



# Sahalinjan kriittisyysanalyysi

Antti Salmia

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2019

Biotuote- ja prosessitekniikka  
Biotuotetekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Biotuote- ja prosessitekniikka  
Biotuotetekniikka

ANTTI SALMIA:  
Sahalinjan kriittisyysanalyysi

Opinnäytetyö 35 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Huhtikuu 2019

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suorittaa kriittisyysanalyysi sahalinjan laitteille Metsä Fibren Vilppulan sahalla. Työ oli osa sahan kunnossapitosuunnitelman päivitystä tuotantokatkoksien estämiseksi ja niiden keston lyhentämiseksi. Vastaavanlainen kriittisyysanalyysi tullaan suorittamaan muillakin Metsä Fibren sahoilla koko laitoksen mittakaavalla, ja tämä työ toimi pilottina yhteisen toimintamallin suunnittelussa. Keskeisenä työkaluna kriittisyysanalyysin teossa toimi PSK 6800 Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa –standardiin pohjautuva taulukkolaskentaohjelma, joka muokattiin sopimaan paremmin sahateollisuuden tarpeisiin yhdessä muiden sahojen suunnittelijoiden kanssa. Varsinainen kriittisyysluokittelu suoritettiin yhteistyössä sahalinjan toiminnan tuntevan henkilöstön kanssa. Laitteet luokiteltiin neljään eri kriittisyysluokkaan kriittisyysindeksien perusteella. Työn aikana koottiin myös listat sahalinjan varaosista toiminnanohjausjärjestelmän rakennepuun päivittämistä varten.

Kriittisimmät laitteet sahalinjalla olivat tukinpyöritin, pelkkasaha, jakosaha, erotelukuljetin EK3 sekä pelkkahakkuri. Muita kriittisyysanalyysin perusteella A-luokkaan päätyneitä laitteita olivat sahalinjan alussa sijaitsevat hihnakuljettimet, pelkankäännin 1 sekä alasahan hake- ja purukuljettimet.

Kriittisyysanalyysin tulosten pohjalta laitteiden kunnan seuranta ja ennakkohuoltoa pystytään kohdistamaan sahausprosessin kannalta kriittisimpiin kohteisiin. Suurkorjauksien ja muiden investointien suunnitteleminen prosessin heikoimpiin kohtiin helpottuu, kun tiedetään mikä osuus aiheuttaa vikaantuessaan suurimmat tappiot. Tuloksia voidaan käyttää apuna myös määrittäessä mitä varaosanimikkeitä yrityksen varastosta tulisi löytyä. Työn aikana luodulla kriittisyysanalyysityökalulla tullaan arvioimaan myös muut sahan osa-alueet.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Bioproduct and Process Engineering  
Bioproduct Engineering

ANTTI SALMIA:  
Criticality Analysis of the Sawing Line

Bachelor's thesis 35 pages, appendices 2 pages  
April 2019

---

The purpose of this thesis was to analyse critically a sawing line to reduce production downtime and streamline maintenance. The work was carried out at Metsä Fibre Vilppula sawmill. A similar analysis will be done at the other Metsä Fibre sawmills, as well. This work was a pilot project to design a common strategy between production plants. The main tool during this work was PSK 6800 Criticality Classification of Equipment in Industry standard which was adapted to suit the demands of the sawmill. The design and implementation of the criticality analysis was created in collaboration with maintenance and production workers, maintenance supervisors and maintenance planners at the mill.

The most critical devices based on the analysis were the log positioner, cant saw, rip saw, board separating conveyor EK3 and chipper canter. Other devices at the top of the Class A were belt conveyors at the beginning of the sawing line, cant turner 1, wood chip conveyers and saw dust conveyors.

With these results company can target preventive maintenance directly to the most critical devices and plan major repairs and investments to the weakest parts of the process. They also help define spare part stock to avoid unexpected shortages.

---

Key words: criticality analysis, sawing line, maintenance

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	VILPPULAN SAHA .....	8
3	SAHALINJAN RAKENNE .....	9
3.1	Sahalinja yleisesti.....	9
3.2	Sahalinjan laitteet ja sahausprosessi .....	10
3.2.1	Kuorimon jälkeiset Tähkän kuljettimet .....	10
3.2.2	Mittauskuljetin.....	11
3.2.3	Kaksiroottorinen Login 2R RCS tukinpyöritin.....	11
3.2.4	Pelkkahakkuri .....	12
3.2.5	Pelkanmittauskuljetin.....	12
3.2.6	Pelkkasaha .....	13
3.2.7	Erottelukuljetin EK2 .....	13
3.2.8	Pelkankäännin 1 ja jakosahan syöttökuljetin .....	14
3.2.9	Jakosaha .....	14
3.2.10	Erottelukuljetin EK3.....	14
3.2.11	Erottelukuljetin EK4.....	15
3.2.12	Pelkankäännin 2 ja ristosahan syöttökuljetin.....	15
3.2.13	Ristosaha .....	16
3.2.14	Alasahan kuljettimet.....	16
3.3	Hydrauliikka, pneumatiikka ja voitelu .....	17
3.4	Sähkö- ja automaatiojärjestelmät.....	18
4	KRIITTISYYSANALYYSI .....	19
4.1	PSK 6800 Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa .....	19
4.1.1	Kriittisyyden arviointi standardin mukaan .....	19
4.1.2	Standardin soveltaminen sahoille .....	23
4.2	Sahalinjan kriittisyyden määrittäminen .....	26
4.2.1	Työn rajaus ja laitteiden listaaminen.....	26
4.2.2	Kriittisyysluokittelu .....	28
5	TULOKSET .....	29
6	POHDINTA .....	31
	LÄHTEET.....	32
	LIITTEET .....	34

Liite 1. PSK 6800 standardin mukainen laskentataulukko (PSK 6800 2008, 14).....	34
Liite 2. Sahoille sovellettu laskentataulukko (Botnia Mill Service 2019, muokattu).....	35

**LYHENTEET JA TERMIT**

kiramo	tukinnostolaite
kurso	irtoterien kiinnityspukki
lenkous	puun käyryys
pelkka	neljältä sivulta tasaiseksi haketettu puunrunko
RCS	Rotation Correction Scanner
sydäntavara	sahatavara, joka valmistetaan tukin keskiosasta

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli soveltaa PSK 6800 Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa -standardin mukaista kriittisyysluokittelutyökalua saha-teollisuuteen ja analysoida sen avulla sahalinjan kriittisyyttä. Työ suoritettiin Metsä Fibren sahalla Vilppulassa. Kriittisyysanalyysi oli osa kunnossapitosuunnitelman päivitystä ja sen perusteella haluttiin selvittää lähtökohdat ennakkohuollolle sekä varaosien tarpeelle kunnossapidon sujuvoittamiseksi ja tuotantokatkoksien lyhentämiseksi. Vastaavanlainen kriittisyysanalyysi suoritetaan kaikilla Suomessa sijaitsevilla Metsä Fibren sahoilla koko laitoksen mittakaavalla, ja tämä työ toimi eräänlaisena pilottina yhteisen toimintamallin suunnittelussa.

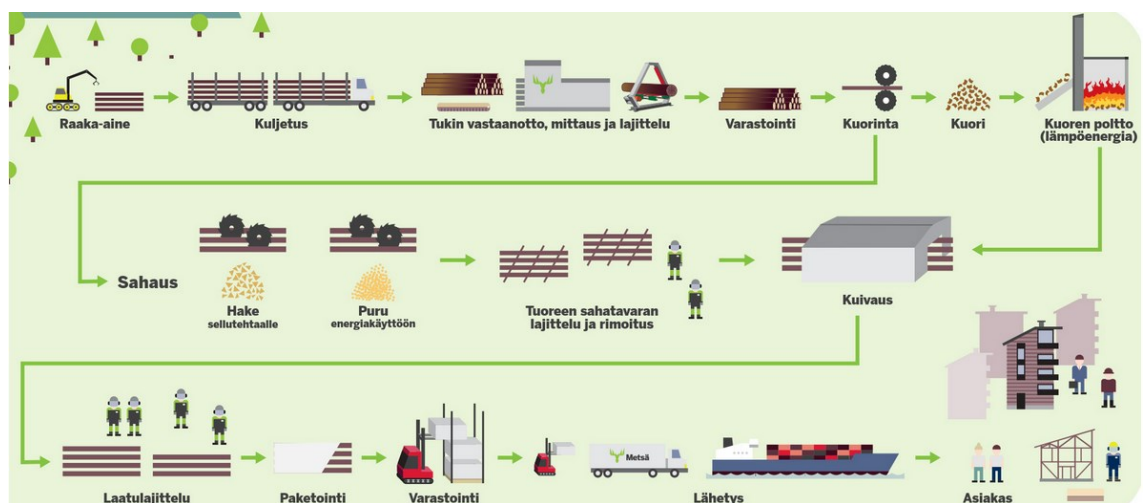
Aikaisemmin ulkoistettuna ollut kunnossapito siirtyi takaisin sahan vastuulle vuoden 2019 alusta, ja samalla varaosavarasto sekä kunnossapitotilat siirrettiin uudistettuihin tiloihin. Tämän johdosta haluttiin selvittää mitä prosessin kannalta elintärkeitä varaosanimikkeitä tulee löytyä yrityksen omasta varastosta, ja mihin kohteisiin ennakkohuoltoa ja kunnossapidon seurantaa tulisi kohdistaa. Työ suoritettiin hyödyntämällä tietojärjestelmiä ja sahalla työskentelevien asiantuntijoiden kokemusta sekä tietoa sahalinjasta ja sen koneista. Yhteistyössä oli mukana muun muassa kunnossapidon ja tuotannon työntekijöitä sekä esimiehiä ja suunnittelijoita. Analyysi rajattiin koskemaan tämän työn osalta ainoastaan varsinaisella sahalinjalla olevien päälaitteiden kriittisyyttä sekä niiden toimimiseen vaadittavia hydraulikkoja, pneumatiikkoja sekä sähkö- ja automaatiojärjestelmiä.

