

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tuotekehitys

OPINNÄYTETYÖ:

Juho Saarela

LAPPEENRANNAN ETANOLIX – LAITOKSEN MODULIRAKENTEEEN
MUOKKAAMISESTA AIHEUTUNEIDEN KUSTANNUSTEN TARKASTELU

Työn ohjaajat: Tauno Kulojärvi ja Antero Peura
Työn teettäjä: St1 Biofuels, Antti Pasanen
Tampere 2008

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tuotekehitys

Saarela, Juho	Lappeenrannan etanolix-laitoksen moduulirakenteen muokkaamisesta aiheutuneiden kustannusten tarkastelu
Tutkintotyö	39 sivua + 4 liitesivua
Työn ohjaajat	Antero Peura, Enmac Oy ja tekniikan lisensiaatti Tauno Kulojärvi
Työn teettäjä	ST1 Biofuels, toimitusjohtaja Antti Pasanen
Vuosi	2008
Hakusanat	moduuli, laitossuunnittelu, hintavertailu, etanoli,

TIIVISTELMÄ

Etanolix on St1 Biofuels Oy:n ja VTT:n yhdessä kehittämä etanolin valmistus menetelmä. Ensimmäinen etanolix-laitos avattiin Lappeenrannassa 18.9.2007. Laitos muodostuu useista moduuleista. Jokainen moduuli muodostuu teräsrunosta, jonka sisään on sijoitettu tankki tai muuta laitoksen laitteistoa, sekä putkia. Moduulit kuljetetaan laitoksen asennuspaikalle yksittäisinä kokonaisuuksina ja putkistot liitetään toisiinsa moduulien rajapinnoilla olevien laippaliitosten avulla.

Työn tarkoituksena oli muokata etanolix-laitoksen moduulirakennetta, ja vertailla muokatun laitoksen ja Lappeenrannan etanolix-laitoksen materiaalikustannuksia. Laitoksen muokkaamiseen käytettiin Vertex plant design -ohjelmaa. Kustannusvertailut tehtiin Microsoft Excel – ohjelmalla.

Moduulirakennetta muokattiin, kääntämällä moduulien tankit pystyyn, tankkeja ympäröivät teräsrakenteet poistettiin ja putkistoon sovellettiin jakotukkiperiaatetta. Vertailtaviksi materiaaleiksi valittiin putkimateriaalit, venttiili, laipat, eristeet ja teräsrakenteet.

Vertailujen jälkeen voitiin huomata, että uudentyyppinen etanolix-laitos maksaa vertailtujen materiaalien osalta noin 3500 € vähemmän. Kokonaiskustannuseroa tärkeämpää oli huomata missä asioissa voitiin säästää ja mihin jouduttiin investoimaan enemmän. Tulosten perusteella on helpompi päättää jatketaanko etanolix-laitosten valmistusta niiden nykyisessä muodossa, vai olisiko taloudellisesti kannattavaa ottaa käyttöön uuden tyyppinen etanolix-laitos.

TAMPERE POLYTECHNIC

Machine- and production technology

Product development

Saarela, Juho	Altering the modular structure of Lappeenranta etanolix-plant and examining the influence on material costs
Engineering thesis	39 pages, 4 appendices
Thesis supervisors	Antero Peura, Enmac Ltd. and Licentiate (Technology) Tauno Kulojärvi
Thesis orderer	ST1 Biofuels, CEO Antti Pasanen
Year	2008
Keywords	Module, Plant design, Comparison of prices, ethanol

ABSTRACT

Etanolix is ethanol-manufacturing process developed by St1 Biofuels Ltd and VTT. First etanolix-plant started its production September 9th 2007 in Lappeenranta. Etanolix- plants are built of modules. Each module has its own steel frame. Steel frame supports tank or other equipment and piping. Pipes, which go from module to another, are connected in the assembly field with flanges.

In this thesis I was supposed to alter etanolix-plants modular structure, and compare the material costs between the altered etanolix- plant and the one built in Lappeenranta. The modification was made virtually with 3D CAD Program Vertex Plant Design. The comparisons of the material costs were made with Microsoft Excel.

