



Soodakattilan pääkomponenttien kuljetuslohkokoon määrittäminen

Iina Tillonen

Opinnäytetyö

Syyskuu 2021

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), energia- ja ympäristötekniikka

Tillonen, Iina

Soodakattilan pääkomponenttien kuljetuslohkokoon määrittäminen

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Syyskuu 2021, 48 sivua.

Tekniikan ala. Energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: kyllä

Tiivistelmä

Sellun tuotannon lisääntyminen maailmanlaajuisesti on lisännyt uusien soodakattiloiden rakentamista ympäri maailmaa. Pitkät kuljetusmatkat ja kustannusten optimoimisen tarve ovat synnyttäneet tilanteen, jossa kuljetuslohkojen koon tarkasteleminen oli tullut ajankohtaiseksi ANDRITZ Oy:llä. Suurten komponenttien kuljetus ja asennus ei aina ole mahdollista eikä taloudellisesti järkevää kokonaisuena, josta johtuen ne täytyy jakaa osiin.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää mitkä kaikki tekijät vaikuttavat kattilan pääkomponenttien kuljetuslohkojen kokoon. Kantaa otettiin myös projektien aikatauluun, jossa kuljetuslohkojen koot tulee olla määriteltynä. Tavoitteena oli myös selvittää, onko mahdollista selvittää jokaiselle tutkimuksessa rajatulle komponentille tyypillinen kuljetuskonsepti. Tutkimus rajattiin koskemaan painerunkoa ja sen paineettomia osia, korkeapaineputkistoa, säiliöitä sekä kanavistoa.

Työ oli kehittämistutkimus, jossa hyödynnettiin kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Teoria kuljetuslohkojen koosta sekä pääkomponenteista perustui kirjallisuuteen, verkkojulkaisuihin sekä asiantuntijahaastatteluihin. Kuljetuslohkojen kokojen suunnittelusta aineistoa kerättiin asiantuntijoiden teemahaastatteluiden sekä havainnointien avulla. Saatujen tutkimustulosten perusteella koostettiin ohjeistus, jossa tulivat ilmi kuljetuslohkojen suunnittelussa huomioitavat seikat.

Tutkimuksen tulosten perusteella saavutettiin käsitys siitä, mitä asioita suunnittelija tuli ottaa huomioon, jotta kuljetuslohkot voidaan määrittellä ja mistä tarvittavat lähtötiedot saatiin. Työn lopputuloksena saatujen dokumenttien perusteella pystytään kehittämään jatkossa kuljetuslohkojen koon optimointia sekä otta-
maan kantaa aikataulutuksen onnistumiseen. Tulokset osoittivat, että tarkka kuljetuslohkojen koon määrittäminen ei ole mahdollista johtuen monesta projektikohtaisesta muuttujasta. Tulosten perusteella pystyttiin määrittämään komponenttien lohkomisen peruseriaatteet, joiden avulla voidaan optimoida kuljetuksen ja asennuksen onnistuminen.

Avainsanat (asiasanat)

Soodakattilat, Asennus, Kuljetus, Painerunko, Kanavisto

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Ei

Tillonen, Iina

Definition of recovery boiler main component's shipping block sizes

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, September 2021, 48 pages.

Engineering and technology. Degree Programme in Energy and Environmental Technology. Bachelor's thesis.

Permission for web publication: Yes

Language of publication: Finnish

The increase in pulp production globally has increased the construction of new recovery boilers around the world. Long transport distances and the need to optimize costs have created a situation where the examination of the size of the shipping blocks had become topical at ANDRITZ Oy. The transport and installation of large components is not always possible and economically viable as a whole and therefore the components must be divided into parts.

The aim of the research was to find out which all variables affect the size of the shipping blocks of the main components of the boiler. The project's schedule was also taken into account where the sizes of the shipping blocks must be specified. The aim was also to investigate whether it is possible to determine the typical transport concept of each component defined in the research. The research was limited to the pressure parts area and its non-pressurized parts, high pressure pipes, tanks and ducts.

The thesis was a development study where qualitative research methods were used. The theory of transport block sizes and main components was based on literature, online sources and specialist interviews. Information on the design of transport block sizes was collected through thematic interviews and observations. Based on the results obtained, instructions were compiled that tell what to consider when designing transport block sizes.

Based on the research results, it is known in the future what the designer should consider that the transport blocks can be defined and where the necessary input data came from. The results of the thesis were documents that help optimize the size of transport blocks in the future. The results showed that exact determination of transport block sizes is not possible due to many project-specific variables. Based on the results, it was possible to define basic principles of components segmentation, which can be used to optimize the success of transport and installation.

Keywords/tags (subjects)

Recovery boiler, Installation, Transport, Pressure part, Duct

Miscellaneous (Confidential information)

No

Sisältö

Termit	4
1 Johdanto	5
1.1 Tavoitteet	5
1.2 Tutkimusmenetelmä	6
1.2.1 Kehittämistutkimus.....	6
2 Toimeksiantajan esittely	8
3 Soodakattila	9
3.1 Soodakattilan toimintaperiaate	10
4 Soodakattilan pääkomponentit	12
4.1 Painerunko	12
4.1.1 Tulipesä.....	12
4.1.2 Tulistimet	12
4.1.3 Keittopinta	13
4.1.4 Ekonomaiseri	13
4.1.5 Vesiverho	14
4.2 Kanavisto	14
4.3 Korkeapaineputkisto	15
4.4 Säiliöt.....	16
5 Logistikka	17
5.1 Kuljetusmuodot.....	18
5.1.1 Maantiekuljetus	19
5.1.2 Rautatiekuljetukset.....	20
5.1.3 Merikuljetus.....	20
5.1.4 Lentokuljetus	21
6 Asennus	21
7 Aikatalu ja resurssit	22
8 Kuljetuslohkot	23
9 Yleisimmät pakkaustyypit	23
9.1 Kuljetuskehys.....	23
9.2 Kontti.....	24
10 Työn toteutus ja kulku	25
11 Tulokset	27
11.1 Logistiikan näkökulma	27

11.1.1	Logistiikan lähtötiedot	28
11.2	Asennuksen näkökulma	29
11.2.1	Asennuksen lähtötiedot.....	30
11.3	Säiliöiden kuljetuslohkokoot	31
11.3.1	Säiliöiden kuljetuslohkojen lähtötiedot.....	33
11.4	Kanavistojen kuljetuslohkokoot.....	33
11.4.1	Kanaviston kuljetuslohkojen lähtötiedot.....	35
11.5	Painerungon kuljetuslohkokoot	36
11.5.1	Painerungon kuljetuslohkojen lähtötiedot.....	38
11.6	Aikataulutus	39
11.7	Kuljetuskonsepti.....	39
12	Pohdintaa	41
	Lähteet	44
	Liitteet	47
	Liite 1. Myyntivaiheen lähtötiedot.....	47
	Liite 2. Projektivaiheen lähtötiedot.....	48
 Kuviot		
	Kuvio 1. Soodakattilan rakenne (Knowpulp n.d.)	10
	Kuvio 2. Massatase.....	11
	Kuvio 3. Ekonomaiseri (Penttinen 2018, muokattu).....	13
	Kuvio 4. Soodakattilan sivuleikkauskuva, jossa vesiverho esitetty vihreällä tulistimien alla (Knowpulp n.d.).....	14
	Kuvio 5. Esimerkkikuva kanaviston kokoluokasta (Andritz n.d.)	15
	Kuvio 6. Esimerkkikuva korkeapaineputkiston kokoluokasta (Andritz n.d.).....	16
	Kuvio 7. Kuljetusten kustannusten vaikutus logistiikan kokonaiskustannuksiin (Kuljetusten ja jakelun logistiikkaa n.d.).....	17
	Kuvio 8. Kuljetusmuodon kustannukset suhteessa kuljetusmatkaan (Kuljetusten ja jakelun logistiikkaa n.d.)	19
	Kuvio 9. Esimerkkikuva kuljetuskehysistä (Kärkkäinen & Niskanen 2020)	24
	Kuvio 10. Tyypillisimmät käytössä olevat erikoiskontit (A shipper’s guide to container types & dimensions, n.d.).....	25
	Kuvio 11. Säilö, jossa näkyvillä levyjen vaihtumiskohtat (Cylindrical n.d.)	33
	Kuvio 12. Renkagaskanaviston lohkoaminen asennustoleranssit huomioiden.....	35

Taulukot

Taulukko 1. Euroopan erikoiskuljetusten mittoja, jotka eivät vaadi suuria erikoisjärjestelyjä ..	28
Taulukko 2. Euroopassa sijaitsevien projektien kuljetustietoja.....	40
Taulukko 3. Etelä-Amerikassa sijaitsevien projektien kuljetustietoja	40

Termit

Asennus/kuljetuslohko

Komponentin osa tai moduuli, jotka yhdistetään kokonaiseksi komponentiksi työmaalla.

Compound-putki

Putki, joka koostuu kahdesta kerroksesta. Sisäkerros hiiliterästä ja pintakerros ruostumattomaa terästä. Käytetään haastavissa olosuhteissa.

Disipliini

Suunnittelun eri osa-alueet esimerkiksi kanavistosuunnittelu tai putkistosuunnittelu.

Huuvan-aukko

Liutinsäiliön päällä olevat aukot, joiden kautta kemikaalisula valuu säiliöön.

Layout-suunnittelu

Tilankäytön suunnittelu.

Lohkominen

Komponenttien jakaminen pienempiin osiin asennusta ja kuljetusta varten.

Työmaahitsi

Asennuspaikalla tehtävät hitsaus. Merkitään lipputunnuksella.

Yhde

Yhdyskappale, jolla esimerkiksi putket yhdistetään säiliöihin.

Kuljetuslohkon sauma

Kohta, jossa lohkot yhdistetään toisiinsa asennusvaiheessa.

1 Johdanto

Biopohjaisten raaka-aineiden kehitys muovin korvaajana ja Kiinan kasvava sellun kulutus ovat lisänneet sellun valmistusta maailmanlaajuisesti, jolloin uusilta sellutehtailta vaaditaan aina vain enemmän kapasiteettia (Kiinan kartonkimarkkinat murroksessa 2019). Sellun valmistuksessa tarvittavien kemikaalien regenerointi ja energia saadaan soodakattilan avulla. Sellutehtaiden kapasiteetin kasvaessa kasvaa myös soodakattiloiden kapasiteetti, joka vaikuttaa suoraan tehtaan komponenttien kokoon. (Vakkilainen 2005.) Suurten komponenttien kuljettaminen työmaalle ja asennus kokonaisuina ei ole aina mahdollista tai taloudellisesti järkevää, josta johtuen komponentit joudutaan jakamaan osiin.

Uuden kattilalaitoksen kokonaiskustannuksiin vaikuttavat monet eri asiat. On otettava huomioon muun muassa laite- ja materiaalikustannukset, asennus ja logistiikka. Kuljetuslohkojen koko vaikuttaa suoraan asennuksen ja logistiikan kustannuksiin, sillä isojen lohkojen asentaminen on halvempaa kuin pienten mutta niiden kuljettaminen kalliimpaa. Päätös kuljetuslohkojen koosta tapahtuu monien eri osastojen yhteistyönä ja päätökset pyritään tekemään projektin alkuvaiheessa, koska mitä myöhemmässä vaiheessa muutoksia tehdään, sitä enemmän syntyy lisäkustannuksia. (Sikanen 2019.) Avainasemassa suunnittelun onnistumisessa on saumaton yhteistyö laitesuunnittelijan, asennuksen, logistiikan ja myynnin kanssa.

Andritz toimittaa erikokoisia paperi- ja selluteollisuuden laitteita ja palveluita ympäri maailmaa, jolloin jokainen projekti on erilainen. Maantieteellinen sijainti, laitoksen koko- ja rakenne sekä asennuksen resurssit aiheuttavat sen, että jokaisen pääkomponentin kuljetuslohkokoko täytyy miettiä projektikohtaisesti eikä yhtä ja ainoaa standardia pystytä määrittelemään. Tästä johtuen opinnäytetyössä ei etsitty tarkkaa mittausta kuljetuslohkoille ja tehty kehitystyötä loppuun vaan etsittiin ne seikat, jotka vaikuttavat lohkojen kokoon.

1.1 Tavoitteet

Suuren komponentit kulkevat työmaalle metallista valmistettujen kuljetuskehysten sisällä, jotka helpottavat asennusta ja lastausta sekä suojaavat komponentteja kuljetuksessa. Kuljetuskehykset valmistetaan jokaiselle komponentille projektikohtaisesti, koska kuljetettavien lohkojen koko ei ole standardi. Asennuksen jälkeen kehys puretaan ja romutetaan. Kuljetuslohkojen koko vaikuttaa

suoraan myös kuljetuskehysten kokoon ja niihin käytettyyn metallin määrään eli näin ollen myös kustannuksiin. Tulevaisuuden tavoitteena on kehittää kuljetuslohkojen suunnittelua niin, että kustannuksia saadaan optimoitua ja suunnitteluprosessia tehostettua.

Osana tätä kehitystyötä opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää mitkä tekijät vaikuttavat kuljetuslohkokokojen määrittämiseen ja ottaa kantaa myös missä aikataulussa lohkokoot, tulee määrittellä. Lohkokokojen määrittely oli rajattu soodakattilan painerunkoon sekä sen paineettomiin osiin, korkeapaineputkistoon, kanavistoon ja säiliöihin. Tavoitteena oli myös selvittää, millainen on tyypillinen kuljetuskonsepti kullakin suunnitteludisipliinillä.

Opinnäytetyön keskeisimpiä kysymyksiä olivat:

- Mitä lähtötietoja lohkokokojen suunnitteluun tarvitaan ja keltä ne saadaan?
- Millaisessa formaatissa lähtötiedot ovat?
- Mitä tulee ottaa huomioon työmaahitsin paikkaa miettiessä?
- Missä vaiheessa projektia päätöksen lohkojen koosta tulisi olla tehtynä?
- Millainen on komponentin X lohkomisen pääperiaatteet?
- Millainen on tyypillinen kuljetuskonsepti?

Avainasemassa tavoitteiden toteutumisessa oli yhteistyö logistiikan ja asennuspuolen suunnittelijoiden kanssa, koska nämä tekijät vaikuttavat eniten asennuslohkokokoihin. Kerätystä tiedota rakennettiin tarkistuslista, josta tuli ilmi lohkokokoon vaikuttavat tekijät sekä keneltä tarvittavat tiedot saatiin. Lisäksi ohjepiirustukset luotiin ohjeistuksen tueksi.

1.2 Tutkimusmenetelmä

1.2.1 Kehittämistutkimus

Kehittämistutkimuksen taustalla on yleensä ilmiö, prosessi tai asiatila, jonka halutaan olevan kehitystyön jälkeen paremmin. Se on yhdistelmä eri tutkimusmenetelmiä, joita käytetään tilanteen mukaan. Tutkija toimii ulkopuolisena havainnoitsijana. Kehittämistutkimuksessa yhdistyy tutkimus ja kehittäminen syklisessä prosessissa eli tutkimus ja kehittäminen tapahtuvat toistuvasti. Koska kehittämistutkimus on monimenetelmällinen siinä yhdistyvät Kvalitatiivinen ja Kvantitatiivinen tutkimusmenetelmä, jotka täydentävät toisiaan. Tutkimusmenetelmien avulla aineistoa kerätään ja

analysoidaan, jotta kehitystyö voidaan saattaa haluttuun lopputulokseen (Kananen 2012; Kananen 2015.)

Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus tavoittelee ilmiön syvällistä ymmärtämistä ja kuvaamista. Aineistoa kerätään yleisimmin haastelujen ja havainnointien avulla, jotta saataisiin ymmärrys ilmiöstä. Tavoitteena on luoda ilmiöstä teorioita. Prosessissa ei ole tarkkaa lineaarista polkua vaan tutkimus etenee tutkimustulosten mukaan eli kenttätyö ja teoriapohdinnat toistuvat useita kertoja tutkimusten aikana. Koska oletettavasti tutkittavaa ilmiötä ei ole aikaisemmin tunnettu on tutkimusprosessi joustava eikä aineistomäärää voida määritellä etukäteen vaan aineisto ohjaa tutkimuksen kulkua. Aineiston keräämistä jatketaan, kunnes uutta tietoa ei enää ole saatavilla ja tutkimusongelmalle on löydetty ratkaisu. (Kananen 2012; Kananen 2015.)

Määrällinen eli kvantitatiivinen tutkimus tutkii jo olemassa olevia ilmiötä, joka tunnetaan etukäteen. Tutkimuksesta saatava tieto on yleensä numeraalista ja se pyrkii kumoamaan tai vahvistamaan hypoteesin. Tulosten avulla tehdään johtopäätöksiä tutkimusaineistosta. Toisin kuin laadullisessa tutkimuksessa tutkimuksen eri vaiheet ovat selvästi eroteltavissa ja tutkimus etenee lineaarisesti. (Kananen 2012; Kananen 2015.)

Tiedonkeruumenetelmät ja luotettavuuden arviointi

Yksi tärkeimmistä aineistonkeruumenetelmistä on havainnointi, jonka tarkoituksena on ilmiön ymmärtäminen, jotta tutkimuksen alkutilanne saadaan selvitettyä. Havaintojen avulla päästään käsiin ongelmaan, joka helpottaa haastattelujen suunnittelua. Havainnointi voi olla strukturoimaton tai strukturoitua riippuen siitä tiedetäänkö tarkasti mihin kohteeseen pitää kiinnittää tarkempaa huomiota. Havainnointia pyritään täydentämään haastatteluilla, jolloin voidaan välttää tutkijan havainnoinnissa ilmenneet väärät tulkinnat. (Kananen 2015, 76–81.)

Kehittämistutkimuksessa haastattelujen avulla etsitään eri näkemyksiä ongelmasta. Teema haastattelulle valitaan niin, että se kohdistuu ongelmaan ja sen syiden etsimiseen sekä analysointiin.

Teemahaastelussa haastateltavana toimi aiheen asiantuntija, jolle haastattelija on ennakkoon esittänyt haastattelun taustat ja tulevat kysymykset. Haastattelun kysymykset ja järjestys eivät tarvitse olla tarkkaan suunniteltuja, mutta tarkoituksena on pitää aihepiiri kaikilla haastateltavilla samana. Haastattelu etenee teemojen mukaan keskustelunomaisesti, jolloin jatkokysymysten syntyminen mahdollistaa ilmiön ymmärtämisen syvällisemmin. Koska tavoitteena teemahaastattelussa on ongelman eri näkökulmien ymmärtäminen, on kysymysten oltava mieluummin avoimia kuin strukturoituja. Näin haastateltava henkilö joutuu avaamaan kysymykset mahdollisimman laajasti ja monisanaisesti. (Kananen 2015, 81–94.)

Opinnäytetyö toteutettiin laadullisena tutkimuksena. Tiedon kerääminen tapahtui strukturoimattomien haastattelujen avulla, jolloin haastattelut muistuttivat keskustelua, jossa edettiin haastateltavan ehdoilla. Avoin haastattelu valittiin tiedonkeruumenetelmäksi, koska kirjallista lähtötietoa aiheesta oli vähän, jolloin tarpeeksi tarkkojen haastattelukysymysten rakentaminen oli haastavaa. Jokainen haastattelu eteni kuitenkin muutaman ennalta annetun kysymyksen pohjalta, jolloin vältettiin keskustelun eteneminen ohi aiheen. Aineiston keruun aikana suoritettu havainnointi kirjattiin ylös ja haasteluista ilmenneet seikat liitettiin aiempien havainnointien joukkoon.

Työn aineisto oli litteroitua tekstiä haastatteluista, dokumentteja eri komponenteista sekä internetistä ja kirjallisuudesta analysoitua tietoperustaa. Käsitekarttaa käytettiin apuna aineiston sisältö-analyyssissa kokonaisuuksien hahmottamisessa sekä selkeyttämään mikä on oleellista tietoa ja mikä ei. Kirjallisissa lähteissä pyrittiin tutkimaan useampia lähteitä luotettavuuden lisäämiseksi. Projektikohtaisia tietoja tukittaessa pyrittiin vertaamaan eri projekteja toisiinsa, jakamalla projektit maantiellisiin perusteisiin sekä koon mukaan. Tulosten luotettavuus vahvistettiin esittämällä saadut tulokset ammattilaisille. Tulkinnat varmistettiin vertaamalla eri projektien kuljetus- ja asennustietoja saatuihin tutkimustuloksiin.

2 Toimeksiantajan esittely

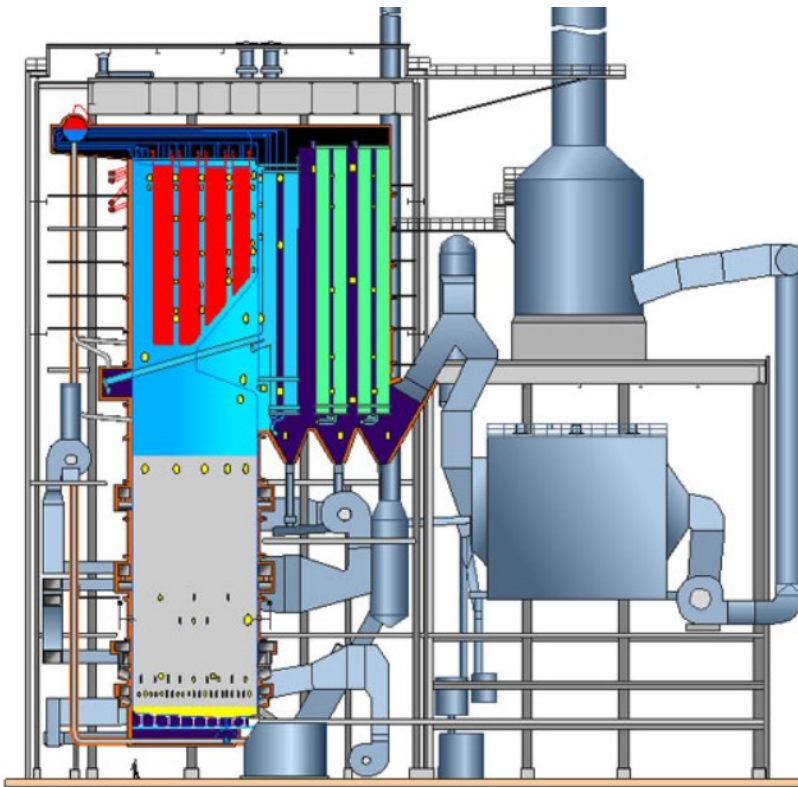
Andritz on itävaltalainen teknologiakonserni, joka tarjoaa laitoksia, järjestelmiä ja laitteita vesivoimaloille, massa- ja paperiteollisuuteen sekä metalli- ja terästeollisuuteen. Konsernissa työskentelee yli 26 000 työntekijää yli 40 maassa. Suomessa toimii tytäryhtiö Andritz Oy. (Andritz n.da.)

Andritz Oy on maailmanlaajuinen sellu- ja paperiteollisuuden laitteiden, järjestelmien ja palvelujen toimittaja. Tuotealueita ovat puunkäsittely, kuituprosessit, kemikaalien talteenotto ja massankäsittely sekä lisäksi erilaiset energiantuotantoratkaisut kuten biomassakattilat ja kaasutuslaitokset. Suomessa henkilöstön määrä on yhteensä noin 1400 kahdeksassa toimipisteessä. Andritz Oy:llä on neljä tytäryhtiötä: ANDRITZ Savonlinna Works Oy, ANDRITZ Warkaus Works Oy, ANDRITZ Hydro Oy ja ANDRITZ Fabrics and Rolls Oy. (ANDRITZ in Finland n.d.)

3 Soodakattila

Soodakattilan tehtävänä on kerätä talteen sellun valmistamiseen tarvittavat kemikaalit sekä tuottaa energiaa ottamalla talteen lämpöä mustalipeän palaessa. Mustalipeää syntyy sellunkeiton yhteydessä, kun valkolipeä reagoi puun ligniinin kanssa ja sekoittuu natrium- ja rikkipohjaisiin kemikaaleihin, joita käytetään apuna ligniinin irrottamisessa. Nämä kemikaalit otetaan talteen ja siirretään takaisin sellunvalmistus prosessiin mustalipeän palamisen avulla. Palamisessa syntyvä höyryä käytetään sähköntuotantoon ja prosessihöyrynä teollisuuslaitoksen muissa osissa. (Knowpulp n.d.)

Vaikka energian tuottaminen ja kemikaalien talteenotto usein ajatellaan yhtenä prosessina ne eivät sitä ole, sillä kemikaalit pystytään erottelemaan ilman energian talteen ottamista (Knowpulp n.d.). Soodakattila eroaa höyrykattiloista polttoaineen, kemikaalihäviöiden minimoinnin osalta sekä kemikaalien talteenoton vuoksi. Kemikaalien vuoksi soodakattilan suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota höyrystinputkien sijoitteluun. Myös tulistinputkien ja ekonomaiserien sijainti poikkeaa perinteisistä höyrykattiloista. (Uusitalo 2009.)



Kuvio 1. Soodakattilan rakenne (Knowpulp n.d.)

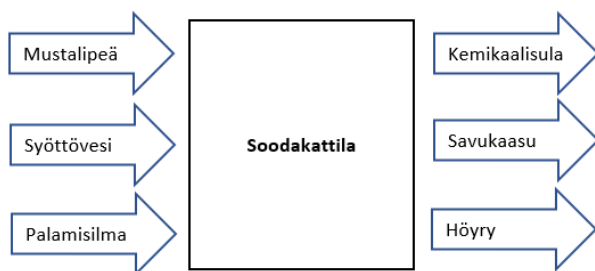
3.1 Soodakattilan toimintaperiaate

Sellutehtaalta saapuvasta laihasta mustalipeästä, jonka kuiva-ainepitoisuus on noin 15–18 % täytyy haihduttaa vettä ennen tulipesään syöttämistä, jotta sen kuiva-aine pitoisuus saataisiin nostettua haluttuun 60–80 %:iin, jolloin lipeän tiheys ja viskositeetti kasvavat sekä lämmönjohtokyky ja ominaislämpö laskevat. Ennen tulipesään syöttöä mustalipeä lämmitetään palamislämpötilaan höyryn avulla, jotta viskositeetti olisi sopiva optimaalisen pisarakoon saavuttamiseksi. Suuttimien avulla lipeä syötetään tulipesään pieninä pisaroina ja orgaaninen aines palaa. Kemikaalit kasaantuvat keoksi tulipesän pohjalle, josta ne valuvat liuotinsäiliöön. Palamisilmaa lisätään ilmakehän kautta kolmessa tasossa. (Knowpulp n.d.)

Natriumsulfaattia suurimmalta osalta koostuva tuhka poistuu savukaasuvirran mukana tulipesästä tarttumalla samalla lämpöpinnoille, joka haittaa lämmönsiirtoa ja savukaasujen etenemistä kattilassa. Lentotuhka poistetaan sähkösuodattimien avulla ja siirretään sekoitussäiliöön, jossa se sekoitetaan polttolipeään ja ruiskutetaan uudestaan tulipesään. (Huhtinen, Kettunen, Nurminen ja Pekkanen 2000, 166.)

Vesi- ja höyryjärjestelmän tehtävä on ottaa talteen lämpöenergiaa ja jäähdyttää kattilan kuumia osia. Poltossa syntyvä lämpö höyrystää vettä, jonka lämpötilaa ja painetta lisätään tulistuksen avulla, jolloin siitä saadaan turbiinin avulla tuotettua sähköä. Jäljelle jäänyt matalapaineinen höyry johdetaan muun muassa haihdukselle. Soodakattilan vesi-höyry-järjestelmällä, johon kuuluu syöttövesisäiliö, syöttöveden esilämmitin, keittopinnat, tulistimet, höyrylieriö ja kattilan seinät ei ole mitään tekemistä kemikaalien erottamisen kannalta. Vesi- ja höyrykierto toimii luonnonkierrolla eli virtaus tapahtuu lämpötila-, paine- ja korkeuserojen avulla. (Knowpulp n.d.)

Merkittävimmät palamisessa syntyvät päästöt ovat: typenoksidit, rikkioksidi, rikkiyhdisteet ja hiilimonoksidi. Päästöjen kontrolloiminen vaatii optimaaliset poltto-olosuhteet, kuten oikea palamisilman määrä ja lämpötila sekä mustalipeän kuiva-ainepitoisuuden. (Vakkilainen 2005.) Savukaasuja käsitellään yleensä sähkösuodattimilla ja sen jälkeen savukaasupesureilla (Huhtinen ym. 2000, 255).



Kuvio 2. Massatase

4 Soodakattilan pääkomponentit

4.1 Painerunko

4.1.1 Tulipesä

Mustalipeän palamisessa syntyvä lämpö aiheuttaa veden höyrystymisen, kun tulipesän lämpö siirtyy veteen ja vesi höyrystyy tulipesän seinissä. Tulipesä rakentuu vierekkäin hitsatuista putkista, joihin vesi tulee lieriöstä päälaskuputkia pitkin. Tulipesän lämpö aiheuttaa veden höyrystymisen, jolloin höyry nousee tulipesän seiniä pitkin ylös takaisin lieriöön. Kattilan yläosaan muodostuu yhtenäinen keittoputkisto, kun kaikki seinien kattilaputket on yhdistetty kokoajaputkiin ja kammioihin. Tulipesän yläosan putket ovat yleensä hiiliterästä, mutta alaosan vaativien olosuhteiden takia compound-putkia käytetään pohja- ja seinäputkina sekundääri-ilmatason korkeudelle saakka. Tulipesän takaseinässä on sula-aukot, joiden kautta kemikaalisula poistuu liuotinsäiliöön. (knowpulp n.d.; Andritz 2020.)

4.1.2 Tulistimet

Turbiiniin johdettavan höyryn lämpötila vaikuttaa liike-energian suuruuteen eli mitä kuumempaa höyryä turbiiniin johdetaan, sitä enemmän energiaa saadaan hyödynnettyä. Jotta energiaa saadaan tuotettua enemmän, täytyy höyryn lämpötilaa nostaa lieriön jälkeen ennen turbiinia. Tämä höyryn lämpötilan nosto tapahtuu tulistimien avulla. Päähöyrylinjaa pitkin korkeapainehöyry virtaa tulistimista turbiinille ja osa höyrystä johdetaan nuohoukseen. Tulistimista poistuva höyry on lämpötilaltaan noin 450–500 °C. Tulistimet sijoitetaan tulipesän yläosaan nokan taakse, jossa savukaasut ovat vielä tarpeeksi kuumia tulistuslämpötilan saavuttamiseksi mutta tulipesän säteilylämpö pientä, joka vähentää tulistimien ylikuumentumista. Osa tulistimista sijoitettu myös tulipesän yläpuolelle nokan eteen. Palamattomien hiukkasten pääsy tulistimille estetään verhoputkiston avulla, jolloin korroosion riski pienenee. (Knowpulp n.d.; Huhtinen ym. 2000, 189–192.)

