolle erityisesti jauhinten lähellä, mutta siitä aiheutuvaa melua voidaan vähentää esimerkiksi koteloimalla jauhin (SFS-EN 1034-1 + A1, 46, 48). Melua voidaan yrittää vähentää myös vaimentamalla jauhimesta aiheutuvaa ääntä (SFS-EN 1034-8, 13). Hyvän työympäristön melutason ylärajana tuotantotiloissa on 75 dB (PSK 4101, 12). Mikäli melupäästöjä ei saada vähennettyä turvalliselle tasolle, tulee jauhinosastolla käyttää Valtioneuvoston päätöksen (1406/1993) mukaisia kuulosuojaimia.

Valtioneuvoston asetuksessa koneiden turvallisuudesta (400/2008) kerrotaan koneiden suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvistä terveysturva- ja turvallisuusvaatimuksista. Koneesta täytyy löytyä CE-merkintä kiinnitettynä. CE-merkintä on pakollinen koneissa, joita koskevat EU:n vaatimat direktiivit ja standardit (SFS 2020d). Koneen valmistajan täytyy muun muassa

suorittaa riskin arviointi koneelle, minkä jälkeen kone on suunniteltava ja rakennettava riskit huomioon ottaen. Kone on suunniteltava niin, että sitä ei voida käyttää tavalla, josta voi aiheutua riskejä. Jos konetta ei voida nostaa tavanomaisella nostolaitteella, täytyy koneeseen myös lisätä kiinnityskorvakkeet. Koneen osien tulee myös kestää koneen käytöstä niihin kohdistuvaa räsitystä.

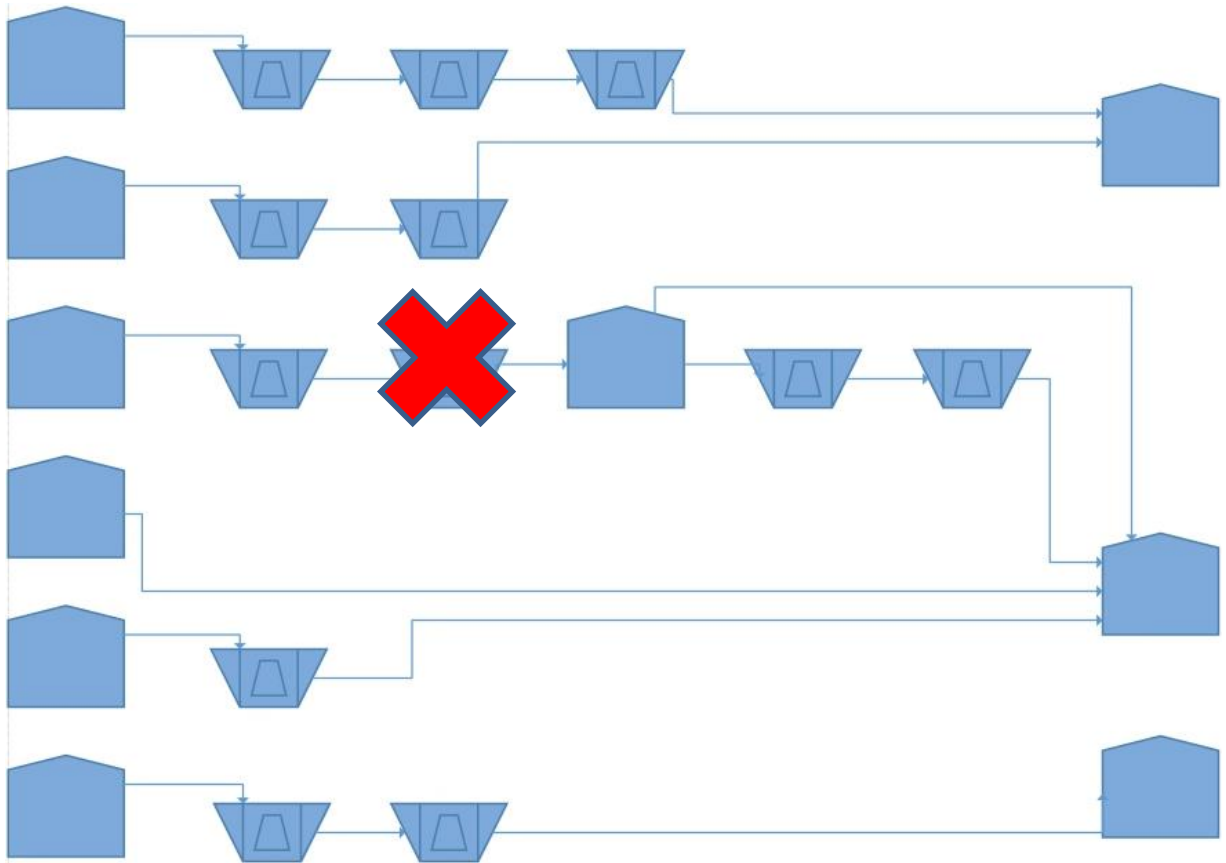
Laitteen ohjausjärjestelmät on myös suunniteltava sellaisiksi, että ne estävät vaaratilanteet. Kaikkia turvallisuuteen liittyviä ohjausjärjestelmän osia on käytettävä yhtenäisellä tavalla koko laitteen kokoonpanossa. Erityistä huomiota tulisi kiinnittää laitteen pysäytyskäskyihin. Koneen pysähtymiselle ei saa olla esteitä, jos pysähtymiskäsky on annettu. Lisäksi koneessa täytyy olla hätäpysäytyslaite, joka pysäyttää vaarallisen prosessin. Kone ei myöskään saa käynnistyä odottamattomasti. Käynnistymisen täytyy tapahtua tarkoituksellisesti ohjauslaitteen kautta. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008.)