Modular structure was altered in three different ways. The steel frames surrounding the modules were removed, and the tanks were rotated from horizontal to vertical position. Also the piping was modified to save in pipe material costs. The compared materials were piping, valves, flanges, insulation and steel structures.

The altered etanolix-plant was approximately 3500 € cheaper than the etanolix-plant built in Lappeenranta. More important than the money saved is to see where money is saved and where costs rose. Results are very useful when designing new etanolix-plants in the future.

ALKUSANAT

Vuoden 2007 alussa Suomessa käytetystä polttoaineesta vain noin 0.01 % oli niin sanottua biopolttoainetta. Kasvihuoneilmion kiihtyminen ja raakaöljyn hinnan nousu, ovat kuitenkin aiheuttaneet paineita bioperäisten polttonesteiden osuuden kasvattamiseen. Lisäpainetta aiheuttaa EU-direktiivi 2003/30/Y, jonka mukaan myös Suomessa pitäisi vuonna 2007 biopolttoaineiden osuus olla 5,75 %, vuonna 2020 10 % ja vuonna 2030 jo 25 %. /1/ Tähän ensimmäiseen portaaseen päästään helpoiten siten, että polttoaineisiin lisätään bioperäisesti tuotettua etanolia, eli bioetanolia.

Sana bioetanoli on hieman harhaanjohtava. Tällä hetkellä tuotettu bioetanoli vapauttaa maaperään sitoutunutta hiilidioksidia takaisin kiertoön (eli saastuttaa) enemmän, kuin mitä sen tuottaminen sitä sitoo. Tämä johtuu siitä että etanolia tuotetaan viljelemällä ensin esimerkiksi sokerijuurikasta. Viljelyn jälkeen sokerijuurikkaat nostetaan maasta ja siirretään tuotantolaitokseen, jossa varsinainen lopputuote, etanoli, valmistetaan. Etanolin tuottaminen itsessään ei juuri saastuta, mutta viljely, sadonkorjuu, maanmuokkaus ja muut työvaiheet, joita ei voida välttää, sitäkin enemmän.

Tässä työssä käsitellyt laitokset lähestyvät bioetanolin tuotantoa täysin eri suunnasta. Eikö olisi paljon järkevämpää käyttää jo olemassa olevaa biomassaa, kuin viljellä uutta? Elintarviketeollisuuden tuotantolaitokset, koulut ja kotitaloudet tuottavat uskomattomat määrät bioperäistä jätettä. Tähän asti ihmiset ovat maksaneet että joku veisi jätteen kaatopaikalle, missä se saastuttaa maaperän lisäksi myös ilmastoa. Miksi ei otettaisi tätä jätteeseen sitoutunutta hiiltä uudelleen käyttöön? Suomessa näin tekee ainoastaan St1 Biofuels.

Ensimmäinen etanolix®-laitos on jo avattu Lappeenrantaan (18.9.2007) ja seuraavat yksiköt ovat jo suunnitteilla Närpiöön ja Haminaan. Tällä hetkellä suunnitellaan laitoksia vain Suomen rajojen sisäpuolelle, mutta etanolix-konseptia tullaan tulevaisuudessa tarjoamaan myös globaaleille markkinoille. /2/

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tuotekehitys

Uuden tyyppisen etanolix-laitoksen mallintaminen, oli kaiken kaikkiaan erittäin antoisa ja opettavainen kokemus. Kyseessä oli minulle täysin uusi mallinnusohjelma, ja aihealue oli lähes tuntematon. Työ opetti minulle erittäin paljon laitossuunnittelusta. Työn tekeminen palkkatyön ohessa taas oli erittäin uuvuttavaa. Motivaation löytäminen illalla töiden jälkeen oli ongelmallista, ja sen takia työn valmistuminen venyi.