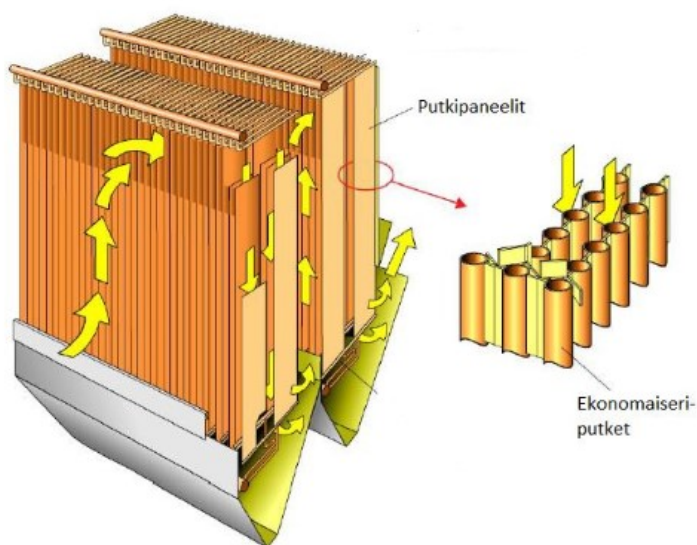
Tulistimet koostuvat useista putkielementeistä, jotka lähtevät jakokammioista. Materiaaleina käytetään korkeissa lämpötiloissa kestäviä metalleja, joiden tulee kestää virumista ja kuumakorroosiota. Tulistimet jaetaan sijoitustavan mukaan säteilytulistimiin, verhotulistimiin, konvektiotulistimiin sekä yhdistelmätulistimiin. (Huhtinen ym. 2000, 189–192.) Tulistimet voivat olla jopa 30 metriä pitkiä ja 25 metriä leveitä mutta mitat riippuvat aina kattilan koosta.

4.1.3 Keittopinta

Noin 10–25 % kaikesta kattilassa tapahtuvasta höyrystyksestä tapahtuu keittopinnalla, joka on vastavirtalämmönsiirrin kuten ekonomaiserit. Erona keittopinnan ja ekonomaisereiden välillä on höyrystyminen. Se sijaitsee tulistimien ja ekonomaiserin välissä heti nokan jälkeen. Rakenteeltaan se koostuu evillä yhteen sidotuista putkista, jotka yhdistyvät jakokammioon. Kammioista vesi-höyryseos kulkeutuu lieriöön. (Vakkilainen 2005.) Keittopinta on samaa kokoluokkaa tulistimien ja ekonomaisereiden kanssa.

4.1.4 Ekonomaiserit

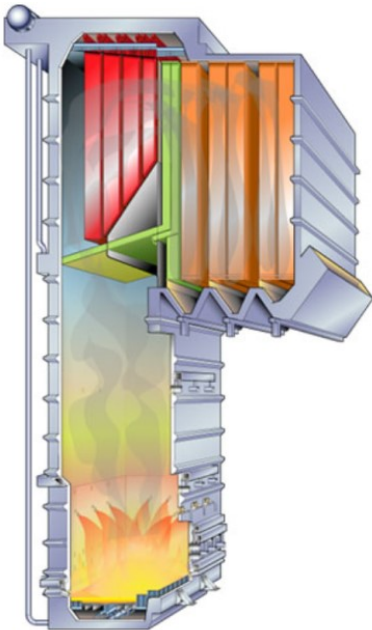
Tulistimien jälkeen savukaasut ovat vielä niin lämpimiä, että niitä kannattaa käyttää hyödyksi syöttöveden ja palamisilma lämmittämiseen. Syöttöveden esilämmittimet eli ekonomaiserit lämmittävät syöttövettä savukaasujen avulla, jotka tulevat 350–450 °C lämpötilassa tulistimilta keittopinnan läpi ekonomaisereille. Vesi tuodaan pystyputkia pitkin ekonomaiserin alaosaan, josta se virtaa ylöspäin samalla kun savukaasut virtaavat ylhäältä alaspäin. Savukaasu jäähtyy luovuttaessaan lämpönsä ekonomaisereissa kulkevaan veteen. Yleisimmin käytetyt materiaalit ovat valurauta- tai teräspanket, joiden väli on 110–180 mm. Esilämmittimet jaetaan toimintatapansa perusteella höyrystämättömiin tai höyrystäviin. (Knowpulp n.d.; Vakkilainen 2005.) Pituudeltaan voivat olla yli 30 metriä ja leveydeltään lähes 25 metriä.



Kuvio 3. Ekonomaiserit (Penttinen 2018, muokattu)

4.1.5 Vesiverho

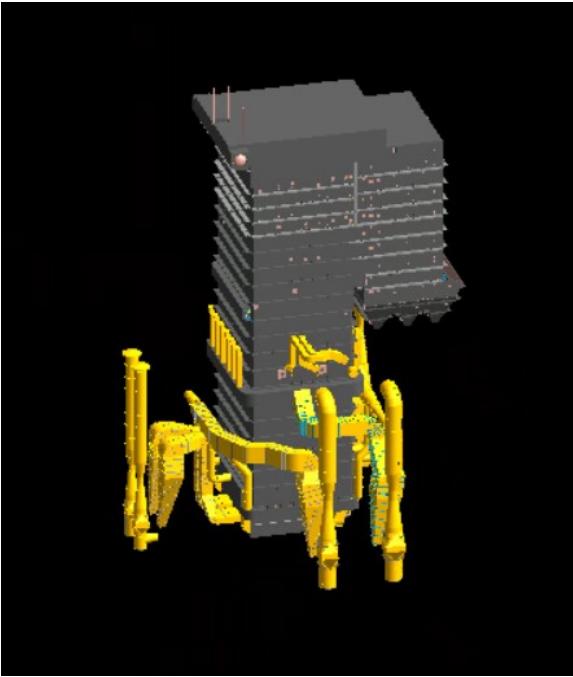
Tulipesän nokan korkeudella kulkevien verhoputkien tarkoituksen on suojata tulistimia säteilyltä sekä laskea savukaasujen lämpötilaa. Putkisto kulkee tulipesän poikki ja yhdistyy yleensä keittopintaan mutta voi myös yhdistyä omilla nousuputkilla suoraan lieriöön. Tyypillisesti valmistettu hiiliteräksestä kapealla putkivälillä. (Vakkilainen 2005.)



Kuvio 4. Soodakattilan sivuleikkauskuva, jossa vesiverho esitetty vihreällä tulistimien alla (Knowpulp n.d.)

4.2 Kanavisto

Kanaviston tarkoituksena on siirtää savukaasuja pois kattilasta ja tuoda palamisilmaa tulipesään. Kanavat ovat yleensä muodoltaan pyöreitä tai suorakaiteen muotoisia ja siellä hallitsee yli- tai alipaine. Materiaalina toimii useimmiten teräslevyt, jotka on tuettu jäykisteraudoilla, jotta muun muassa jännitykset saadaan pidettyä tarpeeksi pieninä. Pyöreät kanavistot tarvitsevat vähemmän jäykisteraudoja, joka tekee niistä kevyempiä kuin suorakaiteiset kanavistot. (Suutarinen 2014, 4–5.)



Kuvio 5. Esimerkkikuva kanaviston kokoluokasta (Andritz n.d.)

4.3 Korkeapaineputkisto

Korkeapaineputkistolla tarkoitetaan niitä putkiston osia, joissa kaasu, neste tai niiden seos on ympäristön painetta suurempi. Jos putkiston käyttöpaine on yli 0,5 bar kuuluu sen suunnittelussa ja valmistuksessa noudattaa painelaitedirektiivin ohjeistuksia. Kuten myös muissakin soodakattilan komponenteissa, jotka ylittävät tämän painerajan. (Painelaitteiden mitoitus ja suunnittelu n.d.)

Putkiston materiaalit riippuvat siinä liikkuvasta aineesta. Yleisimmin käytetään hiilliterästä, ruostumatonta terästä ja haponkestävää terästä. Paineen suuruus määrää putkiston seinämänvahvuuden eli mitä korkeampi paine putkistossa vallitsee sitä paksumpi seinämänpaksuus. (Närhi 2014.)



Kuvio 6. Esimerkkikuva korkeapaineputkiston kokoluokasta (Andritz n.d.)

4.4 Säiliöt

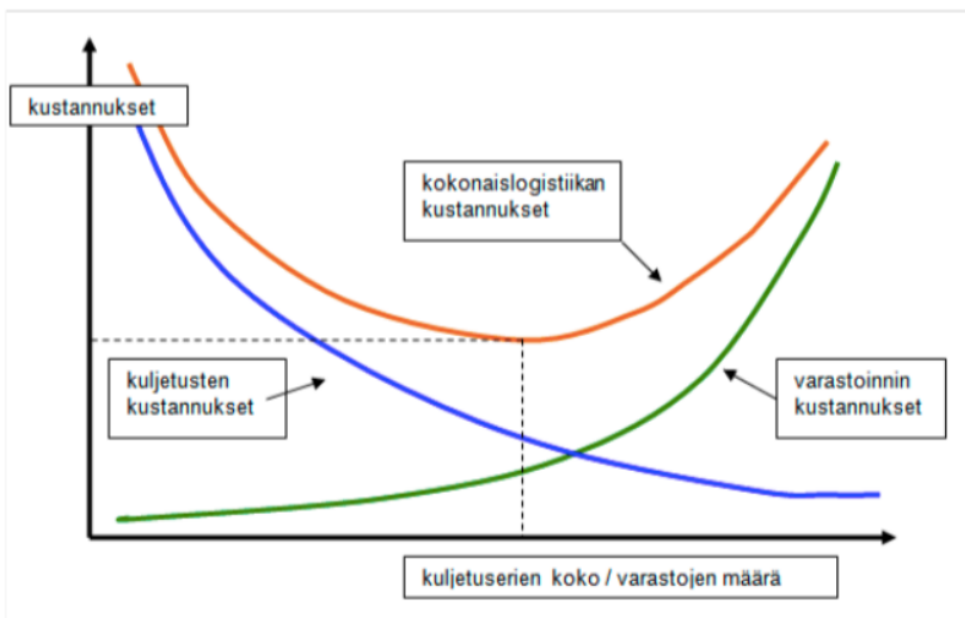
Soodakattilassa käytetään paineellisia ja paineettomia säiliöitä. Paineellisia säiliöitä soodakattilassa ovat muun muassa lauhdesäiliö, syöttövesisäiliö sekä paisuntasäiliö ja näihin pätee painelaitelainsäädäntö, kuten muihinkin paineellisiin komponentteihin. Isoimmat soodakattilan säiliöt, jotka yleensä kuljetetaan osissa ovat liuotinsäiliö, syöttövesisäiliö sekä varavesisäiliö. Liuotinsäiliö on suuri pyöreä tai soikean muotoinen säiliö, joka on yleensä vuorattu betonilla meluhaittojen ehkäisemiseksi. Säiliöön johdetaan tulipesän pohjasta tuleva 800–900 °C sula, joka sekoitetaan heikkovalkolipeään, jolloin saadaan viherlipeää. Liuotus muodostaa hönkää, josta pesurin avulla poistetaan pölyä ja rikkiyhdisteitä. (Knowpulp n.d.; Vakkilainen 2005.) Kooltaan liuotinsäiliö voi olla pituudeltaan, jopa 25 m pitkä, 15 m leveä ja 7 m korkea.

Syöttövesisäiliön tarkoituksena on turvata vesi- ja höyrypiirin toiminta eli se toimii veden esilämmittimenä, varastona ja kaasunpoistimena. Vesi johdetaan säiliöstä lieriöön ekonomaisereiden kautta, jossa veden lämpötila nousee lähelle kiehumispistettä. Syötettävän veden tulee olla puhdasta ja vähähappista, jonka takia säiliöt sisältävät usein kaasunpoiston. Kaasunpoiston avulla

poistetaan happi ja hiilidioksidi. Säiliön koko riippuu kattilalaitoksen koosta, sillä vedentarpeen tulee kattaa noin 15–45 minuutin jatkuvaa höyryntuotantoa. Vedenpinnan laskiessa liikaa säiliöön ohjataan lisää vettä lisävesisäiliöstä. (Penttinen 2018.) Syöttövesisäiliöt voivat olla kooltaan, jopa 40 m pitkiä, 6 m leveitä ja 6 m korkeita.

5 Logistikka

Logistiikalla tarkoitetaan tavaroiden kuljetusta ja varastointia sekä materiaalin, rahan ja tietovirtojen hallintaa. Tavoitteena on toimittaa oikeat tuotteet ja palvelut oikeaan paikkaan oikeaan aikaan niin, että laatu pysyy haluttuna ja resurssit minimissään. (Logistiikka n.d.) Kuljetusta suunniteltaessa on huomioitava kustannukset, toimitusaika, -varmuus ja -täsmällisyys. Kuljetusmatkat ovat tyypillisesti pitkiä, josta johtuen alustavat päätökset kuljetusmuodosta ja aikataulusta on tehtävä jo projektin myyntivaiheessa. Mitä myöhemmässä vaiheessa muutoksia tehdään, sitä enemmän lisäkustannuksia syntyy. Viime hetken muutokset voivat nostaa kuljetuksen hintaa moninkertaiseksi verrattuna alkuperäiseen kustannusarvioon. (Siippainen 2021.) Kuvassa 7 on havainnollistettu, kuinka kuljetuserien koko vaikuttaa logistiikan kokonaiskustannuksiin.



Kuvio 7. Kuljetusten kustannusten vaikutus logistiikan kokonaiskustannuksiin (Kuljetusten ja jakelun logistiikkaa n.d).

5.1 Kuljetusmuodot

Kuljetusmuodot poikkeavat paljon toisistaan ja niiden valintaa vaikuttaa useat eri muuttujat, josta johtuen jokainen kuljetus on mietittävä erikseen projektikohtaisesti (Kuljetukset n.d.). Kuljetukseen ja kuljetusmuodon valintaan vaikuttavia asioita:

Koko ja paino vaikuttavat suoraan kustannuksiin ja kuljetusmuodon valintaan. Suurten tavaraerien kuljettaminen on edullisempaa kuin pienten mutta myös yksittäisten tavaroiden koko vaikuttaa. Koon ylittäessä normaalikuljetusten rajat kustannukset nousevat ja tavaran kuljettaminen voi viedä enemmän aikaa. Jokaisella kuljetusmuodolla on oma maksimi mittansa ja painonsa rahdin suhteen. (Mt.)