Keskeisenä työkaluna kriittisyysluokittelun teossa toimi PSK standardisoinnin vuonna 2008 julkaistu PSK 6800 standardi, johon tämän opinnäytetyön aikana suunniteltu kriittisyysanalyysimenettely pohjautui. Kriittisyysluokittelupohjan analyysiä varten toimitti Metsä Fibren ja Caverionin omistama Botnia Mill Service, joka on erikoistunut metsä- ja prosessiteollisuuden kunnossapitoon ja suunnitteluun (Caverion Oyj). Samalla työkalulla oli tehty jo aikaisemmin Metsä Fibren Äänekosken biotuotetehtaan kriittisyysanalyysi ja se muokattiin sopimaan paremmin saha-teollisuuteen.

## 2 VILPPULAN SAHA

Metsä Fibren Vilppulan saha on tällä hetkellä maailman modernein saha ja yksi Euroopan suurimmista sahoista yli 500 000 sahatavarakuutiometrin vuotuisella tuotannolla. Raakapuuta sahalla kuluu vuodessa reilu miljoona kuutiometriä ja 97 % siitä on sertifioitua puuta. Metsä Fibren sahat valmistavat puutavaraa tuotemerkillä Nordic Timber, jonka kuusisahatavarasta noin 90 % menee vientiin. Merkittävimmät markkina-alueet Euroopan lisäksi ovat Lähi-idässä, Pohjois-Afrikassa ja Itä-Aasiassa. Kuusisahatavaraa voidaan käyttää muun muassa rakentamiseen ja erilaisiin puusepäntuotteisiin. Kuusipuun yhtenäinen väri, terveksäinen ulkonäkö sekä tiheäsyinen rakenne tekee siitä hyvän materiaalivaihtoehdon esimerkiksi sisä- ja ulkoverhoilupaneeleihin ja huonekaluihin. (Vilppulan saha 2019; Metsä Fibre Vuosiraportti 2018, 10; Sahatavaratuotteet 2019.)

Prosessissa syntyvät sivuvirrat hyödynnetään myös tehokkaasti, kuten kuviossa 1 on esitetty. Pelkkahakkurin hake kuljetetaan sellutehtaille, sahauksesta syntyvä puru suoraan viereiselle Vapon puupellettitehtaalle ja puunkuori poltetaan energiaksi sahan omalla voimalaitoksella. Puu tuodaan sahalle pääsääntöisesti noin sadan kilometrin säteeltä ja käytännössä kaikki siitä on ollut viime vuosina kuusipuuta. Myös mäntyä on sahattu jonkin verran aikaisempina vuosina. (Vilppulan saha 2019; Metsä Group Intranet 2019.)



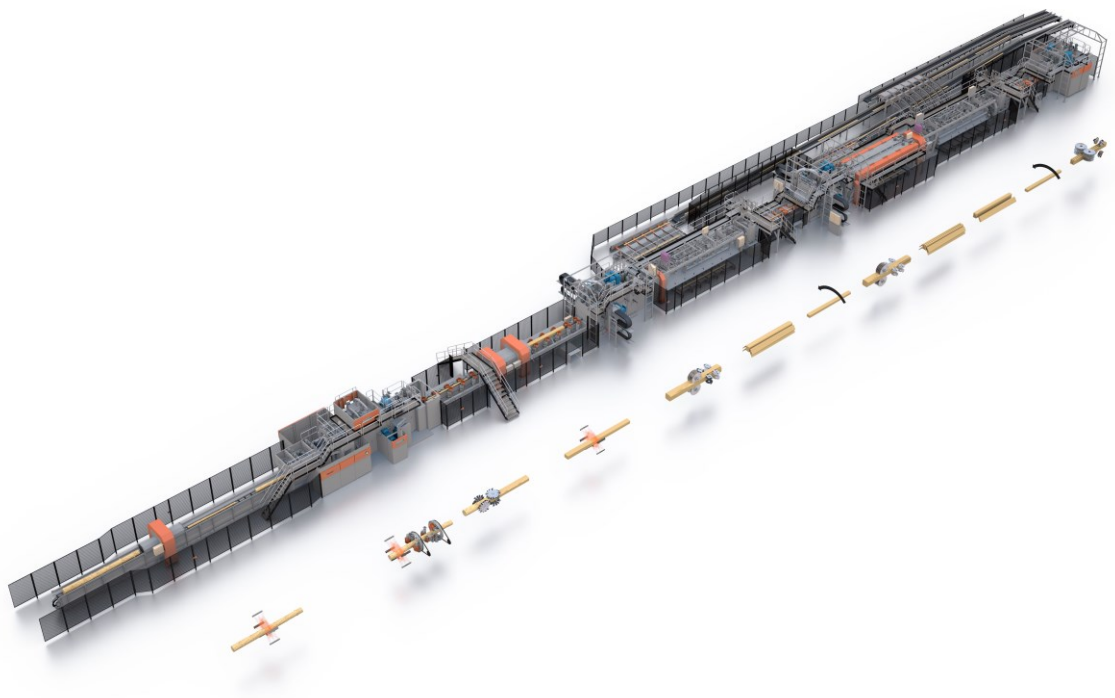
KUVIO 1. Sahatavaran valmistusprosessi (Metsä Fibre Oy 2019)



### 3 SAHALINJAN RAKENNE

#### 3.1 Sahalinja yleisesti

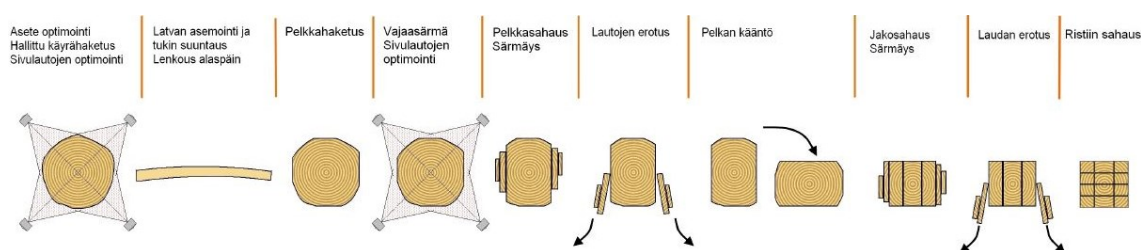
Vilppulan sahalla on käytössä Veisto Oy:n valmistama HewSaw SL250 3.4 sahalinja (kuvio 2). Sahalinjan pituus on 104 m ja sen ajonopeutta pystytään säätämään 55 – 200 m/min välillä. Se koostuu pelkkahakkurista, kolmesta sahausyksiköstä sekä erilaisista apulaitteista, kuljettimista ja mittareista. Sahalinjan tuotantokapasiteetti on noin 520 000 m<sup>3</sup> sahatavaraa vuodessa (Vilppulan saha 2019). Linja on suunniteltu latvahalkaisijaltaan 80 – 420 mm, tyvihalkaisijaltaan enintään 550 mm ja 2.4 – 6,2 m pituisten tukkien sahaukseen. Sahaus optimoidaan erikseen jokaiselle sahalinjalla kulkevalle tukille, jotta saanto ja laatu saataisiin mahdollisimman korkeaksi. Tukkeja on mahdollista sahata myös kiinteällä asetteella ilman optimointia. Sahalinja on toiminnassa vuorokauden ympäri arkipäivisin, ja viikonloput ovat varattu huoltotöille varsinkin koh-teissa, joihin ei päästä ajon aikana. Osa sahalinjan kuljettimista on Tähkän ja Jartekin valmistamia. (HewSaw SL250 3.4 Käyttö- ja huolto-ohjeet 2017, 5.)



KUVIO 2. HewSaw SL250 3.4 Sahalinja (Veisto Oy 2013)

## 3.2 Sahalinjan laitteet ja sahausprosessi

Vilppulan sahalinjalla on käytössä pohjoismaissa yleisesti havupuille käytössä oleva pelkka- eli nelisahaus (KnowTimber 2019). Kuviossa 3 on esitelty pääpiirteittäin sahausprosessin kulku Tähkän mittakuljettimelta ristosahalle asti. Yksinkertaistettuna kuorittu tukki mitataan kolmiulotteisesti ja käännetään lenkouden perusteella oikeaan asentoon pelkkahakkurille, jossa se haketetaan neljältä sivulta neliskanttiseksi. Seuraavissa prosessin vaiheissa hakkurin hakettamaa ulkopintaa ei tarvitse työstää enää uudestaan ja puunrunko on helpommin hallittavassa muodossa. Sahausyksiköissä pelkasta sahataan mittauksen perusteella optimoidusti sivulaudat sekä sydäntavarat. Ennen jakosahaa ja ristosahaa pelkka on käännettävä 90° kyljelleen, jotta se on oikeassa asennossa pyöröteriin ja särmäyksiköihin nähden.



KUVIO 3. Sahausprosessi (HewSaw SL250 3.4 2013)

### 3.2.1 Kuorimon jälkeiset Tähkän kuljettimet

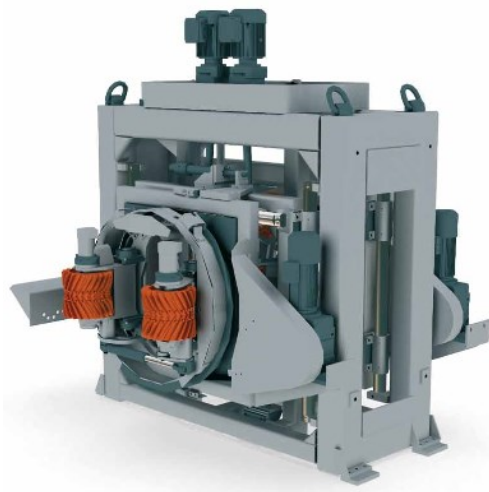
Sahalinjan ensimmäiseksi osuudeksi katsotaan kuorimon jälkeisten annostinkiramoitten ja väliannostimien jälkeen tulevat kuljettimet, jotka siirtävät kuoritut tukit Veiston mittauskuljettimelle. Tähkä Oy:n valmistamia kuljettimia on tällä osuudella yhteensä viisi ennen Veiston mittakuljetinta. Yhdellä näistä kuljettimista sijaitsee varsinaisen sahalinjan ensimmäinen Pro Logic Plus tukkimittari, joka mittaa kuoritun puun kolmiulotteisesti. Mittaustietojen perusteella ohjausautomaatiikka optimoi sahauksen erikseen jokaiselle tukille parhaan mahdollisen saannon ja laadun takaamiseksi. (Tukkien sahaansyöttö Kuorintalinja 1 2013, 1; HewSaw SL250 3.4 Käyttö- ja huolto-ohjeet 2017, 48.)