Olen erittäin kiitollinen St1 Biofuelsin toimitusjohtaja Antti Pasaselle aiheen järjestämisestä. Suuret kiitoksen kuuluu myös työnvalvojalle Antero Peuralle, ja Lappeenrannan etanolix-laitoksen suunnitelleille Anne-Mari Soiniselle, Terho Saaristolle ja Arto Takaselle.

Juho Saarela

LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET

Etanolix® St1 Biofuelsin ja VTT:n kehittämä etanolin valmistusmenetelmä

PI-kaavio Prosessi- ja instrumenttikaavio

ATEX Räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviä laitteita koskeva lainsäädäntö ja standardointi. /5/

DN Putken nimellissuuruus

PN Putken paineluokka

Juho Saarela

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	2
ABSTRACT	3
ALKUSANAT.....	4
LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET	6
2 Tehtävänanto	8
2.1 Muutoksen kohteet	8
2.2 Käytetyt ohjelmat	9
3 Moduulirakenteen teoria.....	10
3.1 Moduulin määritelmä	10
3.2 Moduulikonseptin käyttö teollisuuslaitoksessa	10
4. Moduulirakenteen muokkaaminen	13
4.1 Syyt etanolix-laitoksen moduulirakenteen muokkaamiseen	13
4.2 Etanolix-laitoksen muutoksen suunnittelu	14
4.2.1 Tankkien nostaminen pystyasentoon.....	15
4.2.2 Putkiston muokkaus jakotukkiperiaatteen mukaiseksi.....	16
4.2.3 Uuden etanolix-laitoksen layout.....	18
4.2.4 Ilmaston vaikutukset uuden laitoksen rakenteeseen.....	20
5 Tulokset	20
5.1 Putkimateriaalit.....	21
5.2 Laippaliitokset	25
5.3 Venttiilit.....	29
5.4 Rakennuksen, putkien ja tankkien eristäminen	32
5.5 Teräsrakenteet.....	35
5.6 Tulosten yhteenvedo.....	35
6 Tulosten analysointi.....	36
6.1 Johtopäätökset	36
6.2 Tulosten käyttökelpoisuus	37
LÄHTEET	39
LIITTEET	

Juho Saarela

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni sivuaa yhtä tämän päivän polttavimmista puheenaiheista, bioetanolia. Työni tarkoitus on tehdä St1 Biofuels Oy:lle esisuunnitelma etanolix® laitoksen moduulirakenteen muutoksesta. Tässä työssä ei tulla syventymään varsinaiseen bioetanolin valmistusprosessiin, vaan pelkästään laitokseen jossa sitä valmistetaan. Käymisprosessista, lopputuotteista ja muusta prosessiin liittyvästä löytyy tietoa Reetta Niemi-Korven insinööriyöstä, Heran hyötykäyttö etanoliksi /3/ ja The Alcohol Textbook, Ethanol Production by Fermentation and Distillation - kirjasta /4/.

Etanolix laitokset koostuvat moduuleista. Jokainen moduuli pitää sisällään tankin tai laitoksen laitteistoa, kuten pumppuja ja lämmönvaihtimia. Lappeenrantaan avatussa etanolix laitoksessa, moduuleissa olevat tankit ovat vaaka-asennossa.

Tehtäväni on mallintaa laitos, jossa tankit on nostettu vaaka-asennosta pystyyn. Moduulijattelusta ei ole tarkoitus luopua, sen rakennetta vain muokataan. Mallista voidaan selvittää uudentyypin laitoksen materiaalikustannuksia. Vertaamalla kustannuksia Lappeenrannan etanolix-laitokseen, saadaan selville olisiko pystytankkien käyttö vaakatankkeja edullisempää.

2 Tehtävänanto

2.1 Muutoksen kohteet

Työn aiheen sain työnantajani ENMAC Oy:n kautta. ENMAC Oy on insinööri-toimisto, joka on tehnyt yhteistyötä ST1Biofuelsin kanssa vuodesta 2006 alkaen. ENMAC Oy:n työtehtäviin on kuulunut Lappeenrannan etanolix-laitoksen suunnittelu ja laitokseen liittyvien työkuvien tekeminen.