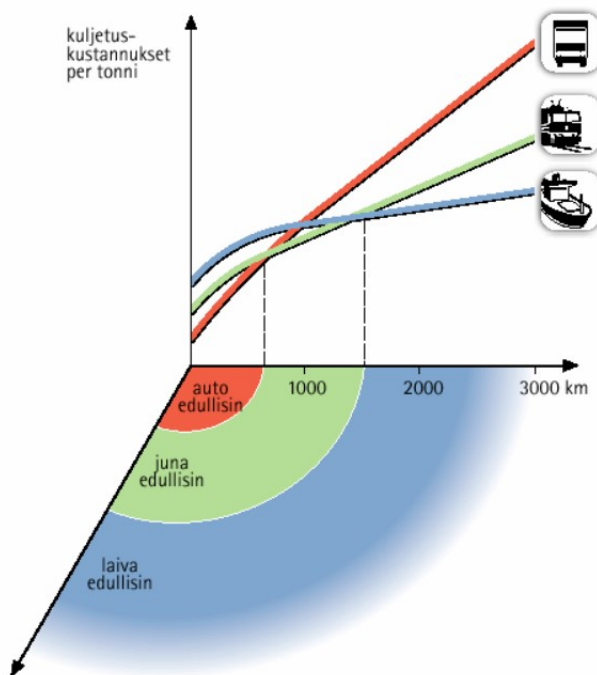
Etäisyys, sijainti ja aika. Työpajan ja tehdasalueen välinen etäisyys voi rajoittaa tiettyjen kuljetusmuotojen käyttöä. Euroopassa komponentit kulkevat yleensä maantiekuljetuksina, mutta manner-ten rajojen ylittyessä merikuljetus on usein välttämätöntä. Pitkä kuljetusmatka lisää myös kuljetukseen kuluva aikaa sekä projektin tiukka aikataulu voivat poissulkea kuljetusmuotoja. Kiireellinen kuljetus vaatii usein erityistoimenpiteitä, joiden lisäkustannukset on otettava huomioon budjettia laatiessa. (Mt.)

Pakkaus, lastaus ja purku. Jokaiselle komponentille on mietittävä oikeanlainen pakkaustapa kuljetusmuodon mukaan. Tavara täytyy pakata sellaisiin pakkauksiin, jotka vastaanottaja pystyy purkamaan, huomioiden myös välipurut ja –lastaukset esimerkiksi satamissa. Erikoiskuljetukset voivat vaatia purkaessa ja lastatessa isompia välineitä, jotka aiheuttavat kuljetukseen lisää kustannuksia. Tavoitteena on pyrkiä pitämään tavara samassa pakkauksessa koko kuljetuksen ajan ja käyttämään vain yhtä kuljetusmuotoa, jos se on mahdollista. Kuljetusmuodon vaihtaminen aiheuttaa usein lisäkustannuksia ja häiritsee kuljetuksen seurantaa. (Mt.)

Erytisolosuhteet ja rajoitukset on otettava huomioon, kun tavara kulkee maasta toiseen. Eri mailla voi olla omat rajoituksensa esimerkiksi maksimi kuljetusmittojen suhteen. Kuljettaessa rahdia usean maan läpi on huomioitava jokaisen maan maakohtaiset rajoitukset. Ruuhkat ja ajokiellot sekä tapahtumat ja esteet, kuten korona, lakot ja sodat voivat estää tai hidastaa rahdin liikkumista. (Mt.)

Tieverkoston ja kuljetusreittien rajoitteet. Kaluston mitoille ja painolle rajoituksia asettaa kuljetusreitillä olevat sillat ja tunnelit mutta myös liikennemerkkien sijainti tien reunaan nähden, sähköverkon korkeus ja reitin jyrkät mutkat tai risteykset. Suuret tieverkoston muutostyöt kuten liikennemerkkien poisto tai sähköverkkojen nosto on otettava huomioon jo projektin aikaisessa vaiheessa, jos suunnitteilla erikoisjärjestelyjä vaativia erikoiskuljetuksia. Myös vuodenaikojen vaihtelut tulee huomioida varsinkin merikuljetuksissa, jos käytetään sellaista reitistöä, joka jäätyy talvella. (Mt.)

KULJETUSMUOTOJEN EDULLISUUS



Kuvio 8. Kuljetusmuodon kustannukset suhteessa kuljetusmatkaan (Kuljetusten ja jakelun logistiikkaa n.d.)

5.1.1 Maantiekuljetus

Noin 90 % tavarakuljetuksista kulkee ainakin, jossain vaiheessa kuljetusketjua maantiekuljetuksena, koska ne ovat helposti toteutettavia, nopeita varsinkin lyhyillä välimatkoilla ja sopivat mo-

nenlaisen rahdin kuljetukseen. Suomen sisällä suurin osa kuljetuksista tapahtuu suorina kuljetuksina eli tavaraa ei pureta välissä vaan se kuljetetaan suoraan perille. Kansainvälisissä kuljetuksissa, tavaraa käsitellään ja kuljetetaan eri välineillä kuten esimerkiksi maantiekuljetuksella satamaan, josta rahdin matka jatkuu merikuljetuksena. Tätä monen eri kuljetusmuodon käyttämistä kutsutaan yhdistetyksi kuljetukseksi. (Maantiekuljetus n.d.) Maantiekuljetuksessa otettava huomioon pituussuuntainen kiihtyvyys eli jarrutukset ja kiihdytykset sekä painovoiman vaikutukset sekä poikkaiskiihtyvyys eli mutkat tiessä. On myöskin muistettava, että kuorman sitominen vie tilaa kaikissa kuljetusmuodoissa ja on siksi huomioitava kuorman kokoa suunnitellessa. (Kuormansidonnan käsikirja 2004.)

5.1.2 Rautatiekuljetukset

Rautatiekuljetusten etuna on sen nopeus verrattuna merikuljetuksiin ja suurempi rahdin määrä maantiekuljetuksiin verrattuna. Se on myös tehokkain liikennemuoto, kun otetaan huomioon tonnikilometrit kulutettua energiayksikköä kohti. Heikkoutena reittien ja aikataulujen joustamattomuus ja se, että harvemmin rahti saadaan perille asti pelkällä rautatiekuljetuksella, jolloin kustannukset nousevat. Rahdin kuljettaminen rautateitse on yleistä sellaisissa maissa, joissa välimatkat ovat pitkiä tai tieliikenneverkon kunto sellainen, että maantiekuljetukset ovat vaikea ja hidas toteuttaa. Tällaisia maita ovat esimerkiksi Yhdysvallat sekä Venäjä. Keski-Euroopassa, jossa raideverkosto on levittäytynyt laajalle, on henkilöliikenne yleisempää kuin tavaraliikenne. Lyhyet välimatkat on helpompi hoitaa maantiekuljetuksilla, jolloin vältetään kuorman edestakaisin lastaamista ja purkua. (Rataverkon kokonaiskuva 2018.)

5.1.3 Merikuljetus

Maailman vanhin ja kansainvälinen liikennemuoto on merikuljetukset. Sen suosio perustuu taloudellisuuteen, ympäristöystävällisyyteen sekä turvallisuuteen ja varmuuteen. (Kuljetusten ja jakelun logistiikkaa n.d.) Vuonna 2019 maailmanlaatuinen merikuljetusten määrä oli 11,1 miljardia tonnia, joista suurin osa kulki Aasian kaupankäyntialueella. Suomen osuus vuonna 2019 oli 101,3 miljoonaa tonnia. (tilastokeskus 2020.) Merirahdin kuljetus on jaettu kahteen toimintamalliin. Linjaliikenteessä alus kulkee tiettyä reittiä ennalta ilmoitettujen aikataulujen mukaan (Linjaliikenteen yleiset toimintaperiaatteet, n.d). Hakurahtiliikenteessä rahti kulkee satunnaista reittiä ilman säännönmu-

kaista aikataulua kysynnän ja tarjonnan mukaan (Hakurahtiliikenne, n.d.). Suunnitellessa, mitä laitteita voidaan merikuljetuksessa kuljettaa, tulee huomioida laivan kallistumiset, heiluminen ja kiihtyminen (Kuormansidonnan käsikirja 2004).

5.1.4 Lentokuljetus

Lentokuljetus on kätevä, jos kuljetusmatka on pitkä ja kuljetettava tavara kevyt. Energiatehokkuudeltaan huonoin kuljetusmuoto, joka on myös altis sääolosuhteille. (Kuljetusten ja jakelun logistiikka, n.d.) Soodakattiloiden asennuksen kannalta lentokuljetusta käytetään ainoastaan kiireellisissä tapauksissa. Yleisin syy käyttää lentokuljetusta on, jos asennukselta puuttuu osia, joiden viivästyminen hidastaa asennuksen aikatauluja tai varaosia puuttuu. (Siippainen 2021.)

6 Asennus

Asennussuunnittelussa tulevaan tai jo olemassa olevaan laitokseen määritellään asennuksen ja sen eri vaiheiden arvioitu kesto ja resurssit. Asennussuunnitelman avulla määritellään asennuksen budjetti ja aikataulu. Asennuksen edetessä laitos ja sen ympäristö muuttuvat koko ajan, joka tuo haasteita suunnitteluun. Samanaikaisesti on huomioitava aikataulu, kustannukset, muut toimijat sekä tekninen toteutettavuus. Asennuksen ratkaisut vaikuttavat myös muihin suunnitteluosastoihin, kuten logistiikan aikatauluihin tai laitossuunnitteluun. Yhteistyöllä suunnitteluvaiheessa vaikutetaan kustannuksiin, kun ratkaisuja tehdään asennettavuuden kannalta. On hyvä myös jo asennuksen suunnitteluvaiheessa ottaa huomioon huolto ja ylläpito, joka lisää asiakasarvoa. (Knuuttila 2012.)

Suunnittelu- ja kustannusarviovaihe ovat asennussuunnittelun kriittisin vaihe, sillä silloin tehdään ratkaisut käytettävistä tekniikoista ja alihankkijoista ja niiden kustannuksista. Kustannusten arviointi liian suuriksi voi vaikuttaa projektin saamiseen myyntivaiheessa sekä päinvastoin liian alhainen arvio vaikuttaa projektin katteisiin ja voi tehdä siitä jopa tappiollisen. Muita vaihteita asennuksen suunnittelussa on projektin valvontavaihe sekä arviointivaihe, joka suoritetaan asennuksen jälkeen. (Mt.)

7 Aikatalu ja resurssit

Projekteissa sen aikataulu ja kesto vaikuttavat toisiinsa käänteisesti. Aikataulun ymmärtämiseksi laaditaan aikataulusuunnitelma, jossa on määritelty tehtävien järjestys ja kesto sekä projektin kokonaisaikataulu. Aikatauluhallinta kestää läpi koko projektin, johtuen projektimuutoksista ja riskien realisoitumisesta. Oikeanlaisella aikatalutuksella pidetään projekti kannattavana, sillä usein budjetin ylittyminen johtuu ylitöistä ja lisäresurssien aiheuttamista kustannuksista, jos viivästynttä aikataulua on yritetty kuroa kiinni. Aikatauluhallinnalla pidetään huoli, että projekti saadaan valmiiksi halutussa aikataulussa. (Knuuttila 2012.)

Aikataulutus lähtee liikkeelle siitä, että projektin tehtävät jaetaan eroteltaviin kokonaisuuksiin, jotta niitä pystytään hallitsemaan ja ohjaamaan. Näin nähdään, kuka on vastuussa ja mistä sekä pystytään määrittelemään jokaisen kokonaisuuden kustannukset. Samalla saadaan myös selville jokaisen kokonaisuuden aikataulu ja kuinka ne vaikuttavat toisiinsa. Pieleen mennyt aikatalutus johtuu usein siitä, että tehtävien välisiä riippuvuuksia ei ole huomioitu, tehtävät on eritelty liian karkeasti ja aikataulua ei ole päivitetty projektin aikana. Suunnittelun edetessä aikataulun ensimmäisen version arviot tarkentuvat sekä resurssien käyttö ja kustannukset realisoituvat. Myös yhteistyön puute osapuolien välillä, johtaa usein aikataulutuksen epäonnistumiseen. (Mt.)

Projektissa tarvittavat resurssit jaetaan viiteen luokkaan. Ihmiset ja osaaminen vaikuttavat tehtävien suorittamiseen, sillä se edellyttää osaamista ja on näin ollen erityisesti aikatauluun vaikuttava resurssi. Suunnittelua parantaa, jos pystytään etukäteen määrittelemään, mitä taitoja tehtävien toteuttaminen edellyttää. Tilat kuten varastot, asennuksen esivalmistelutilat, sekä työhuoneet, joita projektin onnistuminen edellyttää vaativat resursseja. Osa tiloista on usein muiden hallinnoimia, joten niiden saatavuus on varmistettava hyvissä ajoin, jotta välttyään ylimääräisiltä kustannuksilta. Myös tarvittavien laitteiden saatavuus ja milloin sekä mitä tarvitaan pitää huomioida resursseissa. Laitteiden lisäksi myös työhön tarvittavat materiaalit kuten raaka-aiheet, välineet ja komponentit tulee laskea resursseiksi. Jotta kaikki nämä kustannukset pystytään kattamaan tarvitaan myös rahaa, joka on tästä syystä yksi resurssitarve. (Mt.)

Resurssisuunnittelussa on huomioitava resurssien käyttöön liittyvät rajoitteet, kustannukset ja mahdolliset syntyvät lisäkustannukset sekä aikataulutavoitteet ja sen viivästyisestä aiheutuvat

lisäresurssintarpeet. Tyypillisesti eniten kustannuksia syntyy projektin keskivaiheessa, kun resursseja käytetään eniten. Esimerkiksi komponenttien asennusvaiheessa asennus ruuhkautuu ja syntyy odotusaikoja, jota pyritään korjaamaan lisätyövoimalla, joka taas kasvattaa resursseja alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen. Työvoiman kasvaessa kuitenkin logistiikka ei pysty kuljettamaan tarvittavia komponentteja tai materiaaleja yhtään nopeammin, jolloin materiaalien saatavuus heikkenee. Tietyn pisteen jälkeen ei resurssien lisäys nopeuta projektin etenemistä ja siksi on tärkeää tehdä aikataulu- ja resurssisuunnitelmat huolellisesti. (Mt.)

8 Kuljetuslohkot

Kuljetus- tai asennuslohkolla tarkoitetaan laitteen tai komponentin osaa, joka kuljetetaan työmaalle muuten kuin kokonaisena. Useimmiten syy lohkomiseen on laitteen suuri koko, joka tekee kuljetuksesta tai asennuksesta mahdotonta tai kustannustehotonta kokonaisena. Työmaan rajoitteiden ja kuljetusten maksimimittojen lisäksi lohkokokoon vaikuttaa muun muassa laitteiden rakenne, josta johtuen myös laitesuunnittelijoiden ratkaisut vaikuttavat lopullisiin lohkokokoihin. Lohkokokojen alustava määrittely aloitetaan jo projektin myyntivaiheessa, koska lohkojen koko vaikuttaa niin asennuksen kuin logistiikan budjetointiin. Karkeasti lohkokokojen suunnittelu menee niin, että asennus ja logistiikka määrittelevät lohkojen kappalemäärän ja enimmäismitat sekä painot. Näiden tietojen pohjalta laitesuunnittelijat päättävät työmaahitsien paikat, jolloin myös lohkojen tarkat koot määrittyvät.

9 Yleisimmät pakkaustyypit

9.1 Kuljetuskehys

Painerungon osat kulkevat lähes aina teräksestä valmistetuissa kuljetuskehyksissä. Kehysten tarkoituksena on estää suurten komponenttien vaurioituminen ja taipuminen kuljetuksessa sekä auttaa asennuksessa. Kehykset suunnitellaan jokaiselle kuljetuslohkolle erikseen, koska kuljetettavien lohkojen koko ei ole sama jokaisessa projektissa, niin kuin ei myöskään komponenttien yksityiskohdat. (Impiö 2017.)