### 3.2.2 Mittauskuljetin

Kun kuorittu puu saapuu ulkoa Tähkän kuljettimilta ensimmäiselle Veiston sahalinjan osuudelle eli mittauskuljettimelle, se mitataan uudestaan kolmiulotteisesti tukkimittarissa. Mittauksella selvitetään tukin asento, joka lähetetään tukinpyörittimen ohjausautomaatikalle. Tukkimittarin yhteydessä myös tukin pituus määritetään valokennoparin avulla. (HewSaw SL250 3.4 Käyttö- ja huolto-ohjeet 2017, 26.)

### 3.2.3 Kaksiroottorinen Login 2R RCS tukinpyöritin

Seuraavassa vaiheessa tukki on käännettävä lenkouden eli puun käyryyden perusteella oikeaan asentoon kaksiroottorisella tukinpyörittimellä (kuva 1). Roottoreiden kääntöliike saadaan aikaan sähköservomootoreilla, ja pyörittimen ensimmäinen roottori kääntyy jo valmiiksi odottamaan tukkia tiettyyn kulmaan tukkimittarilta saamansa lenkouskulman ja valokennojen perusteella. Tukin latva pyritään saamaan pelkkasahan keskilinjalle pyöräytyksen yhteydessä. RCS-mittari (Rotation Correction Scanner) eli käännönkorjausmittari tarkistaa vielä roottorin tekemän käännön. Tukin asentoa voidaan korjata tarvittaessa vielä toisella roottorilla, joka myös syöttää tukin pelkkahakkurin sisään. Roottoreiden välissä olevan valoverhon mittaustieto ohjaa muun muassa tukkia kannattelevia sivuteloja sekä jälkimmäisen roottorin toimintaa. (HewSaw SL250 3.4 Käyttö- ja huolto-ohjeet 2017, 26–27.)



KUVA 1. Login 2R RCS tukinpyöritin (HewSaw LogIn 2012)

### 3.2.4 Pelkkahakkuri

Pelkkahakkurille tullessa tukki haketetaan neljältä sivulta neliskanttisen muotoiseksi pelkaksi sekä vaakatasossa, että pystyssä olevien teräpäiden avulla. Keskitystelat syöttävät tukin syöttöpyörien kautta keskitysläpille, jotka ohjaavat sen edelleen tukkirohjaimelle. Tukirohjaimen syöttöketjut syöttävät puun vaakateräpäiden väliin, jotka hakettavat sen sivut. Sivuohjaimet tukevat pelkkaa terien työstämää pintaa pitkin pystyterille asti, jotka hakettavat tukin ylä- ja alapinnan. Pystyterien jälkeen pelkkaa tuetaan pystyohjaimilla hakettettua suoraa pintaa pitkin ulosvetoteloille asti, jotka poistavat pelkan hakkurista pelkanmittauskuljettimelle. Puiden kulkemista hakkurin lävitse seurataan syöttöpyörän moottorin pulssianturilla sekä ohjainten välissä olevilla valokennoilla. Tukkirohjaimen keskilinjakorkeuden säädöstä vastaa ohjaimen servosylinterit mittaustiedon ja asetteen käyryysarvon perusteella. Sekä tukinpyöritin että pelkkahakkuri ovat asennettu samalle alarungolle, jonka korkeutta säädetään kuudella ruuvitunkilla. (HewSaw SL250 3.4 Käyttö- ja huolto-ohjeet 2017, 27.)

### 3.2.5 Pelkanmittauskuljetin

Hakkurin ulosvetoteloilta valmis pelkka siirtyy pelkanmittauskuljettimelle, jossa se kulkee kahden mittarin lävitse kohti pelkkasahaa. Mittauksen perusteella ohjausautomaatiikka tarkistaa vielä minkälaiset laudat pelkasta saadaan sahattua. Myös terien kuntoa on mahdollista seurata leikkausjäljen laatua mittaamalla. Pinnanlaadun mittari ei ole ollut käytössä työn suorittamisen aikaan, vaan työstöjälkeä on seurattu silmämääräisesti. Kuljettimen nopeutta voidaan seurata ketjuvedon moottorissa olevan pulssianturin avulla. Neljätoista telaparia tukevat ja keskittävät kuljettimella kulkevaa pelkkaa, joka syötetään pelkkasahan sisään. (HewSaw SL250 3.4 Käyttö- ja huolto-ohjeet 2017, 27.)

### 3.2.6 Pelkkasaha

Pelkkasahan tehtävä on sahata pelkasta irti optimaalisen kokoiset pintalaudat mittauksesta saatujen tietojen perusteella ja särmätä laudat. Tukit ovat käännetty jo ennen kuorimoa kulkemaan linjalla latva edellä, jotta ne saataisiin hyödynnettyä mahdollisimman tehokkaasti sahalinjalla. Pelkka vedetään ohjaimien ja vetotelojen välityksellä sahan oikeaan ja vasempaan pyöröteräyksikköön, jotka koostuvat vielä alemmasta ja ylemmästä teräyksiköstä. Pyöröterät siirtyvät servo-ohjattujen asemointisylintereiden välityksellä haluttuun asemaan mittaustiedon perusteella. Kun pintalaudat on sahattu irti pelkasta, ne särmätään särmäyksyksikössä. Särmäyksyksikön kursot siirtyvät tukkivälin aikana oikeaan leveyteen ja korkeuteen pelkanmittauskuljettimelta saadun mittaustiedon perusteella. Sahan edessä ja sivuohjaimissa olevilla valokennoilla varmistetaan, että tukkiväli on riittävä asetteen vaihtumiseen. Molemmat pyöröteräyksiköt voidaan ajaa ulos koneesta johteita pitkin huollon sekä teränvaihdon ajaksi ja särmäyksyksiköihin pääsee käsiksi huoltoluukkujen kautta. (HewSaw SL250 3.4 Käyttö- ja huolto-ohjeet 2017, 27–28.)

### 3.2.7 Erottelukuljetin EK2

Valmiit pintalaudat kulkevat pelkkasahalta puristettuna pelkan kylkeen erottelukuljettimelle asti, jossa ne tiputetaan sivuluiskille laudanpainimilla ja keventämällä sivutelojen puristusta hetkellisesti. Lautojen pudotus sivuluiskia pitkin poikittaiskuljettimelle ajoitetaan valoverholla riippuen pelkan pituudesta ja linjan nopeudesta. Lautojen pudotusta poikittaiskuljettimelle hidastetaan yläpuolisten kaapparien ja kasettinokkien avulla, jotta laudat pysyvät mahdollisimman hyvässä kunnossa. Poikittaiskuljetin kuljettaa laudat rullakuljettimelle, joka kuljettaa ne edelleen tuorelajitteluun vieville hihnakuljettimille. Poikittaiskuljetin, rullakuljetin sekä hihnakuljettimet ovat Jartekin valmistamia. (HewSaw SL250 3.4 Käyttö- ja huolto-ohjeet 2017, 28–30; Sahalinjan kuljettimia 2013, 1.)

### 3.2.8 Pelkankäännin 1 ja jakosahan syöttökuljetin

Ensimmäisen sahauksen jälkeen pelkka pitää kääntää 90° kyljelleen. Tämä tapahtuu roottorikehälle kiinnitetyn vetävän telaparin avulla. Roottoria pyöritetään asemointisyylintereillä ja sen toimintaa ohjaa kääntimen edessä oleva valokennolari, joka ohjaa myös jakosahan syöttökuljettimen ensimmäistä telaparia. Jakosahan syöttökuljetin toimii valokennoilla ohjatuilla sivutelastoilla sekä ketjuvetoisella vaakatelastolla, jotka keskittävät pelkan jakosahalle. (HewSaw SL250 3.4 Käyttö- ja huolto-ohjeet 2017, 30.)

### 3.2.9 Jakosaha

Jakosahalla pelkasta sahataan uudelleen pintalaudat sekä sydäntavarat. Kuten pelkkasahassa, myös jakosahassa on kaksipuolinen teräyksikkö, joissa molemmissa on ylä- ja alaterät. Sahauksen jälkeen pintalaudat särmätään vielä kahdessa peräkkäisessä särmäyksyksikössä ennen erottelukuljettimelle siirtämistä. Ohjausautomaattikka optimoi sivulautojen leveyden ja korkeuden sekä ohjaa särmäyksyksikön kursot tukkivälin aikana oikeaan korkeuteen ja leveyteen. Sopiva tukkiväli mitoitetaan valkokennojen mittaustiedon perusteella, jotta terät ehtivät siirtyä oikeaan asentoon. Teränvaihdon ja huollon aikana pyöröteräyksiköt voidaan ajaa ulos koneesta johteita pitkin. Sahausta voidaan edelleen jatkaa huollon aikana vain yhdellä yksiköllä, mikäli avatun pyöröteräyksikön suojaovi suljetaan. Pelkka on mahdollista ajaa jakosahan läpi myös kokonaan sahaamatta jos terät siirretään ulkoasentoon. (HewSaw SL250 3.4 Käyttö- ja huolto-ohjeet 2017, 30–32.)

### 3.2.10 Erottelukuljetin EK3

Jakosahan jälkeen pintalaudat erotellaan jälleen sydäntavarasta tiputtamalla ne poikittain sahalinjan alla kulkevalle poikittaiskuljettimelle laudanerotuspainimien ja pneumatiikkasyylintereillä toimivien sivutelojen puristusta hetkellisesti keventämällä. Erotus ajoitetaan valoverholla pelkan pituus ja linjanopeus huomioiden. Lautojen pudotusta hidastetaan kaappareilla ja kasettinokilla kuten aikaisem-

malla erottelukuljettimella. Mikäli pelkasta sahataan kahdet sivulaudat, ne ohjataan samaan kolaväliin poikittaiskuljettimelle. Poikittaiskuljettimelta laudat kulkevat rullakuljettimelle ja rullakuljettimelta tuorelajitteluun vieville hihnakuljettimille. Poikittaiskuljetin, rullakuljetin sekä hihnakuljettimet ovat Jartekin valmistamia. (HewSaw SL250 3.4 Käyttö- ja huolto-ohjeet 2017, 32–33; Sahalinjan kuljettimia 2013, 1.)