Juho Saarela

Työn tilaajaa ST1 Biofuels on kiinnostunut voidaanko etanolix-laitosten moduulirakennetta muokkaamalla säästää laitoksen materiaalikustannuksissa. Moduulirakennetta on tarkoitus muokata seuraavilla tavoilla:

- Tankit nostetaan vaaka-asennosta pystyyn
- Tankkeja ympäröivät teräsrakenteet poistetaan
- Putkistoon sovelletaan jakotukkiperiaatetta

Uudentyyppisen etanolix -laitoksen kustannuksia verrataan Lappeenrannan etanolix -laitokseen. Vertailtaviksi kohteiksi valittiin:

- Putkimateriaalit
- Venttiilit
- Laipat
- Seinä- ja kattopaneelit
- Teräsrakenteet

2.2 Käytetyt ohjelmat

Uudentyyppisen etanolix -laitoksen kustannusten selvittämiseksi päätettiin luoda 3D-malli uudentyyppisestä laitoksesta. Mallin avulla pystytankkisen etanolix-laitoksen toteuttaminen on tulevaisuudessa helpompaa.

Mallin luomiseen päätettiin käyttää Vertex Plant Design-ohjelmaa. Myös Lappeenrantaan rakennuttu etanolix-laitos on mallinnettu Enmac Oy:n Tampereen toimistossa samaisella ohjelmalla. Kyseinen mallinnusohjelma on räätälöity laitossuunnittelun tarpeiden mukaan. Esimerkiksi putkilinjojen luominen ja muokkaaminen Vertex Plant Design-ohjelmalla on erittäin helppoa. Lisäksi Lappeenrannan etanolix-laitokseen jo mallinnettuja osia voidaan kopioida helposti uuden etanolix-laitoksen malliin. Tämän nopeuttaa mallinnustyötä huomattavasti.

Vertex Plant Designillä tehdystä mallista saadaan helposti tulostettua täydelliset osaluettelot suoraan Microsoft Exceliin, jossa materiaalien määrää on helppo verrata laitosten välillä.

Juho Saarela

Jakotukkiperiaatteen myötä putkistossa tapahtuu muutoksia. Muutosten siirtäminen malliin tapahtuu helpoiten muokkaamalla Lappeenrannan etanolix -laitoksen PI-kaaviota. Lappeenrannan etanolix-laitoksen PI-kaavio on luotu AutoCad 2006-ohjelmalla, ja samaa ohjelmaa käytetään sen muokkaamiseen.

3 Moduulirakenteen teoria

3.1 Moduulin määritelmä

Moduulilla tarkoitetaan moduloidun tuotteen osaa. Moduuleita vaihtamalla, voidaan muokata tuotteen ominaisuuksia asiakkaan tarpeiden mukaan. Moduulirakenteella pyritään saavuttamaan nopea tuotevariaatioidenhallinta toimitusaikaa pidentämättä. /8/

3.2 Moduulikonseptin käyttö teollisuuslaitoksessa

Wärtsilä on käyttänyt moduuleihin perustuvaa rakennetta sähköä ja kaukolämpöä tuottavissa BioPower-voimalaitoksissaan. BioPower-voimalaitokset käyttävät polttoaineena puuta ja maatalouden sivutuotevirtoja. Wärtsilä tulee käyttämään myös muita polttoaineita, markkinoiden laajetessa. /7/

Wärtsilän BioPower-voimalaitoksen moduulit esivalmistetaan tehtaalla. Tämä on taannut voimalarakenteiden tasaisen laadun ja minimoinut asennustyön määrän voimalatyömaalla. Hyvin suunniteltu valmistus on lyhentänyt myös toimitusaikoja. Näiden etujen lisäksi Wärtsilä on moduulirakenteen avulla onnistunut säästämään voimalan pinta-alassa, mikä on tärkeää tiheään asutuilla alueilla. Energiatarpeen kasvaessa, voidaan moduuleista koostuvan voimalaitoksen kapasiteettia helposti kasvattaa moduuleita lisäämällä tai vaihtamalla. /7/

Juho Saarela

Wärtsilän esimerkistä pystytään päättelemään moduulirakenteen etuja ja haittoja.