Kuvio 9. Esimerkkikuva kuljetuskehyksistä (Kärkkäinen & Niskanen 2020)

9.2 Kontti

Kontti on pienten kappaletavaroiden kuljetukseen ja varastointiin tarkoitettu standardimittainen kuljetusyksikkö. Ne ovat tarkoitettu toistuvaan käyttöön niin, että lasti poistetaan kontista vasta määränpäässä, jolloin rahdin siirtäminen kuljetustavasta toiseen on helppoa. Yleisimpien konttien mitat:

- 40´DC pituus =12,03m leveys =2,35m korkeus =2.39m kantavuus 28t
- 40´HC pituus =12,03m leveys =2,35m korkeus =2,69m kantavuus 28t
- 40´HT pituus =12,05m leveys =2,39m korkeus =2,34m kantavuus 26t
- 40´OT pituus =12,05m leveys =2,35m korkeus =2,34m kantavuus 26t
- 40´FR pituus =11,70m leveys =2,40m korkeus =2,00m kantavuus 44t

Umpinaisen yleisrahtikontin lisäksi käytössä on avokattoisia open-top kontteja, joissa ei ole kattoa tai sen tilalla on pressu. Lavakontteja, joissa ei ole kattoa tai seiniä ja säiliöiden kuljetuksiin tarkoitettuja säiliökontteja, jotka muistuttavat hieman kuljetuskehysksiä. (Kontti n.d.; A shipper's guide to container types & dimensions n.d.)



Kuvio 10. Tyypillisimmät käytössä olevat erikoiskontit (A shipper's guide to container types & dimensions, n.d.)

10 Työn toteutus ja kulku

Työn yhtenä konkreettisenä tavoitteena on luoda laitesuunnittelijoille lista asioista, joita tulee huomioida lohkojen saumaan paikkaa suunniteltaessa sekä millaisia lähtötietoja tarvitaan ja keneltä. Ennen lohkojen saumojen tarkkojen paikkojen suunnittelua laitesuunnittelijoiden näkökulmasta oli selvitettävä, mitkä seikat vaikuttivat suunnittelijoille annettaviin lohkojen maksimi mittoihin. Valmistautumisvaiheessa tutkittiin jo olemassa olevaa dokumentointia kuljetuslohkoihin liittyen mutta hyvin nopeasti siirryttiin keräämään tietoa haastattelujen avulla, koska valmista kirjallista tietoa oli hyvin vähän.

Alkuselvitysten jälkeen kartoitettiin haastateltavat henkilöt konsernin sisältä. Haastateltaviin henkilöihin otettiin yhteyttä Teams-sovelluksen kautta ja esiteltiin tutkimuksen aihe sekä sovittiin haastattelun ajankohta. Vallitsevan koronatilanteen takia haastattelut suoritettiin etäyhteyden välityksellä. Haastattelujen tarkkaa kulkua ei suunniteltu, koska alkutietoa aiheesta oli vähän, joten tärkeää oli kartoittaa haastattelujen avulla tietopohjaa ja kokonaiskuvaa aiheesta. Ensimmäisten haastattelujen tarkoituksena oli kerätä aiheesta mahdollisimman paljon taustatietoa ja selvittää mitä lähteitä kukin haastateltava käyttää. Palaverit olivat lopulta suunniteltua laajempia ja niissä tuli ilmi paljon tutkimusongelman ratkaisun kannalta olennaisia tietoja. Haastattelujärjestyksenä oli painelaitesuunnittelu, logistiikka, asennus, kanavistosuunnittelu ja viimeisenä säiliöt. Järjestys määräytyi pitkälti sen mukaan mitä tahoja ensimmäisessä haastattelussa tuli ilmi eli mitä lähtötietoja painerungon suunnittelija käytti ja keneltä hän ne sai suunnitellessaan lohkokokoja. Tämän perusteella valittiin ketjun seuraava osapuoli haastateltavaksi. Haastattelujen jälkeen tutkittiin

vielä tarkemmin ilmi tulleita seikkoja, kuten lähtötietojen dokumentteja ja projektikohtaisia eroavaisuuksia, joiden tietoja käytettiin hyväksi, kun mietittiin seuraavaan haastatteluun tarkentavia kysymyksiä.

Muistiinpanot haastatteluista jäseneltiin mind-map muotoon jokaisen haastattelun jälkeen, jotta kokonaiskuva olisi helppo hahmottaa ja ymmärtää yhteydet eri osastojen välillä. Kun kaikki tahot oli haastateltu ensimmäisen kerran, lähdettiin luonnostelevaan tarkistuslistan ensimmäistä versiota. Alkuperäisenä suunnitelmana oli käyttää listan pohjana Excel-taulukkoa mutta nopeasti tuli ilmi, että tietoa tulee olemaan listassa niin paljon ja laajalti, että Word valikoitui lopullisen listan formaatiksi. Ensimmäisessä versiossa otettiin huomioon koko kokonaisuus sisältäen asennuksen, logistiikan ja laitesuunnittelun näkökulmat. Lista toimi lopulta tähän mennessä löydetyn tiedon koosteena, josta oli helppo nähdä, mitä tietoa tarvitaan vielä lisää.

Ensimmäisen version listaa kootessa huomattiin, että lähtötietojen auki kirjoittaminen tekee niistä vaikeasti ymmärrettäviä, koska lähtötiedot ovat eri myynti- sekä projektivaiheessa. Lähtötiedoista tehtiin painelaitteille, kanavistolle ja tankeille oma mind-map, jossa näkyi erikseen myyntivaiheen sekä projektivaiheen lähtötiedot. Käsitekartaasta pystyi helposti katsomaan dokumentin nimen sekä miltä osastolta tieto tulee. Tärkeää oli muistaa, että tieto ei kulje vain yhteen suuntaan vaan esimerkiksi laitesuunnittelija saa lähtötietoja layout-suunnittelijalta mutta laitteiden lohkokoko vaikuttaa myös layout-suunnitteluun.

Lopullinen laitesuunnittelijoiden näkökulmasta tehty tarkistuslista kulki nimellä Instruction for block sizes. Tämä ohjeistus koottiin ensimmäisen listan perusteella jättäen pois asennuksen ja logistiikan yksityiskohdat. Lisätietoja kerättiin tarkentavien kysymyksien avulla soittamalla samoille henkilöille, joita haastateltiin aiemmin. Listan sisältöä selkeytettiin vielä ohjepiirustusten avulla, joihin sopivia esimerkkikuvia etsittiin eri projektien dokumenteista. Haasteena oli löytää sellaisia kuvia, jotka sopivat ohjeistuksen sisältöön ilman suurempia muokkauksia, koska ohjeistuksessa ilmi tulevat suunnitteluperusteet eivät toteudu jokaisessa projektissa.

Painelaitteiden ohjepiirustukseen käytettiin asennuksen toimesta tulevaa layout-kuvaa, jossa näkyy työmaahitsien paikat sekä niiden painerungon osien piirustuksia, joissa tarvitaan tarkennusta ohjeistuksen tekstin rinnalle. Piirustukseen lisättiin myös osa ohjeistuksen sisällöstä tiivistettynä

teksti muodossa ja numeroituna niin, että osoitusnuolien avulla näki helposti, mitä tekstillä halutaan korostaa. Samalla tyyllillä tehtiin myös kanavistolle ja säiliöille omat ohjepiirustukset. Säiliöiden osalta pyrittiin etsimään sopivat laitepiirustukset isoista projekteista, koska näissä yleisimmin säiliöitä lohkotaan. Kanaviston ohjepiirustuksessa oli tärkeää löytää sellaiset kuvat, joissa näkyy osa kannakkeista sekä jäykisteraudoista. Sopivien laitepiirustusten etsinnässä pääperiaatteena oli löytää sellaisia piirustuksia jotka, täyttävät ohjeistuksessa olevan tekstin kriteerit.

11 Tulokset

11.1 Logistiikan näkökulma

Yksi lohkokokoon vaikuttavista asioista on kappaleen kulkema matka valmistuspajalta kohdemaan työmaalle, jonne laitos rakennetaan. Reittiä valitessa on otettava huomioon matkan varrella olevat rajoitteet, jotka vaikuttavat erikoiskuljetusten mittarajoihin. Tällaisia rajoitteita ovat muun muassa siltojen painorajat, tunneleiden korkeus ja leveys sekä jyrkät mutkat ja risteykset. Koska laitokset rakennetaan yleensä kauemmaksi isoista asutuskeskuksista, on vaikea välttää pienten tieyhteyksien käyttöä, joka lisää huomioitavia asioita rahdin kokoa suunniteltaessa. Tulleilla ja toimituslaukkeilla ei ole vaikutusta kuljetuslohkojen kokoon.

Komponenttien osia kuljetetaan moniin eri maanosiin eikä työpajan sijainti ole jokaisessa projektissa sama, josta johtuen jokainen kuljetus täytyy tarkastella erikseen. Ne rajoitukset, jotka Suomessa on asetettu kuorman koolle voivat poiketa muista maista. Siksi on ehdottoman tärkeää huomioida rajoitukset jokaisessa maassa, joiden läpi rahti kulkee. Alla listattuna Euroopan erikoiskuljetusrajoja, jotka ovat mahdollisia ilman suuria erikoisjärjestelyjä. Kuten taulukosta voi huomata, jo pelkästään Euroopan sisällä mittarajoissa on eroavaisuuksia. Euroopan ulkopuolisten maiden rajoituksia ei ole taulukoitu, johtuen niiden heikosta saatavuudesta ja luotettavuudesta.

Taulukko 1. Euroopan erikoiskuljetusten mittoja, jotka eivät vaadi suuria erikoisjärjestelyjä

	Suomi	Ruotsi	Keski-Eurooppa**
Yhteismassa	<100 t	<50 t	<60 t
Pituus	*Ei rajoitteita	*Ei rajoitteita	*Ei rajoitteita
Leveys	~ 6 m	~ 4 m	~ 4 m
Korkeus	~ 4-5 m	~ 3.5 m	~ 3.5 m

* Huomioitava mutkat ja kääntösäde

** Monissa maissa omat ajoirajoitukset, jotka otettava huomioon

Taulukon arvoja isommat mitat ovat mahdollisia mutta ne tulee tarkastaa tapauskohtaisesti

Suurten erikoiskuljetusten suunnittelussa on lisääntyvien kustannusten lisäksi huomioitava myös aika. Mitä suurempi kuljetus on sitä enemmän aikaa se vie, johtuen muun muassa erikoiskuljetusten nopeusrajoituksista sekä muutostöistä, joita suuri erikoiskuljetus voi vaatia. Lyhyet välimatkat mahdollistavat isompienkin erikoiskuljetusten käytön kustannustehokkaasti. Pääasiallisena tavoitteena on välttää ylisuuria kuljetuskokonaisuuksia mutta aina se ei kuitenkaan ole mahdollista johtuen esimerkiksi asennuksen ratkaisuista tai komponenttien rakenteesta.

11.1.1 Logistiikan lähtötiedot

Myyntivaiheessa kun kuljetuslohkokokoja ensimmäisen kerran määritellään, tulee tietää kuka komponentit valmistaa, eli tuleva kuljetusreitti. Tämä tieto saadaan myyntiosastolta. Kuljetusreitit ja sen rajoitteiden perusteella tehdään kuljetussuunnitelma, jossa näkyy muun muassa kuljetuslohkojen koko, pakkaustapa ja arvioitu lähtö- ja saapumispäivä. Ennen kuljetussuunnitelman määrittämistä on kuitenkin tiedettävä, kuinka isoja komponenttien osia kuljetetaan. Yhdessä asennuksen kanssa logistiikan suunnittelija päättävät mitkä ovat enimmäismitat, joita pystytään kuljettamaan. Logistiikka tasapainottelee asennuksen kanssa siitä, onko järkevämpää kuljettaa isoja erikoiskuljetuksia, jotka maksavat enemmän vai asentaa pieniä lohkoja, jotka nostavat asennuksen kustannuksia. Tähän päätökseen vaikuttaa se millä tavalla asennukset kustannukset jakautuvat suhteessa logistiikan kustannuksiin. Budjettia laatiessa verrataan aina asennuksen, logistiikan ja valmistuksen kustannuksia toisiinsa ja pyritään tasapainoon näiden välillä.

11.2 Asennuksen näkökulma

Asennuksen lohkokokoja suunnittelua aloittaessa on tiedettävä toimitusehto, joka kertoo kuuluuko asennus asiakkaalle vai toimittajalle. Asiakkaan asentaessa voitaisiin toimittaa pienempiä lohkoja, koska käytännössä tällöin ei tarvitse huomioida asennuksen työtunteja tai asennuksen hitimääriä. Yleensä kuitenkin asiakkaalla on toivomus asennuslohkojen koosta. Omassa asennuksessa täytyy kustannukset tasapainottaa ottaen huomioon valmistuksen, kuljetusten ja asennuksen kokonaiskustannukset, mikä rajoittaa kuinka isoja lohkoja voidaan asentaa.

Aina komponentteja asentaessa ei asennus tapahdu uuteen laitokseen vaan myös vanhojen rakennusten sisään voidaan uusita laitteita. Vanhaan laitokseen asennettaessa on tiedettävä tarkkaan, millaisia rakenteita rakennuksessa on, jotta tiedetään, mitä rakenteita voidaan tarvittaessa purkaa. Yleensä asennus tapahtuu ylhäältä alaspäin eli katon kautta, mutta joitain komponentteja asennetaan myös seinissä olevista aukoista. Vanhoissa laitoksissa voidaan asentaa myös alhaalta ylöspäin mutta jokainen asennuskohde tutkitaan tapauskohtaisesti, eikä yhtä ainoaa oikeaa nostotapaa ole. Aina laitokseen ei uusita kaikkia laitteita. Vanhoissa laitoksissa on huomioitava myös jo paikallaan olevat laitteet, jotka vähentävät asennustilaa. Myös uusissa laitoksissa on otettava tarkasti huomioon rakenteet mutta näistä löytyy helpommin dokumentaatiota kuin jo olemassa olevista laitoksista.

Työmaa-alueella olevat muut rakennukset vaikeuttavat tavaran kuljetusta varastoihin tai nostopaikoille, koska teiden leveys tai jyrkät mutkat voivat estää suurien erikoiskuljetusten liikkumisen. Myös alueella kulkevat putkisillat tai kuljettimet sekä portit ja sillat rajoittavat kuljetusten kokoa. Varastojen sekä nosturien paikat näkyvät tehdasalueen layout piirustuksissa. Varastojen sijainti ja aikataulut on suunniteltava tarkkaan, koska suurien komponenttien saaminen kauempana olevasta varastosta lähemmäs nostopaikkaa voi olla haastavaa, jos saatavilla ei ole tarpeeksi suurta laitteistoa lohkojen liikuttelua varten. Tavoitteena on, että asennuslohkojen kuljetus työmaalle saadaan ajoitettua niin, että lohkojen liikuttelu pystytään minimoimaan. Ylimääräinen liikuttelu vie aikaa mutta myös lisää vaurioitumisen riskiä, joka taas hidastaa ja vaikeuttaa asennusta yhä lisää.

Nosturien kapasiteetti vaikuttaa suoraan suurien ja painavien lohkojen kokoon. Yleisimmin käytetyt nosturit ovat kiinteällä perustalla olevat torninosturit sekä teloilla tai pyörillä liikkuvat mobiili-

nosturit, mutta työmaan sijainti vaikuttaa millaisia nostureita on saatavilla. Nostureiden nostokapasiteettiin vaikuttaa se, kuinka kauas mastosta nostetaan eli mitä kevyempi kuorma sen kauemaksi pystyy nostamaan. Koska asennus tapahtuu lähes aina katon kautta, täytyy nosturin pystyä nostamaan pitkät komponentit kattilan kattotason yläpuolelle oikeaan asennuskohtaan. Asennuslohkojen painoja suunnitellessa on siis huomioitava, missä nosturi sijaitsee ja paljonko sillä pystytään nostamaan etäisyyteen nähden. Tästä syystä esimerkiksi nosturin sijainnista katsottuna kauimmaisena olevat tulipesän seinät eivät voi olla yhtä painavia kuin lähempänä sijaitsevat. Lohkojen painot täytyy optimoida nostureiden nostokapasiteetin mukaan. Nostureiden oikealla sijoittelulla voidaan myös minimoida ylimääräiset siirrot, kun puomin toimintasäde kattaa myös varastoalueen.