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta (400/2008) sisältää myös määräyksiä liittyen koneen kunnossapitoon ja huoltoon. Kunnossapitokohtien on sijaittava vaaravyöhykkeiden ulkopuolella ja mahdolliset säätö-, kunnossapito-, korjaus-, puhdistus- ja huoltotoimenpiteet on voitava tehdä koneen ollessa pysähtynyt. Lisäksi automaattisten koneiden usein vaihdettavat osat tulee olla helposti ja turvallisesti irrotettavia. Esimerkiksi jauhimissa tämä tarkoittaa jauhinterän vaihtoa. Myös koneen sisäosat tulee voida puhdistaa tarvitsematta mennä koneen sisään.

Laitteiden huolto täytyy suunnitella tarkasti. Yleensä laitteet voidaan huoltaa joko paikan päällä tai korjaamossa. Hyvä lähtökohta on olettaa, että jokainen laite tullaan joskus sen elinkaaren aikana huoltamaan korjaamossa, mitä varten laitteelta tulee olla huoltoreitti sinne. Oli huoltoreitti mikä tahansa, tulee laitteen liikuttamista varten olla nosturi. Lisäksi laitteen ympärillä täytyy olla tarpeeksi tilaa, jos huolto päätetään suorittaa paikan päällä. (Mecklenburgh 1985, 272-274.)

5. ESIMERKKIKOHDE

Tässä kappaleessa tarkastellaan erään kartonkikoneen jauhimien layout-suunnittelua. Tarkastelun pohjana on käytetty todellista suunnittelutyötä, jonka AFRY on suorittanut. Jauhatusjärjestelmän mallina käytetään aiemmin työssä esitettyä yleistä kartonkikoneen jauhatusjärjestelmää. Mallin tapauksessa punaisella merkitty jauhin on elinkaarensa lopussa ja se joudutaan uusimaan. Malli on esitetty Kuvassa 6.