### **3.2.11 Erottelukuljetin EK4**

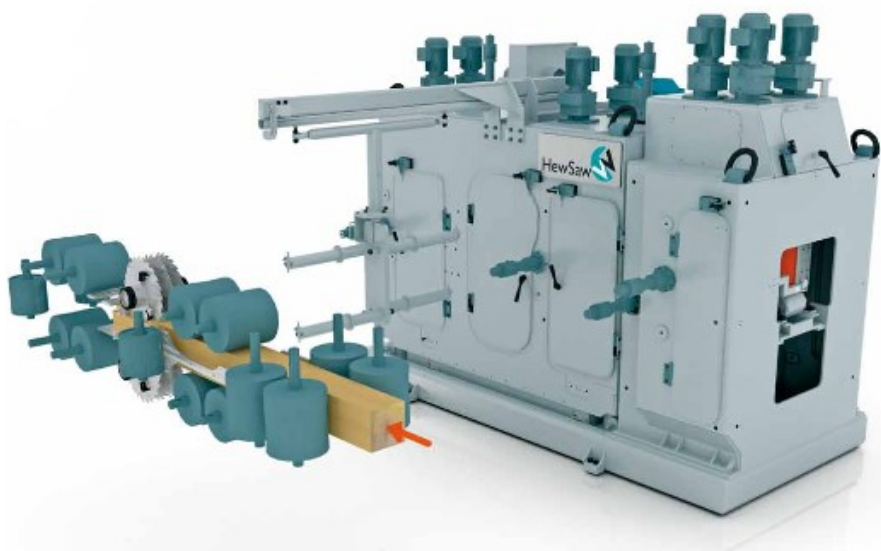
Erottelukuljettimella EK4 yksi sydäntavara poistetaan nipusta joko oikealle tai vasemmalle puolelle. Laudanerotus tapahtuu samalla tavalla kuin aikaisemmilakin kuljettimilla laudanerotuspainimilla ja telojen kevennyksellä. Ennen kuljettimelle luovuttamista sydäntavaranippu on mahdollista mitata ohjausautomaattikan optimoimiseksi esimerkiksi vajasärmien varalta tai pinnanlaadun selvittämiseksi. Poikittaiskuljettimelta puutavara siirtyy tuorelajitteluun kulkeville hihnakuljettimille. Poikittaiskuljetin sekä hihnakuljettimet ovat tälläkin osuudella Jartekin valmistamia. Erottelukuljettimella ei eroteltu lankkuja kriittisyysanalyysin teon aikana ja se arvioitiin vain läpiajon kannalta kriittisten osien kannalta. (HewSaw SL250 3.4 Käyttö- ja huolto-ohjeet 2017, 33; Sahalinjan kuljettimia 2013, 1.)

### **3.2.12 Pelkankäännin 2 ja ristisahan syöttökuljetin**

Toisella pelkankääntimellä pelkka käännetään jälleen 90° kyljelleen ennen ristisahalle tuloa samalla tavalla kuin aikaisemmalla kääntimellä. Kääntöliike saadaan aikaan asemointisyntereillä ja niitä ohjataan valokennoparilla. Koska ristisahaa oli poistettu käytöstä, myöskään pelkankäännin 2 kääntöliikettä ei tarvittu tehdä ja sen kriittisyys arvioitiin vain telojen toiminnan perusteella. Ristisahan syöttökuljetin toimii ketjuvetoisilla alateloilla sekä kolmella sivuvelotelaparilla. Kuljettimen nopeutta voidaan seurata vetomoottorissa olevan pulssianturin avulla ja telastojen toimintaa ohjaavat valokennot. (HewSaw SL250 3.4 Käyttö- ja huolto-ohjeet 2017, 34.)

### 3.2.13 Ristisaha

Ristisahassa sydäntavara voidaan vielä sahata pienempiin osiin vaakasuunnassa kuvan 2 mukaisesti. Kahdelle pystyssä olevalle akselille on koottu pyöröterät, joita voidaan siirrellä servosylintereillä optimaalisiin asemiin mittaustietojen perusteella. Mikäli asetteessa on pintalaudat, ne särmätään heti sahauksen jälkeen särmäyksikössä. Sahatavaran liikettä seurataan valokennoilla ennen teriä sekä terien jälkeen. Ristisahalla on myös mittari, joka seuraa ylemmän laudan vajaasärmiä. Ristisahan perässä on kaksi hihnakuljetinta, joilla puutavara kuljetetaan tuorelajitteluun vieville kuljettimille. Ristisaha ei ollut käytössä sahalinjalla työn suorittamisen aikaan. Sen kriittisyyteen ei otettu kantaa sahauksen osalta, vaan se toimi puhtaasti kuljettimena. (HewSaw SL250 3.4 Käyttö- ja huolto-ohjeet 2017, 34.)



KUVA 2. Ristisaha CRS250 (HewSaw CRS200/CRS250 2012)

### 3.2.14 Alasahan kuljettimet

Alasaha koostuu neljästä hakekuljettimesta ja kahdesta purukuljettimesta. Kuljettimet sijaitsevat suoraan sahalinjan alla ja ne kuljettavat tuotantolinjalla syntyvän purun ja hakkeen kohti seulontaa ja muita sivutuotteiden käsittelyjä ennen varastointia ja puupelletti- tai sellutehtaalle kuljetusta. Kuljettimien valmistaja on Tähkä Oy. (Alasahan kuljettimet 2012, 1.)



### 3.3 Hydrauliiikka, pneumatiikka ja voitelu

Sahalinjan hydrauliiikan tehontuotosta vastaa kaksi hydraulikoneikkoa, ja pneumatiikan paineilman tuottamisesta kolmesta kompressorista koostuva kompressorihuone. Keskusvoitelu koostuu kahdesta rasvavoiteluyksiköstä ja yhdestä öljyvoiteluyksiköstä, jotka pitävät huolen muun muassa erilaisten nivelten, laakereiden, ketjujen ja kulutusjohteiden automaattisesta voitelusta. Hydrauliiikka-huoneissa oli myös terien jäähdytykseen käytettävät vesisuihkujärjestelmät, mutta ne eivät olleet käytössä.

Ensimmäinen hydraulikoneikko vastaa sahalinjan alkuosan tehontuotosta Veiston mittakuljettimelta erottelukuljettimelle EK2 asti ja toinen koneikko ensimmäiseltä pelkankääntimeltä ristisahalle asti. Hydraulikoneikot ovat Hydoring Oy:n valmistamia HDK-sarjan koneikkoja, joissa ensimmäisessä on 1500 litran säiliö ja jälkimmäisessä 3000 litran säiliö. Sahalinjan alussa olevan Tähkän mittakuljettimen hydraulinen ketjunkturistys on kytketty kuorimon hydrauliikkoihin. Sahalinjan hydrauliiikka koostuu hydraulikoneikkojen lisäksi pääasiassa erilaisista hydraulisyylintereistä, paineakuista ja venttiiliryhmistä. Suurin osa sylintereistä on servo-ohjattuja asemointisyylintereitä. Kompressorihuoneen paineilmakompressoreista kaksi oli toiminnassa työn suorittamisen hetkellä ja kolmas oli tarkoituksena uusia lähiaikoina. Ne jakelevat paineilmaa sahalinjan lisäksi myös muille sahan osuksille tukkilajittelua lukuun ottamatta. Kompressorien valmistaja on Atlas Copco, joka vastaa myös niiden huollosta. Pneumatiikka koostui kompressorien lisäksi erilaisista venttiileistä, paineensäätimistä, paineilmasylintereistä ja puun pintaa puhdistavista ilmaveitsistä. Sahalinjalla on muun muassa teloja, joita puristetaan puun kylkeen pneumatiikalla toimivien sylintereiden avulla. Myös rasvavoitelupumppujen säiliöntäytöstä vastaavat astiapumput olivat paineilmatoimisia. (HewSaw SL250 3.4 Hydrauliiikka 2013, 6, 13.)

Öljyvoitelusta vastaava Lincoln Centro-Matic ketjuvoitelujärjestelmä koostuu öljypumppauskeskuksesta, injektoreista ja painekeytkimestä. Ohjausjärjestelmään säädetään halutut voiteluintervallit, jotka käynnistävät öljypumpun. Öljypumppu syöttää runkolinjan kautta öljyn injektoreille, jotka annostelevat halutun määrän öljyä voitelukohteille. Kun voitelu on toteutunut, ohjausjärjestelmä sammuttaa pumpun painelähettimeltä saadun tiedon perusteella ja purkaa run-

kolinjan paineen avaamalla venttiilin paluulinjaan. Tämän jälkeen järjestelmä siirtyy odottamaan seuraavaa voiteluhetkeä järjestelmään säädetyn taukoajan mukaan. Rasvavoitelukeskukset koostuvat Lincoln P215 korkeapaineekeskusvoitelupumpuilla toimivista pumppauskeskuksista, Lincoln SSV voiteluainejakajista ja automaattisista säiliöntäytöistä. Toimintaperiaate on samankaltainen kuin öljypumppauskeskuksessakin ja rasvavoitelut kytkeytyvät päälle saadessaan käyntitiedon sahalinjalta. Voiteluaineen määrää ja virtausta pääjakajilta mitataan induktiivisilla lähestymiskytkimillä. (Lincoln Centro-Matic öljyvoitelujärjestelmä 2013, 3; Rasvavoitelujärjestelmä 2012, 3.)

### **3.4 Sähkö- ja automaatiojärjestelmät**

Sähkö- ja automaatiolaitteita pitkälle automatisoidulla sahalinjalla on runsaasti. Automaatiojärjestelmä koostuu Siemens Simatic S7-400 logiikkakeskuksesta sekä Simatic ET 200S I/O-hajautusasemista. Tiedonsiirrossa sahalinjalla on käytössä Profinet, Profibus DP sekä Profisafe väylät, joilla laitteet ovat liitetty automaatiojärjestelmään. Ohjausjärjestelmä koostuu erilaisista Profinet-kytkimistä, servo-ohjaimista, WinCC serveristä, WinCC clienteleista, Profinet i/o:sta, toistimista sekä Prologic plus mittarien verkosta. Prosessin toimintaa voidaan ohjata valvomon tietokoneilla Siemensin WinCC ohjelmiston välityksellä sekä Simatic PP17 järjestelmän ohjauspainikkeilla sekä ohjauskytkimillä. Prologic plus tukkimittareille on myös omat ohjelmistot valvomon tietokoneilla, jotka syöttävät tietoa WinCC järjestelmälle tukin mitoista. Vastaavanlaiset ohjausvälineet löytyvät myös kentältä logiikan hajautusyksiköiden yhteydestä pelkkahakurilta ja sahayksiköiltä. Logiikan etäyksiköitä löytyy myös molemmista hydra-liikkatiloista linjan alakerrassa sekä moottorikeskuksista. Koneiden ohjaamisen ja liikuttelun apuna linjalla on runsaasti erilaisia sähkömoottoreita, taajuusmuuttajia, kytkimiä, antureita, valokennoja ja valoverhoja. Sähköä koko laitokselle jakelee oma voimalaitos, jonka laitekokonaisuudet tullaan arvioimaan erikseen myöhemmin, eivätkä se sisältyneet tämän työn alueeseen. (Automatiikka PLC1 Sähködokumentit 2015, 1–19.)