Sellaisten komponenttien, joiden lohkojen yhdistäminen työmaalla on suoraviivaista, voidaan kuljettaa pienemmissä lohkoissa. Tällaisia ovat esimerkiksi kanavistot, jotka ovat rakenteeltaan suurimaksi osaksi yksinkertaista metallilevyä. Säiliöt pyritään saamaan kokonaisena työmaalle varsinkin paineelliset säiliöt, johtuen painelaitelainsäädännöstä, joka vaatii saumojen tarkan tarkastukset. Joskus yksinkertaiset komponentit voidaan toimittaa työmaalle täysin osissa niin, että esimerkiksi säiliö rakennetaan metallilevyistä vasta tehdasalueella. Tällainen kuljetustapa on harvinaisempaa mutta mahdollista varsinkin silloin, jos kuljetuksen koko on jostain syystä minimoitava.

11.2.1 Asennuksen lähtötiedot

Kuten logistiikankin tapauksessa myyntivaiheessa tehdyt ratkaisut asennuslohkojen koossa määrittelevät pitkälle asennuksen budjetin. Mitä aikaisemmassa vaiheessa pystytään tekemään mahdollisimman tarkkoja ja lopullisia päätöksiä sen vähemmän muutoksia suunnitelmiin ja samalla myös budjettiin tarvitsee tehdä. Tarkat lopulliset lohkojen koot laitesuunnittelijat määrittelevät projektivaiheessa mutta myyntivaiheessa asennuksen ja logistiikan antamat maksimi mitat toimivat runkona laitesuunnittelijoiden valinnoissa.

Myyntivaiheessa myynnin määrittelemä painoerittely toimii alustavana tietona asennuksen selvittäessä, minkä kokoisia asennuslokoja pystytään nostamaan. Kun nosturin kapasiteetti tiedetään, pystytään painoerittelyn perustella arvioimaan, kuinka moneen osaan esimerkiksi ekonomaiseri täytyy lohkoa, jotta nosturin kapasiteetti riittää. Materiaalilista lisää kokonaiskuvan ymmärrystä.

Työmaa-alueen rajoitukset, kuten muiden rakennusten sijainnit, teiden leveydet ja potentiaaliset nosturien paikat nähdään työmaa layoutista, joka saadaan myyntiosastolta tai asiakkaalta mutta usein joudutaan matkustamaan paikan päälle tarkastamaan työmaa-alue. Jotta tiedetään, mistä kohti rakennusta komponentit voidaan nostaa paikalleen tai vanhan laitoksen rakenteita purkaa asennusaukon tieltä, tarvitaan tieto kantavista rakenteista. Tämä tieto saadaan asiakkaalta, jos kyseessä on jo olemassa oleva rakennus ja rakennesuunnittelijoita, jos kyseessä on uusi laitos. Jo olemassa olevaa laitosta purkaessa on muistettava, että saatavilla oleva tieto ei välttämättä aina pidä paikkaansa tai voi olla puutteellista, joka aiheuttaa lisää työtä sopivia nostopaikkoja etsiessä.

Asennuslohkojen alustavan koon määrittelyssä tehdään tiivistä yhteistyötä logistiikan kanssa, joka on omien tietojensa pohjalta selvittänyt, minkä kokoisia lohkoja on mahdollista kuljettaa. Kun asennus on tehnyt oman ehdotuksen lohkojen koot, logistiikka ja asennus määrittelevät yhdessä alustavat lohkojen koot, jotka on mahdollista järkevästi asentaa sekä kuljettaa. Kun määrittely on tehty, saadaan lista asennuslohkoista ja niiden koot sekä työmaahitsipiirustus sekä lista, joista nähdään lohkojen määrä ja arvioidut asennuslohkosaumojen paikat. Myös asennuskonsepti määritellään tässä vaiheessa.

Projektivaiheessa komponenttien lopulliset lohkokoot määritellään yhdessä laitosuunnittelijoiden sekä laitesuunnittelijoiden kanssa. On tärkeää tehdä tässä vaiheessa lohkojen suunnittelua yhteistyötä laitesuunnittelijoiden kanssa, vaikka alustavat lohkojen koot ovat jo tiedossa, jotta asennuksen ongelmakohdat tulee huomioitua sauman paikkaa suunnitellessa. Kun lopulliset lohkojen mitat ovat tiedossa, määrittelee asennus seuraavat dokumentit:

- Lopullinen hitsauspiirustus
- Luettelo asennuslohkoista; painot, koot ja kappale määrä
- Hitsausluettelo
- Sijoitussuunnitelma, jossa näkyy muun muassa lopulliset nosturien sijainnit ja varastojen paikat

11.3 Säiliöiden kuljetuslohkokoot

Syy miksi säiliöitä täytyy kuljettaa osissa, on niiden suuri koko. Paino on harvemmin ongelma mutta pituus, leveys ja korkeus asettavat rajoituksia kuljetuksessa ja asennuksessa. Yleisimmin

asennuslohkoihin joudutaan jakamaan liuotinsäiliöt, syöttövesisäiliöt ja varavesisäiliöt mutta jokaisen säiliön jakaminen lohkoihin täytyy tutkia tapauskohtaisesti. Usein säiliöiden seinät ovat paksuja, josta johtuen hitsaukset vaativat tarkastuksia. Erikoiskuljetuksia hyväksytään varsinkin paineellisten säiliöiden kohdalla, jotka pyritään samaan työmaalle kokonaisina ja CE-merkattuina. Tarkastukset ovat vaikeampi toteuttaa, mikäli säiliöt kuljetetaan useammassa osassa. Lyhyt kuljetusmatka mahdollistaa useiden säiliöiden kuljetuksen kokonaisena varsinkin pienten laitosten toimituksessa, joissa säiliöiden koko on muutenkin pienempi.

Säiliöiden työmaahitsin paikkaa miettiessä on pyrittävä siihen, että mahdollisimman vähän irto-osia syntyisi. Jos mitta- ja painorajat mahdollistavat, miesluukkujen ovet kiinnitetään paikalleen jo valmistuspajalla samoin kuin suurikokoiset liuotinsäiliöiden hönkäkanavan yhteet. Irto-osien kiinnittäminen työmaalla vie aikaa sekä lisää kuljetettavien kappaleiden määrää. Yhteet, jotka kulkevat pitkälle säiliön sisään kuljetetaan irrallaan silloin, jos säiliö lohkotaan leveyssuunnassa, jotta yhteitä ei tarvitsisi katkoa. Tällöin välttyään ylimääräiseltä hitsaamiselta työmaalla. Jotta huuvan aukkojen osat liuotinsäiliössä saadaan kuljetettua paikallaan, täytyy sauman kulkea aukkojen välistä, jolloin kehäpalkiston I-palkki korvataan C-palkilla. Tämä helpottaa lohkojen toisiinsa hitsausta, kun C-palkit voidaan ruuvata yhteen ennen hitsaamista.

Yhteiden paikkaa suunnitellessa tähdätään siihen, että asennuslohkojen sauma ei osuisi yhteisiin. Peruseriaatteena on, että yhteet väistävät saumaa. Varavesisäiliössä, jossa yhteet ovat säiliön pohjassa, ne kuljetetaan irrallaan, jos säiliö kuljetetaan pystyasennossa. Näin minimoidaan yhteiden vaurioitumisen riski kuljetuksen aikana. Kuten yhteissä myöskään liuotinsäiliöissä sauma ei saisi osua sekoittimien aukkojen kohdalle.

Sauman kulkiessa leveyssuunnassa pyritään minimoimaan hitsien määrä siten, että työmaahitsin paikka tulee samaan kohtaan, missä säiliön seinien vahvuus muuttuu tai levyt vaihtuvat. Työpajalla säiliöt kootaan levyistä, joiden leveys ei useimmiten kata koko säiliön korkeutta, josta johtuen levyjä täytyy yhdistää. Asennuslohkon sauman sijoittaminen näiden levyjen vaihtumiskohtaan vähentää hitsien määrää, kun työpajalla voidaan jättää levyjen vaihtumiskohta hitsaamatta. Liuotinsäiliöissä myös seinän vahvuus muuttuu ja sauma pyritään asettamaan vahvuudenmuutoskohtaan.



Kuvio 11. Säiliö, jossa näkyvillä levyjen vaihtumiskohdat (Cylindrical n.d.)

11.3.1 Säiliöiden kuljetuslohkojen lähtötiedot

Ennen lohkojen sauman paikan määrittelyä on tiedettävä millä kuljetus- ja pakkaustavalla säiliö kulkee pajalta työmaalle. Yleisimmät säiliöiden pakkaustavat ovat kuormalava, tuettuna tai irtonaisena eli ilman pakkausta. Kuljetus- ja pakkaustavan perusteella määritellään lohkojen maksimi mitat ja nämä tiedot suunnittelija saa logistiikalta. Logistiikka on ennen tätä keskustellut myös asennuksen kanssa, minkä kokoisia kappaleita on mahdollista asentaa. Liuotinsäiliöiden eri ko'oista on tehty alustava lohkojako, jossa säiliöt on jaettu sellaisiin kappaleisiin, jotka painavat maksimissaan 30 t ja mahtuvat kuorma-autoon normaalikuljetusten rajoissa. Painoraja perustuu yleisimmin kuorma-autojen lastaamisessa käytettyjen nostureiden kapasiteettiin. Alustavia lohkojakoja käytetään hyödyksi suunnittelussa ennen, kun lopulliset mittarajat varmistuvat. Lopulliset lohkojen koot säiliöiden suunnittelija ilmoittaa asennukselle sekä logistiikalle.

11.4 Kanavistojen kuljetuslohkokoot

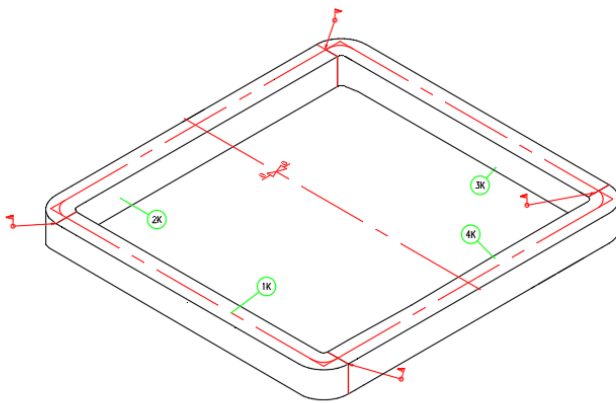
Kanavisto on rakenteeltaan ohutta 4–6 mm paksua teräslevyä, josta johtuen sitä on helppo työstää työmaalla. Kevyestä rakenteesta ja helposta työstämisestä johtuen kanavisto pyritään kuljetmaan normaalikuljetuksilla. Laitosten koon kasvaessa kuitenkin myös kanavistojen koko kasvaa,

josta johtuen yhä useampi kanavisto joudutaan kuljettamaan erikoiskuljetuksena. Kuljetuksen järjestäminen kustannustehokkaasti on haastava, koska kanavistojen muodon takia kuljetetaan väistämättä mukana myös paljon ilmaa.

Kuljetuksessa mukana kulkeva tyhjä tila voidaan minimoida lohkomalla kanavistot leveys- sekä pituussuunnassa mutta tämä lisää hitsimetrien määrää työmaalla, joten sauma pyritään aina sijoittamaan leveyssuunnassa. Muodoltaan pyöreissä kanavistoissa lohkojen saumaa ei saa sijoittaa pituussuunnassa, jotta muoto säilyy halutunlaisena. Kuten muissakin työssä käsiteltävissä komponenteissa myös kanavistossa työmaahitsi ei saisi lävistää aukkoja kuten miesluukkuja. Myös kannakkeiden sijainti tulee huomioida ja välttää hitsiä niiden kohdalle.

Suurin osa kanavistosta on muodoltaan joko pyöreää tai neliskulmaista ja vahvistettu jäykisteillä, jotka ovat usein L tai U-palkkia. Jos lohkon sauma sijoitetaan jäykisteiden kohdalle, joudutaan hitaamaan ensin jäykisteiden alla olevat kanaviston levyt yhteen ja sen jälkeen jäykistepala sauman päälle ja kiinni jäykisteisiin, mikä lisää työn määrää. Tämä vältetään sijoittamalla työmaahitsi pois jäykisteiden kohdalta. Pyöreän ja neliskulmaisen muodon lisäksi kanavistossa on kustomoituja osia, kuten kavennuskappaleita, joita käytetään varsinkin ennen ja jälkeen laitteiden. Kustomoitujen kappaleiden lohkomista on vältettävä, koska niiden sovittaminen toisiinsa työmaalla on haastavampaa kuin suorien kanaviston kappaleiden. Muotovaatimusten takia venturia ei saa kuljettaa osissa vaan se on kuljetettava kokonaisuena.

Asennuksen kannalta on hyvä huomioida tasojen sijainnit ja sijoittaa sauma siten, että se ei jää tasojen alle tai sisään vaan asennus on helppo tehdä tasojen päältä. Asennuksen kannalta on huomioitava myös muut laitteistot ja komponentit kanaviston lähietäisyydeltä, jotta kanaviston lohkot mahdollista yhdistää. Samoin kuin muotokappaleiden tapauksessa asennuksen kannalta on parempi, ettei kanavistojen mutkia lohkota keskeltä. Asennuksen toleranssit useampaan suuntaan on otettava tarkasti huomioon varsinkin tulipesän ympärillä olevissa rengaskanavissa, jossa oikealla sauman sijainnilla saadaan asentajille joustovaraa molempiin suuntiin. On tarkasteltava, kuinka asennettavuuteen vaikuttaa se kummalta puolelta mutkaa kanavisto lohkotaan.



Kuvio 12. Renkagaskanaviston lohkoaminen asennustoleranssit huomioiden

Mutkien, suoran kanavan sekä kustomoitujen kappaleiden lisäksi kanavistoon on liitetty paljon erilaisia laitteita kuten esimerkiksi puhaltimia, äänenvaimentimia, esilämmittämiä ja palkeita. Laitteet liitetään kanavistoon vasta työmaalla, koska ne tulevat yleensä eri toimittajalta kuin kanavistot, sekä tällä tavoin minimoidaan myös kuljetuksessa syntyvät vauriot. Ennen ja jälkeen laitteiden on luonnollinen paikka lohkon saumalle, jolloin vältetään ylimääräisiä ja turhia hitsejä työmaalla, kun heti laitteiden asennushitsin perään ei lisätä lohkojen saumahitsiä. Tällä tavoin myös minimoidaan pienten asennuslohkojen syntyminen, koska tavoitteena on kuljettaa niin isoja lohkoja kuin mahdollista.

11.4.1 Kanaviston kuljetuslohkojen lähtötiedot

Logistiikan ja asennuksen mittatietojen lisäksi kanavistossa on tärkeää ottaa huomioon layout-suunnitelma. Massiiviset kanavistot vievät paljon tilaa ja lohkoja yhdistäessä täytyy asennustilaa olla riittävästi. Muutokset kanavistoissa vaikuttavat myös layout-suunnitelmiin, joten yhteistyö näiden tahojen välillä täytyy olla mutkatonta.