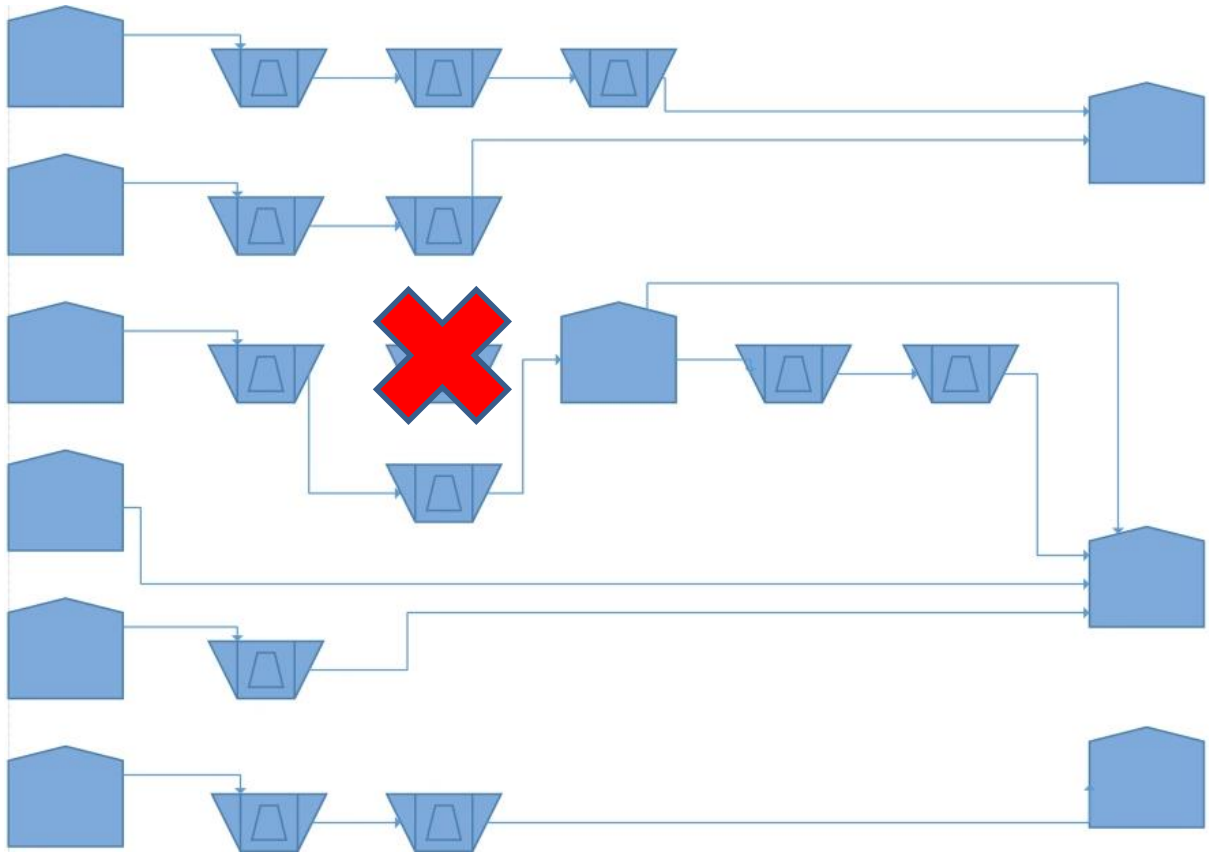
Kuva 6

Mallijauhatusjärjestelmä.

Projekti alkaa selvittämällä prosessimitoitus. Mitoituksen perusteella laitetoimittaja valitsee parhaiten soveltuvan jauhimen. Tässä tapauksessa uudeksi jauhimeksi valitaan kartiojauhin, johon saadaan laitetoimittajalta mittakuva.

Kun uuden jauhimen tiedot ovat selvillä, voidaan aloittaa sopivan tilan etsiminen uudelle jauhimelle. Tilan tulisi olla mahdollisimman lähellä korvattavaa jauhinta, jotta uudelle jauhimelle ei tarvitsisi vetää pitkiä putkituksia. Jos tilaa ei ole saatavilla, on myös mahdollista korvata useampi nykyinen laite yhdellä isommalla. Siinä tapauksessa laitteiden purku ja uuden asentaminen olisi pakko tehdä seisokin aikana, mistä voi aiheutua ongelmia. Esimerkiksi aikataulun venyminen tarkoittaisi myös seisokin pitenemistä, mikä vähentäisi tuotantoa. Lisäksi käynnin aikana suoritettavaa asennusta on helpompi johtaa ja kustannukset ovat halvempia.