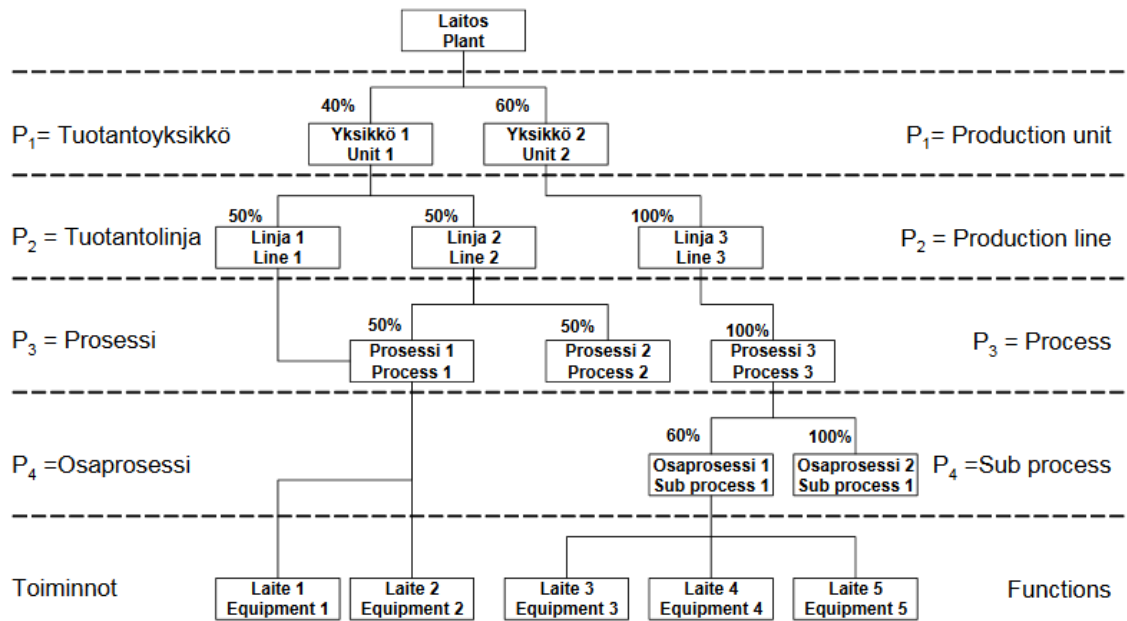
## 4 KRIITTISYYSANALYYSI

### 4.1 PSK 6800 Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa

PSK 6800 on teollisuuden laitteiden kriittisyysluokittelua varten kehitetty standardi. Se keskittyy määrittämään kriittisyyttä erityisesti taloudellisten vaikutusten perusteella, mutta se pitää sisällään myös työturvallisuuden ja ympäristövaikutusten näkökulmat. Standardi ei ota huomioon esimerkiksi kysynnän ja hinnan vaihteluita, mutta ne voidaan tarvittaessa huomioida tuotannon menetyksen painoarvokertoimessa  $W_p$ . (PSK 6800 2008, 1, 4.)

#### 4.1.1 Kriittisyyden arviointi standardin mukaan

Kriittisyyden arvioiminen aloitetaan rajaamalla tarkastelun laajuus halutun koiseksi osuudeksi. Tarkastelu voidaan tehdä esimerkiksi kokonaisesta tuotantolinjasta tai vain tietystä prosessin osasta. Tämän jälkeen määritellään tuotannon menetyksen painoarvo  $W_p$  kuviossa 4 ja kaavassa 1 osoitetulla tavalla, ja arvioidaan sopivatko muut taulukkoon (taulukko 1) merkityt painoarvot analysoitavalle teollisuuden alalle. Laitteet taulukoidaan (liite 1) ja pisteytetään sopivilla kertoimilla, jotka on esitetty taulukon 1 Kerroin [M] sarakkeessa. Excel laskee kriittisyysindeksin jokaiselle laitteelle kaavan (2) mukaisesti, sekä sen osaindeksit kaavojen (3–7) mukaisesti. Varsinainen luokittelu tehdään lajittelemalla laitteet tärkeysjärjestykseen niiden kriittisyysindeksien  $K$  perusteella. Jos kriittisyyttä halutaan tarkastella tietyn osaindeksin perusteella, otetaan lajitteluperusteeksi haluttu osaindeksi. (PSK 6800 2008, 3–7.)



KUVIO 4. Tuotannon vaikutuskertoimet (PSK 6800 2008, 5)

Alla esitettyssä kaavassa (1) on tuotannon menetyksen painoarvokerroin  $W_p$

$$W_p = P_4 \times P_3 \times P_2 \times P_1, \quad (1)$$

jossa  $P_4$  on osaprosessin painoarvokerroin,  $P_3$  prosessin painoarvokerroin,  $P_2$  tuotantolinjan painoarvokerroin ja  $P_1$  tuotantoyksikön painoarvokerroin. Koko laitoksen painoarvokerroin on aina 100 %, joten sitä ei huomioida. Mikäli tietyn prosessin pysähtyminen pysäyttää koko tuotantolinjan, on sen painoarvokerroin 100 %. Mikäli prosessit tai osaprosessit ovat kytketty sarjaan, on kaikilla prosesseilla keskenään sama painoarvokerroin. (PSK 6800 2008, 5–6.)

TAULUKKO 1. PSK 6800 -standardin mukainen taulukko laitetason kriittisyydelle (PSK 6800 2008, 7)

Kohde	Painoarvo [W]	Vikaantumisväli [p]	Kerroin [M]	Valintakriteeri
Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset	Turvallisuusriskit $W_s = 30$	1 = Pitkä vikaantumisväli esimerkiksi yli 5 vuotta 2 = Pitkähkö vikaantumisväli esimerkiksi 2 – 5 vuotta 4 = Lyhyehkö vikaantumisväli esimerkiksi 0,5 – 2 vuotta 8 = Lyhyt vikaantumisväli esimerkiksi 0 – 0,5 vuotta	$M_s = 0$	Ei turvallisuusriskiä
			$M_s = 2$	Vähäinen turvallisuusriski
			$M_s = 4$	Kohtalainen turvallisuusriski
			$M_s = 8$	Merkittävä turvallisuusriski
			$M_s = 16$	Vakava turvallisuusriski
	Ympäristöriskit $W_e = 20$		$M_e = 0$	Ei ympäristöriskiä
			$M_e = 2$	Vähäinen ympäristöriski
			$M_e = 4$	Kohtalainen ympäristöriski
			$M_e = 8$	Merkittävä ympäristöriski
			$M_e = 16$	Vakava ympäristöriski
Tuotanto- ja laatuvaikutukset	Tuotannon menetykset $W_p = 0...100$	$M_p = 0$	Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle	
		$M_p = 1$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (esimerkiksi $\leq 3$ h)	
		$M_p = 2$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (esimerkiksi $\leq 10$ h)	
		$M_p = 3$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi (esimerkiksi 10 - 24 h)	
		$M_p = 4$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi (esimerkiksi $>24$ h)	
	Laatukustannus $W_q = 30$	$M_q = 0$	Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia.	
		$M_q = 1$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 1$ h)	
		$M_q = 2$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 3$ h)	
		$M_q = 3$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 3-8 h)	
		$M_q = 4$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $>8$ h)	
Korjaus- tai seurauskustannukset $W_r = 20$	$M_r = 0$	Korjauskustannuksilla tai seurauskustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin.		
	$M_r = 1$	Vähäiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 2$ h)		
	$M_r = 2$	Keskinkertaiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 10$ h)		
	$M_r = 3$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 10-24 h)		
	$M_r = 4$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $>24$ h)		

Alla esitettyssä kaavassa (2) on esitetty laitteen kriittisyysindeksi  $K$

$$K = p \times (W_s \times M_s + W_e \times M_e + W_p \times M_p + W_q \times M_q + W_r \times M_r), \quad (2)$$

jossa  $p$  on vikaantumisväli,  $W_s$  turvallisuusriskin painoarvo,  $M_s$  turvallisuusriskin kerroin,  $W_e$  ympäristöriskin painoarvo,  $M_e$  ympäristöriskin kerroin,  $W_p$  tuotannonmenetyksen painoarvo,  $M_p$  tuotannonmenetyksen kerroin,  $W_q$  laatukustannuksen painoarvo,  $M_q$  laatukustannuksen kerroin,  $W_r$  korjaus- tai seurauskustannuksen painoarvo ja  $M_r$  korjaus- tai seurauskustannuksen kerroin.

Standardin laskentataulukossa (Liite 1) määritetään myös kriittisyyden osaindeksit, mikäli kriittisyys halutaan määritellä näiden perusteella. Turvallisuuden ja

ympäristön kriittisyys on arvioitava aina toimialakohtaisesti, sillä riskien suuruus ei ole välttämättä vertailukelpoinen eri alojen välillä. Standardin menetelmä ei myöskään määrittele työturvallisuutta, sillä sitä varten on määritetty omat säädökset ja ohjeet. (PSK 6800 2008, 4, 9.)