Logistiikan valinnat kuljetusmuodosta määräävät kuljetettavien lohkojen määrän ja koon. Pienimmät kanavistot ovat järkevintä kuljettaa merikonteissa. Suurimpien kanavistojen aukon pinta-ala

voi helposti olla opiskelija-asunnon verran, joka tarkoittaa kuljetuksen kannalta suuria poliisisaatueella varustettuja erikoiskuljetuksia. Kalliiden erikoiskuljetusten takia kanavistojen kuljetuskoko on tärkeä tietää jo myyntivaiheessa, jotta vältetään viime hetken muutoksilta.

11.5 Painerungon kuljetuslohkokoot

Tulipesän seinät jaetaan alaosaan sekä yläosaan, joka laitoksen koosta riippuen on vielä jaettu kahteen osaan. Nämä seinän osat jaetaan pituussuunnassa lohkoihin niin, että työmaahitsi kulkee putkien välissä. Tavoitteena on, että sauma ei lävistäisi mitään, vaan kulkisi esteettömänä koko seinän matkan. Tällä tarkoitetaan sitä, että seinissä olevia aukkoja pyritään väistämään niin hyvin kuin mahdollista mutta koska sauman paikkaan vaikuttaa aukkojen lisäksi lohkojen maksimitat sekä paino, ei aina ole mahdollista väistää aukkoja. Tällaisessa tilanteessa parasta on, että sauma osuu aukkojen keskelle. Aukkojen läpi kulkeva sauma vaikuttaa seinän ulkonäköön sekä asennettavuuteen. Suuri osa aukoista tehdään käsityönä taivuttamalla putkea, joka on helpompi tehdä työpaikalla kuin työmaalla. Varsinkin jos on kyseessä valuaukko, jossa putket täytyy saada millilleen samaan korkoon, jotta valu onnistuu. Alla lueteltuna aukot, joiden kohdalle vältetään asennuslohkojen saumaa:

- Ilma-aukot
- Polttimien aukot
- Sulakourujen aukot
- Ovet, kuten huoltoluukut ja miesluukut
- Nuohointen aukot
- Lipeäruiskujen aukot
- Pohjaputket tulipesän lattiassa

Seinien ylä- ja alaosissa olevat kammiot voidaan kuljettaa erikseen kokonaisina niin, että kammio kiinnitetään seinän putkiin vasta työmaalla. Toisena vaihtoehtona on kiinnittää kammiot paikalleen, jolloin myös kammio lohkotaan seinän asennuslohkosauman mukaan. Jos kammiot lohkotaan, hitsi sijoitetaan yhteiden väliin eli vältetään sauman osumasta yhteisiin. Se kummalla tavalla kammiot kuljetetaan työmaalle on projektikohtaista.

Kaikkien katosta roikkuvien komponenttien jakamisessa lohkoihin tulee ottaa huomioon yläpuolella olevat teräsrakenteet. Tulistimien lohkojako tulee välikannatuspalkkien katkeamiskohtaan

sekä teräspalkkien alle. Ekonomaisereiden sekä keittopinnan lohkojen sauma sijoitetaan myös kattilapalkkistojen alle, jotta riittävä nosto- ja asennustila säilyy mutta varsinkin ekonomaisereissa tilaa on luonnollisesti enemmän kuin esimerkiksi tulistimissa, johtuen komponenttien sijainnista kattilalaitoksessa.

Korkeapaineputkissa työmaahitsiä ei saa asettaa mutkien ja taivutusten keskelle. Kuten muissakin komponenteissa vältetään saumaa kannakkeiden kohdalla. On hyvä myös ottaa huomioon putkistoihin liitetyt laitteet kuten venttiilit, joiden kiinnityskohta on luonnollinen paikka lohkon rajalle. Jos mahdollista hitsin paikka sijoitetaan mieluummin pystyputkeen kuin vaakaputkeen. Vaakaputkessa joudutaan hitsaamaan putken alapuolelta, joka on haastavampaa kuin pystyputken vaakasuora sauma. Asennuksen kannalta on tärkeää huomioida kulkutasojen sijainti niin, että putket voidaan asentaa helposti tasojen päältä, tämä helpottaa myös myöhemmin hitsien tarkastusta. Useimmiten putket kulkevat konteissa ja mitat perustuvat kulloinkin käytössä oleviin kuljetuskontteihin.

Vesiverho on kokonsa puolesta usein sellainen komponentti, joka voidaan kuljettaa kokonaisena mutta ahtaan asennustilan takia se lohkotaan leveysuunnassa. Kammioista elementtijakokammio kulkee kiinnitettynä putkiin ja pääjakokammio kokonaisena.

Ekonomaisereissa sauman paikan määrää pitkälti annetut enimmäismitat ja painot mutta asennuksen kannalta on tärkeää, että jokaisessa lohkoissa on vähintään kaksi kannatustankoa, jotta kappale saadaan paikalleen asennuksen aikana. Rakenteensa takia ekonomaiserit voidaan kuljettaa yksittäisin paneeleina tai moduuleina, jolloin paneelit on kiinnitetty toisiinsa. Kammiot kuljetetaan, joko irrallaan kokonaisina tai kiinnitettynä moduuleihin, jolloin ne lohkotan moduulin koon mukaan. Tulistimissa ja keittopinnassa putket voidaan kuljettaa työmaalle irtonaisina, jolloin kammiot kuljetetaan myös irrallaan tai lohkona, jolloin kammiot on kiinnitetty putkiin.

Painrunгон paineettomat osat

Tuhkasuppilot ja kattilan kotelointi ovat materiaaliltaan ohutta teräslevyä, jotka kuljetetaan kuljetuskonteissa tai kuljetuskehysissä. Pakkaustapa määrää lohkojen koon. Ohuen materiaalinsa takia ne on varustettu vaaka- sekä pystyjäykisteillä, joita lohkon sauma pyrkii väistämään niin hyvin kuin

mahdollista mutta koska komponentit usein lohkotaan pituus- sekä leveyssuunnassa ei jäykisteitä pystytä väistämään täydellisesti. Jos sauma kulkee jäykisteiden kohdalta, hitsataan ensin levyt kiinni toisiinsa. Sauman kohdalla jäykisteessä on aukko, jonka paikalle hitsataan erillinen palikka, kun alla olevat levyt on saatu hitsattua. Koteloinnissa olevia aukkoja pyritään väistämään mutta materiaalin helpon hitsattavuuden takia ei aukkoja tarvitse huomioida yhtä tarkasti kuin tulipesän seinissä. Ulkonäön ja asennuksen nopeuden kannalta on parempi, että sauma ei osu aukkoihin, jolloin lohkojen asettelu kohdalleen ei ole niin hidasta.

11.5.1 Painerungon kuljetuslohkojen lähtötiedot

Painerungon osien suunnittelun pohjana toimii heti alusta alkaen layout-piirustukset, varsinkin asennukselta saatava työmaahitsipiirustus myyntivaiheessa, jossa näkyy kuljetuslohkojen sauman arvioidut sijainnit. Laitesuunnittelijan ratkaisut voivat poiketa työmaahitsipiirustuksen ehdotuksista mutta kaikista suuremmista muutoksista täytyy keskustella asennuksen ja logistiikan kanssa. Laitesuunnittelijan ratkaisujen perustella lohkojen määrä voi esimerkiksi lisääntyä, eikä tämä usein ole ongelma mutta jos kuljetettavien lohkojen määrä vähenee eli lohkojen koko kasvaa, voi ongelmia syntyä. Tästä syystä informaation siirtyminen osastoilta toiselle on tärkeää ongelmien minimoimiseksi projektin seuraavissa vaiheissa. Painelaitesuunnittelijat eivät vain käytä lähtötietoina layouteja, vaan tieto ja muutokset tapahtuvat molempiin suuntiin, sillä komponenttien suunnittelun ratkaisut vaikuttavat myös laitoksen layouteihin.

Painotietojen perusteella on laskettava komponenttien paino ja pidettävä huoli, että lohkojen massat eivät kasva liian suuriksi, jolloin niiden nostaminen paikalleen voi olla mahdotonta. Asennuksen kanssa tehty yhteistyö erityisen tärkeää, jotta asennus saadaan hoidettua mutkattomasti. Keskusteluyhteys kaikkien tahojen välillä oltava mutkatonta, jotta jokainen muutos saadaan huomioitua. Lohkojen määrä voi poiketa alkuperäisestä asennuksen ja logistiikan suunnitelmasta projektivaiheessa, jos komponenttien rakenteisiin tai mittoihin tulee muutoksia. Laitesuunnittelijoiden toimesta lohkojen määrä voi kasvaa mutta näistä muutoksista on aina ilmoitettava asennukselle ja logistiikalle, jotta he voivat tehdä omiin toimintoihinsa tarvittavat muutokset. Lohkojen määrän väheneminen alkuperäisestä suunnitelmasta harvemmin on mahdollista, koska silloin väistämättä myös koot kasvavat, joka taas aiheuttaa paljon suurempia muutoksia kuin lohkon kokojen pieneneminen.

11.6 Aikataulutus

Kuljetuslohkojen mahdollisimman tarkka määrittäminen heti myyntivaiheessa on ehdottoman tärkeää, jotta kustannukset saadaan arvioitua realistisiksi. Suuret muutokset projektivaiheessa voivat muuttaa asennuksen suunnitelmia radikaalisti ja näin ollen vaikuttaa kustannuksiin ja aikatauluun.

Pääperiaatteena on, että lohkojen koko tulisi tietää riittävällä tarkkuudella myyntivaiheen lopussa. Logistiikan kannalta on tärkeä tietää, kuljetusta tilatessa minkä kokoisia kappaleita liikutellaan, koska lohkon ei tarvitse poiketa suunnitellusta kuin muutamia kymmeniä senttejä niin kustannukset voivat jopa tuplaantua. Tällaiset mittojen muutokset voivat vaatia esimerkiksi vaihtamaan kuljetusauton toiseen tai muuttamaan kuljetusreittiä.

11.7 Kuljetuskonsepti

Kuljetuskonseptia tutkittiin keräämällä eri puolilla maailmaa sijaitsevista projekteista laivaustietoja. Tiedonkeruussa keskityttiin tutkimaan työssä käsiteltyjen komponenttien toimittajan sijaintia suhteessa laitoksen kohdemaahan, millä kuljetustavalla komponentti kulki, miten se oli pakattu ja oliko kuljetus standardi- vai erikoiskuljetus. Tutkittaviksi projekteiksi valikoitui sellaiset, joista oli saatavilla tarpeeksi yksityiskohtaista kuljetustietoa. Lopulliseen tarkasteluun valittiin ne maanosat, joihin projekteja oli tehty enemmän kuin kolme ja näistä kuljetuksista löytyi tarvittavat tiedot.

Taulukko 2. Euroopassa sijaitsevien projektien kuljetustietoja.

Komponentti	Lähtömaa	Kohdema	Kuljetustapa	Pakkaustapa
Ekonomaiseri	Suomi	Espnaja	Merikuljetus	kuljetuskehys
Ekonomaiseri	Puola	Itävalta	Maantiekuljetus	kuljetuskehys
Ekonomaiseri	Puola	Puola	Maantiekuljetus	kuljetuskehys
Ekonomaiseri	Puola	Ruotsi	Merikuljetus	kuljetuskehys
Ekonomaiseri	Puola	Ruotsi	Merikuljetus	kuljetuskehys
Tulipesän alaosa	Suomi	Espnaja	Merikuljetus	kuljetuskehys
Tulipesän alaosa	Suomi	Itävalta	Merikuljetus	kuljetuskehys
Tulipesän alaosa	Suomi	Puola	Merikuljetus	kuljetuskehys
Tulipesän alaosa	Suomi	Ruotsi	Merikuljetus	kuljetuskehys
Tulipesän alaosa	Suomi	Ruotsi	Merikuljetus	kuljetuskehys
Tulipesän yläosa	Puola	Espnaja	Maantiekuljetus	kuljetuskehys
Tulipesän yläosa	Puola	Itävalta	Maantiekuljetus	kuljetuskehys
Tulipesän yläosa	Puola	Puola	Maantiekuljetus	kuljetuskehys
Tulipesän yläosa	Puola	Ruotsi	Merikuljetus	kuljetuskehys
Tulipesän yläosa	Suomi	Ruotsi	Merikuljetus	kuljetuskehys
Tulistin	Suomi	Espnaja	Merikuljetus	kuljetuskehys
Tulistin	Suomi	Itävalta	Merikuljetus	kuljetuskehys
Tulistin	Suomi	Puola	Merikuljetus	kuljetuskehys
Tulistin	Suomi	Ruotsi	Merikuljetus	kuljetuskehys
Tulistin	Suomi	Ruotsi	Merikuljetus	kuljetuskehys

Taulukko 3. Etelä-Amerikassa sijaitsevien projektien kuljetustietoja

Komponentti	Lähtömaa	Kohdema	Kuljetustapa	Pakkaustapa
Ekonomaiseri	Kiina	Uruguay	Merikuljetus	Kuljetuskehys
Ekonomaiseri	Kiina	Uruguay	Merikuljetus	Kuljetuskehys
Ekonomaiseri	Kiina	Chile	Merikuljetus	Kuljetuskehys
Ekonomaiseri	Kiina	Brazilia	Merikuljetus	Kuljetuskehys
Ekonomaiseri	Tšekki	Uruguay	Merikuljetus	Kuljetuskehys
Tulipesän alaosa	Suomi	Uruguay	Merikuljetus	Kuljetuskehys
Tulipesän alaosa	Suomi	Uruguay	Merikuljetus	Kuljetuskehys
Tulipesän alaosa	Suomi	Chile	Merikuljetus	Kuljetuskehys
Tulipesän alaosa	Suomi	Brazilia	Merikuljetus	Kuljetuskehys
Tulipesän alaosa	Suomi	Uruguay	Merikuljetus	Kuljetuskehys
Tulipesän yläosa	Kiina	Uruguay	Merikuljetus	Kuljetuskehys
Tulipesän yläosa	Kiina	Uruguay	Merikuljetus	Kuljetuskehys
Tulipesän yläosa	Kiina	Chile	Merikuljetus	Kuljetuskehys
Tulipesän yläosa	Kiina	Brazilia	Merikuljetus	Kuljetuskehys
Tulipesän yläosa	Tšekki	Uruguay	Merikuljetus	Kuljetuskehys
Tulistin	Suomi	Uruguay	Merikuljetus	Kuljetuskehys
Tulistin	Suomi	Uruguay	Merikuljetus	Kuljetuskehys
Tulistin	Suomi	Chile	Merikuljetus	Kuljetuskehys
Tulistin	Suomi	Brazilia	Merikuljetus	Kuljetuskehys
Tulistin	Suomi	Uruguay	Merikuljetus	Kuljetuskehys

Esitetyissä taulukoissa on koottu viiden Euroopan ja viiden Etelä-Amerikan projektin painerungon komponenttien kuljetustietoja. Kuten lähtömaiden sijainnista voi huomata pyritään komponentit valmistamaan lähellä kohdemaata, jotta kuljetusmatka saadaan minimoitua. Valmistajalle kuitenkin on muitakin kriteerejä kuin sijainti, josta johtuen aina komponentteja ei valmisteta lähimmällä mahdollisella valmistuspajalla. Merikuljetus on yleisin kuljetustapa mutta on huomioitava, että yleensä merikuljetukseen lisäksi tarvitaan myös maantiekuljetusta varsinkin, jos kuljetus lähtee Suomesta. Euroopassa kun välimatkat ovat lyhyet lähes poikkeuksetta komponentti kuljetetaan maantiekuljetuksena. Usein hinta ratkaisee, jos vaihtoehtona on käyttää montaa eri kuljetusmuotoa.