Esimerkkitapauksessa jauhimen uusintaan oli varauduttu ennakkoon tekemällä tilavaraus. Vanhoja käytöstä poistettuja prosessilaitteita oli poistettu aikaisemmin, millä saatiin tilaa uudelle jauhimelle. Tilaa on varattava myös jauhimen teränvaihdolle ja huollolle noin 1,80 metriä. Lisäksi on selvitettävä, kestäkö sijoituspaikka uuden jauhimen kuormat. Mikäli lattia ei kestäisi, joutuisi rakennesuunnittelija tekemään rakennevahvistuksen lattiaan tai vaihdettaisiin sijoituspaikkaa. Tässä tapauksessa lattia kestää, joten uuden jauhimen asennus voidaan aloittaa heti tuotantoa keskeyttämättä. Kuvassa 7 on esitetty jauhatusjärjestelmä uudella jauhimella.



Kuva 7 Jauhatusjärjestelmä, jossa on uusi jauhin.

Kun uuden jauhimen paikka on selvillä, voidaan suunnitella putkitukset jauhimelle. Massaputken tulee kulkea mahdollisimman suoraviivaisesti jauhimelle ja sieltä pois. Koska uusi jauhin on vanhan vieressä, ei massaputkea tarvitse vetää kauas ja siihen ei tule paljon mutkia. Massaputkea tehdessä tulee huomioida, ettei putkeen jää umpiperiä. Umpiperään jää massaa, joka muuttuu epäpuhtaudeksi. Tämä vaikuttaa negatiivisesti lopputuotteeseen esimerkiksi mustina pilkkuina kartongissa. Jauhin tarvitsee myös tiivistevevettä ja linjastonhuuhteluvettä, joita varten tarvitaan putkitukset. Lisäksi jauhimen lähellä tulee olla viemäri, johon pesuvedet voidaan ohjata lattiakallistuksen avulla. Tällöin vedet eivät jää seisomaan jauhimen ympäristöön ja aiheuta liukastumisvaaraa.

Jauhin sähköistetään nykyisestä sähkötilasta, joka sijaitsee lattian alapuolella. Lattiaan on siis tehtävä reikä läpivientiholkille, jonka kautta kaapeli voidaan viedä jauhimeen. Läpiviennin aukkoon asennetaan myös palokatko, jolla estetään mahdollisen palon leviäminen.

Koska jauhimet on asennettu lattiatasolle, ei työskentelytasoja tarvita ollenkaan. Lisäksi huoltotie kulkee jo valmiiksi jauhinten vierestä ja katosta löytyy huoltonosturi, jolloin laitetta on helppo huoltaa ja esimerkiksi teränvaihto suorittaa. Jauhimen vieressä kulkevan kanaalin päälle asetettiin ritiläkansi jauhimen huollon helpottamista varten.

Jauhinten on muutenkin hyvä olla keskitetysti yhdellä alueella huollon kannalta. Koska jauhimet ovat lähellä toisiaan, on myös ilmanvaihdosta huolehdittava ylikuumenemisen takia.

Jauhimen toimintaa seurataan ottamalla prosessinäytteitä ennen ja jälkeen jauhatuksen. Näytteenottoaikoilla tulee olla turvallista työskennellä, joten paikalla on oltava valoisaa ja lattia ei saa olla liukas. Jauhimen lähellä onkin viemäri, johon lattialle tippuvat vedet ohjautuvat.

6. YHTEENVETO

Työssä perehdyttiin kartonkikoneen ja erityisesti jauhimen toimintaan osana kartongin valmistusta. Kartonkikoneen jauhatusjärjestelmä koostuu jauhinlinjoista, jotka voivat sisältää erilaisia jauhimia, kuten kartio- tai kaksoislevyjauhimia. Kartiojauhin on kuitenkin yleisesti käytetympi sen parempien ominaisuuksien, kuten suuremman jauhatuspinnan, vuoksi. Yleensä eri kuiduilla käytetään erillisiä jauhinlinjoja ennen kuin ne sekoitetaan sekoitussäiliöissä. Jauhatuksen vaikutukset kuitujen ominaisuuksiin voidaan jakaa kuuteen mekanismiin, joilla vaikutetaan valmiin kartongin ominaisuuksiin olennaisesti. Jauhatuksen tulos riippuu pääsääntöisesti kuiduista, jauhatuksen määrästä, jauhatustavasta ja prosessiolosuhteista.