Kaavassa (3) on turvallisuuden kriittisyyden osaindeksi  $K_s$

$$K_s = p \times (W_s \times M_s), \quad (3)$$

jossa  $p$  on vikaantumisväli,  $W_s$  turvallisuusriskin painoarvo ja  $M_s$  turvallisuusriskin kerroin. Kaavassa (4) on ympäristöriskin kriittisyyden osaindeksi  $K_e$

$$K_e = p \times (W_e \times M_e), \quad (4)$$

jossa  $p$  on vikaantumisväli,  $W_e$  ympäristöriskin kerroin ja  $M_e$  ympäristöriskin kerroin. Kaavassa (5) on tuotannon menetyksen kriittisyyden osaindeksi  $K_p$

$$K_p = p \times (W_p \times M_p), \quad (5)$$

jossa  $p$  on vikaantumisväli,  $W_p$  tuotannon menetyksen painoarvo ja  $M_p$  tuotannon menetyksen kerroin. Kaavassa (6) on laatukustannuksien kriittisyyden osaindeksi  $K_q$

$$K_q = p \times (W_q \times M_q), \quad (6)$$

jossa  $p$  on vikaantumisväli,  $W_q$  laatukustannuksen painoarvo ja  $M_q$  laatukustannuksen kerroin. Kaavassa (7) on korjauskustannusten kriittisyyden osaindeksi  $K_r$

$$K_r = p \times (W_r \times M_r), \quad (7)$$

jossa  $p$  on vikaantumisväli,  $W_r$  korjauskustannuksen painoarvo ja  $M_r$  korjauskustannuksen kerroin.

#### 4.1.2 Standardin soveltaminen sahoille

Vastaavanlainen kriittisyysanalyysi tullaan tekemään jokaiselle Metsä Fibren sahalle Suomessa, minkä johdosta kriittisyysanalyysin yksityiskohtia mietittiin muiden sahojen kunnossapidon suunnittelijoiden kanssa Vilppulan sahalla pidetyssä kokouksessa. Kokouksessa muokattiin muun muassa taulukossa 2 esitettyjen kriittisyyden tekijöiden kertoimia, valintakriteereitä sekä määräysrajoja sahoille sopivampaan muotoon. PSK 6800 standardiin pohjautuva sahoille suunniteltu kriittisyysanalyysi seuraa standardia pääpiirteittäin, mutta siihen on kuitenkin lisätty muutama tekijä, joita ei standardista löytynyt. Kunnossapidettävyyden ennakkohuollolla ja varaosien saatavuusajat katsottiin tärkeiksi tekijöiksi kriittisyyden määrittämistä, joten ne lisättiin muiden kriittisyystekijöiden joukkoon.

Kriittisyysluokittelutaulukon pohjan (liite 2) toimitti Botnia Mill Service ja siihen oli valmiiksi lisätty tarvittavat laskukaavat. Taulukon ulkonäköä ja asettelua muokattiin hieman, jotta kaikki sen osat mahtuisivat kokonaisuudessaan ruudulle ja sen täyttäminen olisi sujuvampaa. Taulukon rivejä voidaan lajitella erikseen jokaisen sarakkeen tietojen perusteella. Tämä helpottaa tiedon etsimistä taulukosta esimerkiksi pelkästään tietyn kertoimen tai osaindeksin mukaan. Lajittelu voidaan tehdä myös toimintopaikkojen nimien tai numerointien perusteella.

Taulukossa 2 esitetyt määräysrajat, kertoimet ja painoarvot spesifioitiin yhdessä sahoille sopivaan muotoon. Toimintavarmuuden kerroin määräytyy sen mukaan, miten usein laite keskimäärin hajoaa. Turvallisuuden ja ympäristön kertoimet taas sen mukaan aiheuttaako laite hajoamistilanteessa vaaraa työntekijöille tai ympäristön puhtaudelle. Tuotannon menetyksen kertoimen suuruus riippuu tuotantokatkoksen keskimääräisestä pituudesta. Kunnossapidettävyydelle kerroin määritetään laitteella olevien olosuhteiden sekä sen perusteella, kuinka helposti laitteen luokse päästään huoltotöihin. Varaosien saatavuus määritellään toimitusaikojen pituudella, mikäli varaosaa ei hankita omaan varastoon. Laadun kerroin on riippuvainen siitä aiheuttaako laitteen hajoaminen muutoksia lopputuotteen laatuun tai asiakkaan toimitusaikaan. Korjauskustannukset määräytyvät eri hintaluokkien perusteella sen mukaan, kuinka paljon laitteen korjaus keskimäärin maksaa.

TAULUKKO 2. Laitetason kriittisyyden tekijät

Tekijä	Painoarvo	Kerroin	Valintakriteeri	Määrittäysrajat
Toimintavarmuus	x	1	Varmakäyntinen	Vuosi tai enemmän
		2	Vähäisiä häiriöitä	6 – 12 kk
		4	Häiriöherkkä	2 – 6 kk
		8	Erittäin häiriöherkkä	0 – 2 kk
Turvallisuus	30	0	Ei riskiä	Ei turvallisuusrisiä. Laitteen vikaantuminen ei aiheuta loukkaantumis- tai terveysvaaraa.
		2	Vähäinen riski	Vähäinen turvallisuusrisi. Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa lievän loukkaantumisen tai sairastumisen.
		4	Kohtalainen riski	Kohtalainen turvallisuusrisi. Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa vakavan loukkaantumisen tai sairastumisen, josta jää pysyvä haitta.
		16	Vakava riski	Merkittävä turvallisuusrisi. Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa yhden tai useamman kuolonuhrin.
Ympäristö	20	0	Ei vaikutusta	Laitteen vikaantuminen ei aiheuta ympäristön saastumisen vaaraa.
		4	Meluhaitta, hajuhaitta, päästöjä jätevesilaitokselle	Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa paikallista laitosalueen saastumista.
		8	Päästörajan ylitys	Merkittävä ympäristörisi. Laitteen vikaantuminen aiheuttaa laitosalueen ja lähiympäristön saastumista.
Vaikutus tuotantoon	100	0	Pysähtymisellä ei vaikutusta tuotantoon.	Pystytään kiertämään hetkellisesti
		2	Lyhyt seisokki. Vähäinen tuotantotason lasku.	Alle 1 h
		4	Pitkä seisokki. Merkittävä vaikutus tuotantotasoon.	1 – 4h
		8	Tuotantolinjan pysähtyminen.	4 – 24 h
		16	Tehtaan tai osaston pysähtyminen. Pitkä korjausaika, suuri vaikutus tuotantoon.	Yli vuorokausi
Kunnossapidettävyyden	30	1	Olosuhteet hyvät tai kohtuulliset.	Ennakkohoito helppoa
		2	Kuuma, kylmä, likainen tai hankala luoksepäästävyys	Ennakkohoito kohtalaisen helppoa
		3	Erittäin kuuma, märkä, likainen tai luoksepäästävyys käynnin aikana lähes mahdoton	Ennakkohoito vaikeaa
		4	Erittäin ankarat olosuhteet tai laitteen luokse ei pääse purkamatta.	Ennakkohoito erittäin vaikeaa
Varaosien saatavuus	20	0	Löytyy omasta varastosta	0 – 2 h
		2	Lyhyt toimitusaika	2 – 8 h
		4	Pitkä toimitusaika	8 – 24 h
		16	Erittäin pitkä toimitusaika	Yli vuorokaudesta viikkoihin
Laatu	20	0	Ei laatuvaikutuksia.	Ei aiheuta laatuvaikutuksia
		1	Pieni laatuvaikutus	Voidaan korjata/palauttaa tuotantoon.
		2	Kohtalainen laatuvaikutus	Ei voida palauttaa tuotantoon. Voidaan toimittaa asiakkaalle rajoituksin (kakkoslaatu).
		3	Suuri laatuvaikutus	Vaikuttaa asiakkaan toimitukseen tai toimitusaikaan.
		6	Erittäin suuri laatuvaikutus	Ei voida korjata tai myydä asiakkaalle.
Kustannukset	20	0	Pieni kustannus	0 – 500 €
		1	Pienukko kustannus	500 – 3000 €
		2	Kohtalainen kustannus	3000 – 10 000 €
		4	Suuri kustannus	10 000 – 50 000 €
		8	Erittäin suuri kustannus	Yli 50 000 €



Kun kunnossapidettävyyden ja varaosien saatavuuden kertoimet sekä painoarvot lisätään kaavaan, kriittisyysindeksin  $K$  laskukaava tulee olemaan kokonaisuudessaan kuten kaavassa (8) on esitetty. Kriittisyysindeksi  $K$  on

$$K = p \times (W_s \times M_s + W_e \times M_e + W_p \times M_p + W_m \times M_m + W_a \times M_a + W_q \times M_q + W_r \times M_r), \quad (8)$$

jossa  $p$  on toimintavarmuus,  $W_s$  turvallisuusriskin painoarvo,  $M_s$  turvallisuusriskin kerroin,  $W_e$  ympäristöriskin painoarvo,  $M_e$  ympäristöriskin kerroin,  $W_p$  tuotannon menetyksen painoarvo,  $M_p$  tuotannon menetyksen kerroin,  $W_m$  kunnossapidettävyyden painoarvo,  $M_m$  kunnossapidettävyyden kerroin,  $W_a$  varaosien saatavuuden painoarvo,  $M_a$  varaosien saatavuuden kerroin,  $W_q$  laadun painoarvo,  $M_q$  laadun kerroin,  $W_r$  korjauskustannuksien painoarvo,  $M_r$  korjauskustannuksien kerroin.

Osaindeksit kunnossapidettävyydelle ja varaosien saatavuudelle lasketaan alla esitetyllä tavalla. Kaavassa (9) on kunnossapidettävyyden kriittisyyden osaindeksi  $K_m$

$$K_m = p \times (W_m \times M_m), \quad (9)$$

jossa  $p$  on toimintavarmuus,  $W_m$  kunnossapidettävyyden painoarvo ja  $M_m$  kunnossapidettävyyden kerroin. Kaavassa (10) on varaosien saatavuuden kriittisyyden osaindeksi  $K_a$

$$K_a = p \times (W_a \times M_a), \quad (10)$$

jossa  $p$  on toimintavarmuus,  $W_a$  varaosien saatavuuden painoarvo ja  $M_a$  varaosien saatavuuden kerroin.