Koska jo pelkästään työpajan sijainti suhteutettuna kohdemaahan vaikuttaa suoraan kuljetustapaan ja kun tähän lisätään kaikki muut kuljetukseen liittyvät muuttujat, voidaan todeta, että komponenteille ei ole järkevää määrittellä tarkkaa kuljetuskonseptia. Konseptin määrittelemisen tässä vaiheessa aiheuttaisi sen, että tärkeitä muuttujia pitäisi jättää huomioimatta, joka vähentää kuljetuskonseptin luotettavuutta. Jos kuitenkin halutaan myöhemmässä vaiheessa kuljetuskonseptia määrittellä se tulisi tehdä jokaiselle maanosalle erikseen ja niin, että oletuksena olisi optimi kuljetustilanne.

Taulukkoon koottiin näiden tietojen lisäksi myös kunkin komponentin suurimmat kuljetuslohkokoot pakattuna. Näiden tietojen pohjalta pystytään myöhemmin vertaamaan, kuinka sijainti ja projektin koko vaikuttavat komponenttien kuljetuskokoon.

12 Pohdintaa

Tutkimuksen tavoitteena oli löytää kuljetuslohkokokoihin vaikuttavat muuttujat sekä selvittää mitä lähtötietoja painelaitesuunnittelijat, kanavistosuunnittelijat ja säiliöiden suunnittelijat tarvitsevat kuljetuslohkojen määrittelemiseksi. Kantaa otettiin myös aikatauluun, jossa päätöksen kuljetuslohkojen koon suhteen tulisi tehdä. Lopputuloksena saatiin koottua ohjeistus ja ohjepiirustukset suunnittelijoille. Tämän ohjeistuksen avulla suunnittelija osaavat ottaa huomioon tarvittavat asiat, kun lohkojen sauman paikkaa määrittellään sekä mistä ja keneltä tarvittavat lähtötiedot saadaan. Työn tulokset saavutettiin ja ohjeistus suunnittelijoille saatiin käyttökelpoiseksi. Saatujen tulosten avulla voidaan kuljetuslohkojen kehitystä jatkaa kohti seuraavaa vaihetta.

Kuten tuloksissa todettiin, vaikuttaa kuljetuslohkoihin moni asia eikä tästä johtuen tarkkaa lohkokokoja voida komponenteille määritellä. Alustavat ihanne lohkokoot on mahdollista määritellä kullekin komponentille, mutta projektien erilaisuudesta johtuen ei tämä ole välttämättä järkevää. Kaikki muuttujat on tarkasteltava jokaisen laitoksen kohdalla. Jotta tällainen alustava lohkojen koon määrittelemineen voitaisiin periaatteiden tasolla tehdä vaatisi se useiden projektien tarkkaa tarkastelua ja muuttujien rajaamista. Koska todellisuudessa projektien muuttujia ei voi noin vain poistaa huomioimatta on riskialtista ja turhaa määritellä tässä vaiheessa kuljetuslohkokojen tarkkoja standardimittoja.

Tietoja kerätessä tuli ilmi, että iso osa informaatiosta kulkee sähköpostin välityksellä suunnittelijalta toiselle. Tämä aiheuttaa helposti tiedon katoamista, eikä tärkeät muutokset välttämättä välity kaikille osapuolille oikeassa aikataulussa. Kaikkea tietoa ei myöskään lisätä niin, että se olisi helposti saatavilla yhteisessä tietokannassa vaan dokumentit jäävät helposti laatijan omaan tietokantaan, jolloin niiden saaminen käyttöön vaatii lisää työtä. Projekti suoritetaan tiukassa aikataulussa ja jos dokumentit jäävät jakamatta eteenpäin on suuri riski, että informaatio ei ikinä saavuta niitä henkilöitä, joille tieto olisi tärkeää ja näin myös virheet lisääntyvät. Sähköpostin välityksellä usein hoituu myös asennuksen kommentit asennuksen aikana ilmenneistä ongelmista. Näiden tietojen kokoaminen yhteen voisi tulevaisuudessa vähentää virheiden määrää, kun ongelmakohtat olisi kirjattu ylös helposti luettavaksi kokonaisuudeksi.

Tutkimuksen luotettavuutta olisi voitu parantaa haastatteleamalla useampia suunnittelijoita, jolloin tutkimustuloksiin olisi saatu useampia mielipiteitä. Haastateltavat henkilöt perehtyivät työn aiheeseen muiden töiden rinnalla eivätkä välttämättä olleet haastattelujen aikaan siinä suunnittelun vaiheessa, jossa lohkojen kokoja määritellään, joka aiheuttaa sen, että suurella todennäköisyydellä kaikkia muuttujia ei osata haastatteluissa ottaa huomioon. Luotettavuutta olisi voitu lisätä seuraamalla sivusta, miten ja millä tavalla konkreettisesti kuljetuslohkojen kokoja suunnitellaan mutta tämä olisi vaatinut lisää aikaa.

Koska suunnittelu lähtee liikkeelle jo myyntivaiheessa, on olennaista ymmärtää, millä tavalla projekti etenee. Tuloksiin lisää tarkkuutta toisi kuljetuslohkojen muodostumisen tarkkailu jokaisessa

myyntivaiheen sekä projektivaiheen kohdassa mutta näin tarkka tarkastelu ei ole mahdollista näin lyhyellä tutkimusaikataululla. Käytettyjen tutkimusmenetelmien avulla tutkimuksessa päästiin kuitenkin halutunlaiseen lopputulokseen. Saatuja tuloksia verrattiin tehtyihin havaintoihin ja tulkin-
nat varmistettiin asiantuntijoilta.

Lähteet

Andritz. N.d. Intranet. Saatavilla Andritz käyttäjätunnuksilla. Viitattu 30.5.2021.

ANDRITZ in Finland. N.d. Artikkelel ANDRITZ nettisivuilla. Viitattu 07.09.2019. <https://www.andritz.com/pulp-and-paper-en/locations/andritz-oy>.

Andritz. N.d. Saatavilla Andritz käyttäjätunnuksilla. 31.8.2021.

Cylindrical. N.d. Esite CMC fire solutions nettisivuilla. Viitattu 15.8.2021. [Cylindrical - CMC - Fire Solutions](#).

Hakurahtiliikenne. N.d. Artikkelel Logistiikan maailma. Viitattu 15.4.2021. <https://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/merikuljetus/hakurahtiliikenne/>.

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P. & Pakkanen, H. 2000. Hörykattilatekniikka. 6. painos. Helsinki: Edita Ab.

Impiö, J. 2017. Soodakattilan painerungon kuljetuskehysten optimointi. Diplomityö. Oulun yliopisto. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Viitattu 1.8.2021. <http://jultika.oulu.fi/Record/nbnfioulu-201706012338>.

Kananen, J. 2012. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 134. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 212. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kiinan kartonkimarkkinat murroksessa. 2019. Artikkelel MetsäFibren sivustolla. Viitattu 12.6.2021. <https://www.metsafibre.com/fi/media/Erinomaisuus-ja-Innovaatiot/Pages/Kiinan-kartonkimarkkina-murroksessa.aspx>.

KnowPulp. KnowPulpin oppimisympäristö. Pääsy JAMK käyttäjätunnuksilla. Viitattu 16.4.2021.

Knuuttila, O. 2012. 4D-mallinnuksen mahdollisuudet voimakattilatoimituksessa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, Luonnontieteiden ja ympäristötekniikan tiedekunta, energia- ja prosessitekniikan laitos. Viitattu 30.5.2021. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/21078/knuuttila.pdf?sequence=7&isAllowed=y>.

Kontti. N.d. Artikkelel Logistiikan maailma. Viitattu 8.7.2021. <https://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/merikuljetus/kontti/>.

Kuljetukset. N.d. Artikkelel Logistiikan maailma. Viitattu 16.4.2021. <https://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/>.

Kuljetusten ja jakelun logistiikka. N.d. Artikkel. Logistiikan maailma. Viitattu 8.7.2021. <https://www.logistiikanmaailma.fi/aineistot/logistiikka-lukiolaisille/kuljetusten-ja-jakelun-logistiikka/>.

Kuormasidonnan käsikirja. 2004. Logistiikan tutkimus ja kehitys Lorda. Viitattu 15.4.2021. <https://www.logy.fi/media/liitetiedostot/kuormasidonnan-kasikirja.pdf>.

Kärkkäinen, V. & Niskanen, V. 2020. Transport frames for recovery boiler pressure parts. Saatavilla Andritz käyttäjätunnuksilla. Viitattu 15.4.2021.

Linjaliikenne. N.d. Artikkel. Logistiikan maailma. Viitattu 15.4.2021. <https://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/merikuljetus/linjaliikenne/>.

Logistiikka. N.d. Artikkel. Logistiikan maailma. Viitattu 20.5.2021. <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/>.

Maantiekuljetus. N.d. Artikkel. Logistiikan maailma. Viitattu 15.4.2021. <https://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/maantiekuljetus/>.

Närhi, J. 2014. Korkeapaineputkiliittimien luotettavuuden parantaminen. Opinnäytetyö, AMK. Metropolia ammattikorkeakoulu, Kone- ja tuotantotekniikka. Viitattu 31.8.2021. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/73700/Korkeapaineputkiliittimien_luotettavuuden_parantaminen_jussi_narhi.pdf;jsessionid=BEFDEF218BCB79EE88AC6D2357DC678F?sequence=1.

Painelaitteiden mitoitus ja suunnittelu. N.d. Artikkel. ENMAC kotisivuilla. Viitattu 28.8.2021. <https://enmac.fi/artikkelit/painelaitteiden-mitoitus-ja-suunnittelu/>.

Passion for innovative technologies that shape the world. N.d. Artikkel. ANDRITZ nettisivuilla. Viitattu 11.09.2019. <https://www.andritz.com/group-en/about-us>.

Penttinen, K. 2018. Soodakattilan tukkeutuminen. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, energiatekniikan koulutusohjelma. Viitattu 8.7.2021. https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/154957/Diplomityo_Penttinen_Kimmo.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Rataverkon kokonaiskuva. 2018. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 37/2018. Liikennevirasto. Helsinki. Viitattu 20.4.2021. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2018-37_rataverkon_kokonaiskuva_web.pdf.

Siippainen, J. 2021. Logistics manager. Andritz Oy. Haastattelu 16.4.2021.

Sikanen, T. 2019. Voimakattilaprojektien kustannusrakenne ja markkinahinnan muodostaminen. Diplomityö. Lappeenrannan yliopisto. Energiatekniikan koulutusohjelma. Viitattu 12.6.2021. https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/159711/Diplomityo%20Sikanen_Teemu.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Suutarinen, A. 2014. Voimalaitoskanavien kannakointijärjestelmä. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Konetekniikan koulutusohjelma. Viitattu 7.4.2021.

<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/22390/suutarinen.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

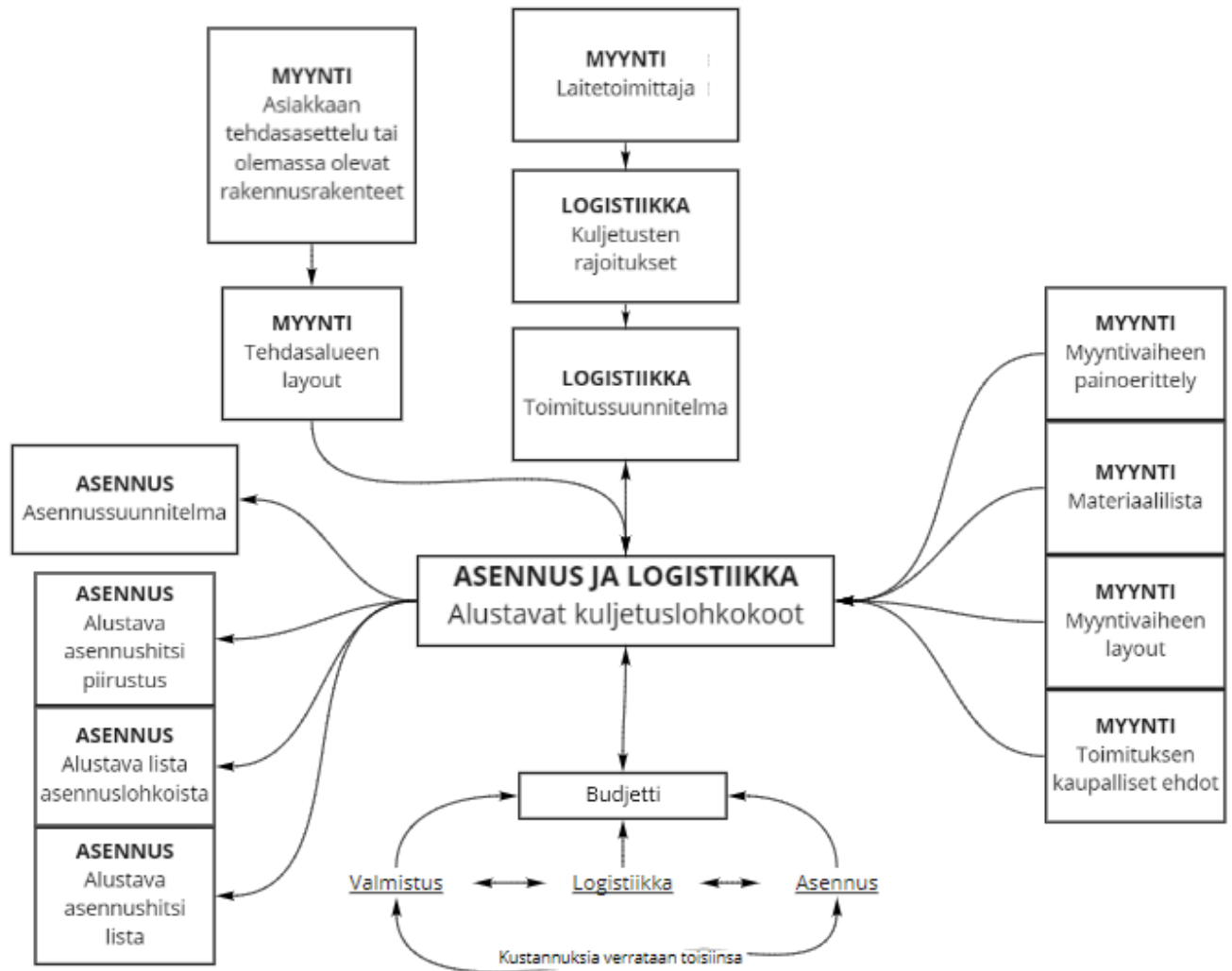
Uusitalo, Antti. 2009. Soodakattiloiden päästöt ilmaan. Energiatekniikan kandidaatintyö ja seminaari. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Energiatekniikan koulutusohjelma. Viitattu 20.5.2021.

<https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/45438/nbnfi-fe200906081596.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

Vakkilainen, E. 2005. Kraft recovery boilers principles and practice. Oppimateriaali. Suomen soodakattilayhdistys r.y. Helsinki. ISBN 952-91-8603-7. Viitattu 20.5.2021. <https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/111915/KRBFull.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

Liitteet

Liite 1. Myyntivaiheen lähtötiedot



Liite 2. Projektivaiheen lähtötiedot