Wärtsilän havaitsemia etuja:

- Kompakti rakenne
- Vähentynyt on-site työ
- Helposti laajennettavissa
- Helposti toteutettavat ”kopiolaitokset”

Wärtsilän havaitsemat haitat:

- Vaatii paljon suunnittelua tuotannon alkuvaiheessa

3.2 Moduulirakenteen tarjoamat hyödyt etanolix -laitoksissa

Etanolix-konseptille on hyvin perusteltua käyttää moduulirakennetta. Laitoksia tullaan rakentamaan useita, ja moduulirakenteen avulla voidaan lyhentää toimitusaikoja. Samoin kuin Wärtsilän BioBower-laitoksissa raaka-aine saattaa vaihdella kohteiden välillä. Moduuleita vaihtamalla voidaan etanolix-laitos muokata raaka-aineelle sopivaksi. Kapasiteetin tarve saattaa myös lisääntyä. Lisäämällä käymistankkeja (moduuleita) voidaan laitoksen kapasiteettia kasvattaa nopeasti. Ja jos raaka-aineen saanti jostain syystä loppuu, voidaan etanolix-laitos mahdollisesti siirtää toiseen kohteeseen.

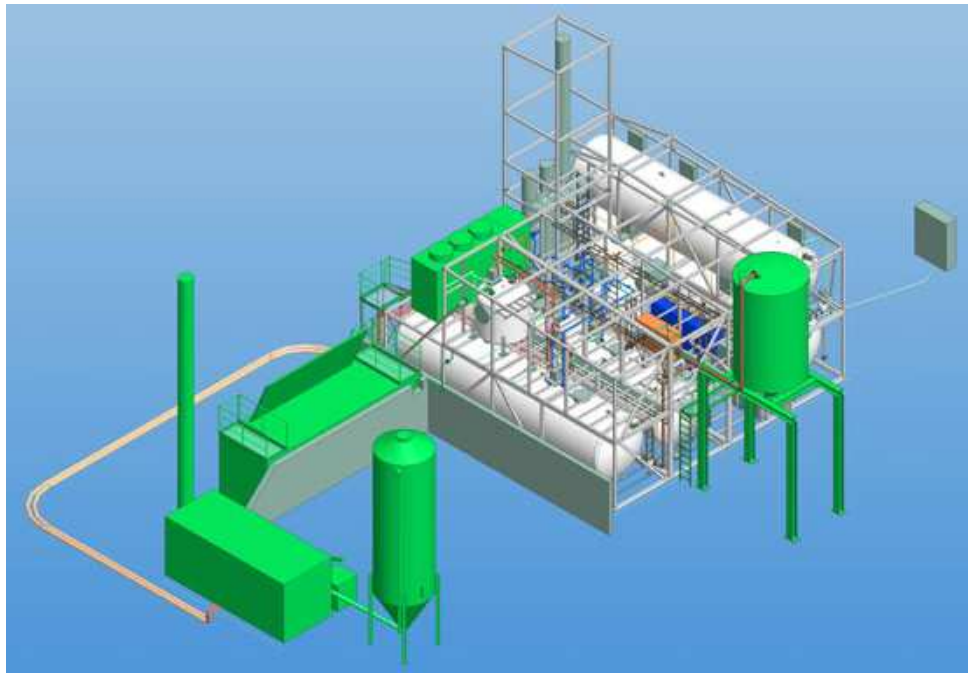
Etanolix-laitos rakennetaan useasti jo olemassa olevan teollisuuslaitoksen tontille. Useita elintarvikkeita valmistavat teollisuuslaitokset rajoittavat rakentamista laitoksen välittömässä läheisyydessä. Rajoitukset voivat rajoittaa rakennusprojektin kestoa tai suuruutta. Wärtsilänkin huomaama on-site tuntien väheneminen on näin ollen hyvä peruste moduulirakenteen käyttöön.