## 4.2 Sahalinjan kriittisyyden määrittäminen

Kriittisyys luokiteltiin neljään eri luokkaan A–D välillä. Liitteessä 2 esitetyt raja-arvot ovat viitteellisiä ja ne määritetään aina tapauskohtaisesti tarkasteltavan kohteen mukaan. Eri kriittisyysluokkien raja-arvot pyrittiin määrittämään sahalinjalla siten, että laitteet jakautuvat tasaisesti A-, B- ja C-luokkiin noin kolmannes kuhunkin. D-luokkaan päätyvät arvioimattomat laitteet, joiden kriittisyysindeksi on 0. Raja-arvoja voidaan tulevaisuudessa tarvittaessa muokata, mikäli luokkien suhteita halutaan muuttaa. Tuotannon menetyksen painoarvokerroin pidettiin sahalinjalla kaikissa päälaitteissa standardin mukaisesti 100:ssä, sillä laitteet ovat kytkettynä sarjaan ja mikäli yksikin niistä hajoaa, koko sahalinja pysähtyy. Tietyillä laitteilla pystytään kuitenkin jatkamaan ajoa huomommalla hyötysuhteella, mikäli laite ei hajoa täysin. Esimerkiksi jakosahalla voidaan sahata vain toisella lohkokalla, jos toisen puolen laudat haketetaan pois jo pelkkahakkurilla. Tämä on tosin täysin sahuussa olevasta asetteesta kiinni ja ei välttämättä ole järkevää tai edes mahdollista toteuttaa.

### 4.2.1 Työn rajaaminen ja laitteiden listaaminen

Kriittisyysanalyysi rajattiin koskemaan tämän opinnäytetyön osalta varsinaista sahalinjaa eli kuorintalinjojen jälkeisten tukkiannostimien ja tuorelajittelun kokoojakuljettimien välistä koneistoa. Tämän lisäksi arvioitiin sahalinjan laitteiden toimimiseen vaadittavat hydraulikat, voitelujärjestelmät sekä sähkö- ja automaatiojärjestelmät. Ristisaha ja sitä edeltävä pelkankäännin 2 ja erottelukuljetin EK4 eivät olleet käytössä sahalinjalla työn suorittamisen hetkellä. Niiden kriittisyys huomioitiin vain läpiajon kannalta. Terähuone ja sen laitteet rajattiin ulos analyysistä, sillä sahallä itse teroitettavat hakkurinterät on mahdollista lähettää teroitukseen myös sahan ulkopuolelle, mihin myös pyöröterät lähtevät teroitukseen. Sähkölaitteiden osalta analyysiin ei sisällytetty esimerkiksi muuntajia tai kiinteistöön liittyviä sähköjä kuten valaistusta.

Kriittisyysanalyysin ohessa sahallä käytössä olevan SAP toiminnanohjausjärjestelmän rakennepuusta löytyvät varaosalistat haluttiin myös päivittää. Rakenne oli pääpiirteittäin kunnossa päälaitteiden ja niiden merkittävimpien osakokonai-

suuksien kohdalta, mutta vain pieni osa tarkemmista yksittäisistä varaosanimikkeistä oli listattuna niiden alle. Varaosien nimiketiedot eivät olleet myöskään ajan tasalla, joten ei voitu olla varmoja mitä osia sahalinjalta todellisuudessa löytyi. Toiminnanohjausjärjestelmän rakennepuun mukaisia toimintopaikkojen nimityksiä ja numerointeja voitiin kuitenkin käyttää suurempien kokonaisuuksien kriittisyysluokittelussa, sillä tässä vaiheessa ei ollut edes tarkoitus viedä analyysiä tätä tarkemmaksi. Rakennepuu kopioitiin Excel-pohjalle (liite 2) ja päälaitteet koottiin yksinkertaistettuna omalle välilehdelle luokittelun ensimmäistä vaihetta varten. Rakennepuusta poistettiin tässä vaiheessa kaikki päälaitteiden alle listatut pienemmät osakokonaisuudet ja vain analyysin pohjalta kriittiseksi todetut kokonaisuudet päätyivät yksityiskohtaisempaan jatkotarkasteluun.

Toiminnanohjausjärjestelmän tietojen päivittämiseksi kriittisyysanalyysin ohessa tehtiin luonnokset osalistoista, jotka helpottaisivat myöhemmin nimikkeiden syöttämistä järjestelmään. Tarkemmat listat jokaisen sahalinjan laitteen osista eriteltiin laitetyypin mukaan omille välilehdilleen. Esimerkiksi kaikki sahalinjan kuljettimet koottiin yhteen, samoin kuin pelkkahakkuri ja sahayksiköt. Näin tehtiin myös tukinpyörittimelle ja kääntimille sekä hydraulikoneikoille. Osat lajiteltiin SAP:n rakennepuun mukaisten toimintopaikkojen alle valmistajien toimittamien osalistojen ja piirustusten perusteella. Näiltä listoilta löytyi käytännössä kaikki osat mitä laitteiden toimittajien mukaan sahalle oli asennettu. Pneumatiikalle paineilmaa tuottavan kompressorihuoneen laitteista ei tehty tarkempia osalistoja, sillä niiden huolto on ulkoistettu valmistajalle. Sahan oma kunnossapito on vaihtanut niihin lähinnä vain öljyjä ja suodattimia. Kompressorihuoneen kriittisyys arvioitiin pääpiirteittäin omana kokonaisuutenaan.

Kaikki osat sisältävien yleisten osalistojen lisäksi sähkö- ja automaatiojärjestelmiin, hydraulikkaan, pneumatiikkaan ja keskusvoiteluun liittyvät tärkeimmät komponentit koottiin vielä erikseen yhteen. Näille listoille tulivat muun muassa sähkömoottorit, taajuusmuuttajat, Siemens prosessiaseman kortit, servoohjaimet, anturit, kytkimet, valokennot ja valoverhot. Näiden lisäksi listattiin hydrauliset ja pneumaattiset sylinterit sekä rasvavoitelun, hydraulikan ja pneumatiikan toimimiseen vaadittavat venttiilit. Osien käyttötarkoitus, sijainti, merkki ja malli pyrittiin kirjoittamaan listaan mahdollisimman tarkasti jokaisen komponentin kohdalla.

#### 4.2.2 Kriittisyysluokittelu

Kriittisyysanalyysi tullaan suorittamaan kaikilla Suomessa sijaitsevilla Metsä Fibren sahoilla, minkä johdosta ensimmäiseen kriittisyyden arviointiin osallistui myös muiden sahojen kunnossapidon suunnittelijat. Tämä varmistti sen, että toimintamalli saadaan yhtenäiseksi kaikissa tuotantolaitoksissa. Kokoukseen osallistui myös Botnia Mill Servicen käyttövarmuusasiantuntija sekä projektia vetävä kehityspäällikkö. Aikaisemmin pidetyssä ensimmäisessä kokouksessa päätetyt kriittisyyden tekijät (taulukko 2) käytiin nopeasti lävitse toisen kokouksen alussa ennen kriittisyysanalysoinnin aloittamista. Varsinainen kriittisyysluokittelu suoritettiin haastatteleamalla sahalinjan hyvin tuntevaa kunnossapidon työntekijää, kunnossapidon esimiestä sekä kunnossapidon suunnittelijaa. Tässä kokouksessa arvioitiin tiukan aikataulun takia vain sahalinjan päälaitteet ottamatta kantaa niiden pienempiin osakokonaisuuksiin. Pienemmät kokonaisuudet arvioitiin myöhemmin A-luokkaan päätyneistä päälaitteista yhdessä kunnossapidon työntekijän sekä kunnossapidon suunnittelijan kanssa.

Arviointi suoritettiin kokonaisuuksina siten, että päälaitteen alle laskettiin kaikkien toimimiseen vaadittavat kentällä sijaitsevat sähköön, automaatioon, hydraulikkaan, pneumatiikkaan ja voiteluun liittyvät laitteistot. Hydraulikoneikot, kompressorihuone sekä keskusvoitelujärjestelmien pumppauskeskukset arvioitiin omina kokonaisuuksina erikseen. Sähkö- ja automaatiojärjestelmistä arvioitiin erikseen moottorikeskukset, logiikat, servo-ohjaukset, väylät sekä ohjaustietokoneisiin liittyvät ICT-laitteistot. Kriittisyyttä mietittiin yleisimpien ja todennäköisimpien vikasyiden pohjalta taulukossa 2 esitettyjen määritysrajojen perusteella, ja sopivat kertoimet syötettiin taulukkoon (liite 2). Kaiken kaikkiaan sahalinjalta arvioitiin reilu 100 eri laitetta tai laitekokonaisuutta.

Kriittisyysanalyysiä ei viety sahalinjan osalta tässä vaiheessa vielä pidemmälle luokittelemalla koneiden yksittäisiä varaosia vaikka ne syötettiinkin luokittelutaulukkoon valmiiksi. Ensiksi kriittisyysluokittelu piti saada valmiiksi yleistasolla koko laitoksen mittakaavalla, ja vasta myöhemmin arvioitaisiin tarvittaessa yksityiskohtaisemmin halutut pienemmät kokonaisuudet.

## 5 TULOKSET

Tuotantoprosessin kannalta kriittisimmiksi laitteiksi analyysistä nousivat LogIn 2R RCS tukinpyöritin, pelkkasaha, jakosaha, erottelukuljetin EK3 ja pelkkahakkuri. Muita kärjessä olevia A-luokan laitteita olivat sahalinjan alussa sijaitsevat Tähkän hihnakuljettimet, pelkankäännin 1 sekä alasahan hake- ja purukuljettimet. Laitteiden kriittisyysindeksi A-luokan kärkipäässä rakentui pääasiassa laitteiden suuresta häiriöherkkyydestä, vaikutuksesta tuotantoon, laatuun sekä vaikeasta kunnossapidettävyydestä varsinkin käynnin aikana. Ympäristövaikutusten osaindeksi pysyi nollassa kaikissa laitteissa sahalinjalla, sillä riskiä ympäristön saastumiselle ei tällä osuudella ole. Myöskään laitteiden vikaantumisen syntyviä turvallisuusriskejä ei sahalinjalta löytynyt muuta kuin muutamasta kohdasta. Hydraulikoneikkojen vikaantumisen aiheuttavat öljysuihkut tai sahayksiköiden turvalaitteiden vikaantuminen voi aiheuttaa työntekijän loukkaantumisen.