Osana työtä perehdyttiin myös suunnittelustandardeihin. Standardit ovat yhteisesti hyväksytyjä määritelmiä, jotka nopeuttavat ja suoraviivaistavat suunnittelua. Ne käsittelevät suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä, kuten kulkureittejä ja työtasoja, putki- ja kaapelireittejä, sähkötiloja sekä turvallisuutta. Standardeja noudattamalla voidaan taata asiakkaalle tuotteen turvallisuus.

Tärkeimpiä standardeja laativat Suomen Standardisoimisliitto SFS ry sekä PSK Standardisointi. Suurin osa SFS- ja PSK-standardeista perustuvat eurooppalaisiin tai kansainvälisiin standardeihin. PSK:n laatimia standardeja käytetään pääasiassa teollisuudessa suunnittelun pohjana. Lisäksi suunnittelutoimistoilla voi olla omia ohjeita ja standardeja suunnittelun suorittamiseen.

Tässä työssä suoritettiin layout-suunnittelu kartonkikonelinjan uudelle jauhimelle. Työn tavoitteena oli selvittää, kuinka prosessin layout-suunnittelu toteutetaan suunnittelutoimiston pääsuunnittelijan näkökulmasta. Esimerkkikohteena tarkasteltiin erään kartonkikoneen jauhimen layout-suunnittelua, minkä pohjana käytettiin AFRYn suorittamaa todellista suunnittelutyötä. Layout-suunnitelmaa tehdessä tuli huomioida laitteen koko, sen tarvitsemat kaapelit ja putket sekä tilavaraus huollolle. Jauhinosastolta oli jo aiemmin poistettu vanhoja laitteita, millä saatiin tilaa uudelle jauhimelle. Koska jauhin sijoitettiin vanhan lähelle, oli myös uudet putki- ja kaapelireitit helppo suunnitella jauhimelle, jolloin niistä saatiin mahdollisimman suoraviivaiset. Lopuksi varmistettiin, että jauhimella on kaikki tarpeellinen huollon suorittamiseen sekä näytteenottoaikat prosessin valvomiseen.

LÄHTEET

Apple, J.M. 1977. Plant Layout and Material Handling. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, Inc. 488 s. ISBN 0-471-07171-4

Hägglom-Ahnger, U & Komulainen, P. 2006. Paperin ja kartongin valmistus. Jyväskylä: Opetushallitus. 279 s. ISBN 952-13-1746-9

Kantanen, K, AFRY Finland Oy. 2020. Sisäinen ohje.

Karlsson, M. 2010. Papermaking Science and Technology: Book 9, Papermaking part 2, Drying. Totally updated. Helsinki: Finnish Paper Engineers' Association : Paperi ja Puu Oy. 634 s. ISBN 978-952-5216-37-0

KnowPap. 2005. Paperin ja kartongin valmistus. [Verkko-oppimisympäristö]. [Viitattu 10.1.2020]. Saatavissa:

http://www.knowpap.com/www_demo/suomi/paper_technology/general/5_papermaking/frame.htm

Lumiainen, J. 1998. Refining of chemical pulp. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 28.2.2020]. Saatavissa: <https://turbulence-initiated.sites.olt.ubc.ca/files/2013/01/1998-Lumiainen-Ch4.pdf>

Luonnonvarakeskus. 2015. Suomen metsät Euroopassa. [Verkkosivu]. [Viitattu 8.1.2020]. Saatavissa:

<https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/metsavarat-ja-metsasuunnittelu/suomen-metsat-euroopassa-vuonna-2015/>