Tukinpyörittimen ensimmäinen roottori oli merkittävästi toista roottoria häiriöherkempi ja hajotessaan se pysäyttää tuotantolinjan. Myös tukinpyörittäjän häiriöherkkä syöttötelasto katsottiin kriittiseksi kokonaisuudeksi sillä niiden hajotessa sahausta ei voida jatkaa. Yleisiä vikatilanteita tukinpyörittimessä ovat aiheuttaneet pyörittämien hydrauliletkut sekä syöttötelaston pulssianturit. Pelkkasahassa kriittisimmät kokonaisuudet olivat pyöröteräyksiköt, särmäyksiköt sekä vetotelastot. Esimerkiksi teräyksiköiden hihnaveo sekä siirtoakselit ovat aiheuttaneet ongelmia pelkkasahassa. Näiden lisäksi vikoja on ollut muun muassa hydraulisyntereissä ja vastinterissä. Merkittävimmät tekijät pelkkasahan kriittisyydessä katsottiin olevan vaikutukset lopputuotteen laatuun sekä tuotannon seisahduminen laitteiden hajotessa. Jakosahassa kriittisyys oli samankaltainen kuin pelkkasahassakin. Kriittiseksi jakosahan kohdalla katsottiin lisäksi turva- ja ohjauslaitteet.

Erottelukuljetin EK3 kriittisimmät osakokonaisuudet olivat hihnakuljetin sekä pintalautojen vetopyörästöt. Erottelukuljettimilta lähtevät tuorelajitteluun vievät Jartekin kuljettimet päätyivät kaikki C-luokkaan kriittisyydeltään, sillä niiden kanssa on ollut hyvin vähän ongelmia. Alasahalla sijaitseviin Tähkän valmista-miin kuljettimiin voi olla hankala saada varaosia, ellei niitä erikseen teetetä, sillä

koko yritystä ei ole enää olemassa ja varaosia niihin ei välttämättä ole enää sahan omassa varastossa. Alasahan kuljettimien hajoaminen myös pysäyttää tuotannon, koska sivutuotteita ei saada kuljetettua eteenpäin ja ne tukkivat kuljettimet. Myös sahalinjan alun Tähkän hihnakuljettimet pysäyttävät hajotessaan tuotannon koko linjalla. Ensimmäisen pelkankääntimen tavallisia vikoja ovat olleet muun muassa sylinterien, hydrauliletkujen ja servo-ohjauksen lineaariantureiden hajoaminen.

Pelkkahakkurin kohdalla ylivoimaisesti kriittisimmäksi osuudeksi analyysistä nousi syöttävän tukkiohjaimen ketjut. Tämän lisäksi neljästä teräpääyksiköstä pelkan alapuolen työstävä alempi teräpääyksikkö oli prosessin kannalta kriittinen sillä sen toimintavarmuus on ollut huonompi muihin teräpäihin verrattuna. Esimerkiksi hihnaveito on aiheuttanut häiriöitä laitteen toiminnassa. A-luokkaan päätyi pelkkahakkurilla myös syöttöpyörät sekä ulosvetotelat. Myös pelkkahakkurin avaukseen liittyvät laitteistot katsottiin merkittäväksi tekijäksi prosessin sujuvuudessa, sillä laitteistot ovat olleet herkkiä häiriöille hidastaen huoltotöitä. Erottelukuljetin EK4, ristisahan perässä oleva hihnakuljetin sekä tukkimittarit päätyivät B-luokkaan kriittisyydessään, sillä niiden kriittisyysindeksit jäivät hie-man alle A-luokan raja-arvon. Näihin on kuitenkin syytä kiinnittää huomiota, sillä hajotessaan ne pysäyttävät tuotantolinjan.

Hydraulikoneikot päätyivät arvioinnissa C-luokkaan sillä niiden toimintavarmuus on ollut hyvä, niitä on helppo huoltaa ja osat eivät ole erityisen kalliita. Samoin kävi keskusvoiteluyksiköille. Vain kompressorihuone päätyi A-luokkaan, sillä sen laitteiden toiminnassa on ollut vähäisiä häiriöitä. Se jakelee paineilmaa myös muille sahan osuuksille tukkilajittelua lukuun ottamatta, mikä nostaa kriittisyyttä entisestään. Kriittisyys tulee laskemaan tulevaisuudessa kun kolmas kompressori saadaan asennettua paikoilleen. Tämän jälkeen yhden kompressorin hajoaminen ei vielä vaikuta paineilman jakeluun ja käyttöä voidaan kierrättää kolmen kompressorin kesken laskien niiden huoltotarvetta. Sähkön ja automaation osalta arvioitiin erikseen vain keskukset, logiikat, servot, väylät sekä ohjaustietokoneet. Näistä kriittisimmäksi arvioinnissa nousivat servo-ohjauksiin liittyvät laitteistot, logiikat sekä moottorikeskukset. Tiedonsiirtoon liittyvät väylät sekä tietokoneet jäivät B-luokkaan.

## 6 POHDINTA

Työn tavoitteena oli luoda standardin pohjalta sahoille sopiva työkalu kriittisyyden määrittämiseen ja arvioida sahalinjan päälaitteet sen avulla. Ajankohta työn suorittamiselle oli hyvä, sillä uuden sahalinjan toimintaan oli ehditty tutustua vuosien aikana, mikä helpotti laitteiden arviointia. Valmiilla kriittisyysanalyysityökalulla kriittisimmät laitteet on helppoa määrittää nyt myös muilta sahan osuuksilta. Tarkasteluun päätyy ainakin tukkilajittelu, kuorimo, tuorelajittelu, ri-mottamo, kuivaamo, tasaamo, voimalaitos ja näiden alle kuuluvat pienemmät osaprosessit. Ensiksi niiden rakennepuut pitää kuitenkin päivittää SAP:ssa ennen kuin kriittisyyttä on järkevää lähteä niistä määrittämään. Kriittisyysanalyysiä voidaan myöhemmin viedä pidemmälle myös sahalinjan osuudelta pilkkomalla ja arvostelemalla laitteet entistä pienemmissä paloissa. Tällä saadaan paremmin selville yksittäisten varaosien tarpeellisuus. Toiminnanohjausjärjestelmän rakennepuuhun voidaan lisätä Veiston toimittamista tarkemmista osalistaista myös tiettyjä rakennepuusta puuttuvia osakokonaisuuksia, mikäli se katsotaan tarpeelliseksi.

Analyysin avulla sahalinjan valvontaa ja ennakkohuoltoa pystytään kohdistamaan paremmin prosessin toimivuuden kannalta merkittävimpiin kohteisiin. Tulosten perusteella myös suurkorjausten ja muiden isompien investointien suunnittelu helpottuu, kun tiedossa on tuotantoprosessin heikkoudet ja hajotessaan suurimmat menetykset aiheuttavat kohteet. Kriittisyysanalyysin tuloksissa ei kannata keskittyä liiaksi pelkkiin kriittisyysluokkiin ja kokonaispistemääriin, vaan osaindeksejä tai pelkästään laitteille annettu kertoimia kannattaa myös tutkia. Vaikka tietyn kriittisyysluokan raja ei ylittyisi, voi laite silti olla huomioimisen arvoinen tietyllä osa-alueella tai tietystä näkökulmasta katsottuna.

Kriittisyysanalyysi olisi hyvä tehdä uudestaan esimerkiksi vuoden välein tai hetken päästä uusien laitteiden käyttöönotosta. Näin pysytään kartalla miten kriittisyys on muuttunut investointien ja ennakkohuollon kohdistamisen seurauksena ja voidaan arvioida onko toimilla ollut haluttu vaikutus tuotannon sujuvuuteen ja kustannustehokkuuteen.

## LÄHTEET

Caverion Oyj. Botnia Mill Service. Luettu 23.4.2019.

<https://www.caverion.fi/tietoa-caverionista/liiketoiminta-ja-palvelut/botnia-mill-service>

Jartek Oy. 2013. Sahalinjan kuljettimia, Mappi B.

KnowTimber – Sahojen oppimisympäristö. Versio 3.1. Prowledge Oy. Sahaustavat. Luettu 24.4.2019. Saatavilla rajoitetusti.

[http://www.knowtimber.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/process/2\\_sawing/1\\_method/1\\_patterncut/frame.htm](http://www.knowtimber.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/process/2_sawing/1_method/1_patterncut/frame.htm)

Metsä Fibre Oy. 2019a. Metsä Fibre Vuosiraportti 2018. Luettu 24.4.2019.

<https://www.metsafibre.com/fi/yhtio/Documents/Mets%C3%A4%20Fibre%20Vuositraportti%202018.pdf>

Metsä Fibre Oy. 2019b. Sahatavaran valmistusprosessi. Luettu 2.4.2019.

<https://www.metsafibre.com/fi/sahatavara/Pages/Sahatavaran-valmistusprosessi.aspx>

Metsä Fibre Oy. 2019c. Sahatavaratuotteet. Luettu 24.4.2019.

<https://www.metsafibre.com/fi/sahatavara/tuotteet/Pages/default.aspx>

Metsä Fibre Oy. 2019d. Vilppulan saha. Luettu 26.3.2019.

<https://www.metsafibre.com/fi/yhtio/Pages/Vilppulan-saha.aspx>

Metsä Group. 2019. Intranet. Rajattu pääsy.

OT-Laite Oy. 2015. Automatiikka PLC1 Sähködokumentit.

PSK 6800. 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Helsinki: PSK Standardisointi. Luettu 25.3.2019. Vaatii käyttöoikeuden.

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

Tähkä Oy. 2012. Alasahan kuljettimet.

Tähkä Oy. 2013. Tukkien sahaansyöttö, Kuorintalinja 1.

Veisto Oy. 2012a. HewSaw CRS200/CRS250. Luettu 2.4.2019.

[http://www.hewsaw.com/images/productpdfs/fin/CRS200-250\\_FIN.pdf](http://www.hewsaw.com/images/productpdfs/fin/CRS200-250_FIN.pdf)



Veisto Oy. 2012b. HewSaw LogIn. Luettu 2.4.2019.

[http://www.hewsaw.com/images/productpdfs/fin/LogIn\\_FIN.pdf](http://www.hewsaw.com/images/productpdfs/fin/LogIn_FIN.pdf)

Veisto Oy. 2013a. HewSaw SL250 3.4 Hydrauliiikka, Koneikkojen piirustukset.

Veisto Oy. 2013b. HewSaw SL250 3.4 Sahalinja.

Veisto Oy. 2017. HewSaw SL250 3.4 Käyttö- ja huolto-ohjeet.

YTM-Industrial Oy. 2012a. Lincoln Centro-Matic Öljyvoitelujärjestelmä.

YTM-Industrial Oy. 2012b. Rasvavoitelujärjestelmä.