Mecklenburgh J.C. 1985. Process plant layout. London: Godwin. 625 s. ISBN 0-7114-5754-9

Parason. 2020. Twin Disc Refiner. [Verkkosivu]. [Viitattu: 13.2.2020]. Saatavissa:

<https://parason.com/products/refining/twin-disc-refiner/>

Paulapuro, H. 2008. Papermaking Science and Technology: Book 8, Papermaking part 1, Stock Preparation and Wet End. Totally updated. Helsinki: Finnish Paper Engineers' Association : Paperi ja Puu Oy. 515 s. ISBN 978-952-5216-25-7

PSK Standardisointi. 2019. Yleistä. [Verkkosivu]. [Viitattu 4.2.2020]. Saatavissa:

<https://psk-standardisointi.fi/psk/yleista/>

PSK 2002. Sähkötilat enintään 1000 V. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. 2002. 11 s.

PSK 2005. Kaapelireittien suunnittelu. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. 2004. 6 s.

PSK 2640. Teollisuuden kone- ja laitoshankinnat. Putkistosuunnittelun toteutusperiaatteita. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. 2011. 11 s.

PSK 4101. Melun hallinta teollisuuden laitehankinnoissa. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. 2005. 25 s.

Seppälä, M. 2004. Paperimassan valmistus. Saarijärvi: Gummerus Kirjapaino Oy. 196 s. ISBN 952-13-1142-8

SFS Suomen Standardisoimisliitto. 2020a. Standardien laadinta. [Verkkosivu]. [Viitattu 4.2.2020]. Saatavissa:

https://www.sfs.fi/standardien_laadinta

SFS Suomen Standardisoimisliitto. 2020b. Standardien hyödyt. [Verkkosivu]. [Viitattu 4.2.2020]. Saatavissa:

https://www.sfs.fi/ajankohtaista/standardien_hyodyt

SFS Suomen Standardisoimisliitto. 2020c. Mikä SFS on? [Verkkosivu]. [Viitattu 4.2.2020]. Saatavissa: https://www.sfs.fi/sfs_ry

SFS Suomen Standardisoimisliitto. 2020d. 30 vuotta CE-merkintää. [Verkkosivu]. [Viitattu 14.4.2020]. Saatavissa: https://www.sfs.fi/ajankohtaista/uutiset/30_vuotta_ce-merkintaa.5353.news?gclid=CjwKCAjw-YT1BRAFEiwAd2WRtnc2Owxnr639fzWh2GhVkWyrMoB6_0z4C8BNVK_I_VGE2zjLhLnFxoClxUQAvD_BwE

SFS-EN 1034-1 + A1. Safety of machinery. Safety requirements for the design and construction of paper making and finishing machines. Part 1: Common requirements. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 2010. 35 s.

SFS-EN 1034-8. Safety of machinery. Safety requirements for the design and construction of paper making and finishing machines. Part 8: Refining plants. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 2012. 17 s.

SFS-EN 1034-16. Safety of machinery. Safety requirements for the design and construction of paper making and finishing machines. Part 16: Paper and boardmaking machines. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 2012. 47 s.

Valmet. 1997. Puusta paperiin: M-506 Kartonkikoneet. Saarijärvi: Gummerus Kirjapaino Oy. 255 s. ISBN 951-9309-79-9

Valmet. 2020a. Conical disc refiner. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 2.4.2020]. Saatavissa: https://valmetsites.secure.force.com/solutionfinderweb/FilePreview?id=06958000000bPa1AAE&_ga=2.165130239.1522269201.1587115774-1355341157.1578483919

Valmet. 2020b. Double disc refiner. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 2.4.2020]. Saatavissa: https://valmetsites.secure.force.com/solutionfinderweb/FilePreview?id=06958000000bPX1AAE&_ga=2.236292033.1522269201.1587115774-1355341157.1578483919

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008. Annettu Helsingissä 12.6.2008.
[Viitattu 13.4.2020]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080400>

Valtioneuvoston päätös henkilösuojaimista 1406/1993. Annettu Helsingissä 22.12.1993.
[Viitattu 13.4.2020]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1993/19931406>