Juho Saarela

3.3 Lappeenrannan etanolix-laitoksen rakenne

Lappeenrannan etanolix-laitos on jaettu esivalmistettuihin moduuleihin. Jokainen moduuli koostuu teräskehikosta, jonka sisään on sijoitettu tankki, tai muuta laitoksessa tarvittavaa laitteistoa. Mitoiltaan kontit vastaavat laivakonttia, joten jokainen moduuli voidaan sellaisenaan nostaa kuorma-auton lavalle, ja lavalta suoraan omalle paikalleen etanolix-laitoksessa. Moduuleita on sijoitettu kahteen kerrokseen. Moduulista toiseen kulkevat putkilinjat on katkaistu moduulien rajapinnan kohdalla laippaliitoksilla, asennushitsien vähentämiseksi.

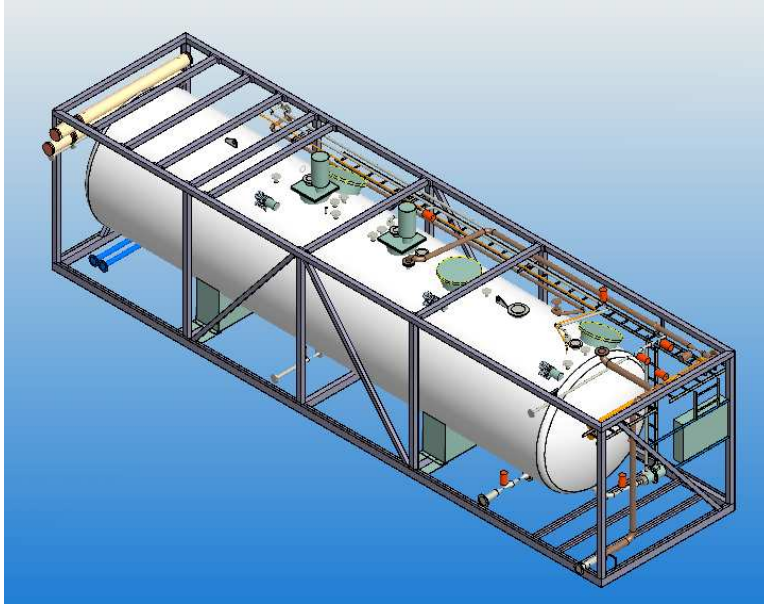
Tarkemmin Lappeenrannan etanolix-laitoksen rakennetta voidaan tutkia kuvasta 1. Koska kuvassa ei ole näkyvissä seinäpaneeleita, on konttien runsaat teräsrakenteet hyvin näkyvissä. Kuva on Vertex Plant Design-ohjelmasta.



Kuva 1 Lappeenrannan etanolix -laitoksen sisäpuolinen rakenne /11/

Kuvassa 2 on Lappeenrannan etanolix-laitoksen yksi moduuli. Kuvasta näkee kuinka paljon yhteen moduuliin käytetään teräsrakenteita. Tilojen ahtaus on myös hyvin nähtävissä.

Juho Saarela



Kuva 2 Yksi Lappeenrannan etanolix -laitoksen moduuleista

4. Moduulirakenteen muokkaaminen

4.1 Syyt etanolix-laitoksen moduulirakenteen muokkaamiseen

Kontit ovat kooltaan 12 m x 3 m x 3 m. Mitat on valittu niin, ettei niiden kuljettaminen vaadi erikoiskuljetusta. Taulukosta 1 voidaan lukea varoitusbussien määrät erisuuruisille erikoiskuljetuksille. Mitä suurempi kuljetus on kyseessä, sitä kalliimpaa on sen toteuttaminen. Jos etanolix-laitoksen moduulia kasvatettaisiin yli 3,5 metriin (sekä leveys että korkeus, koska tankki on pyöreä) vaatisi sen kuljettaminen varoitusbussin erikoiskuljetuksen etupuolessa. Pituussuunnassa tankkia voidaan kasvattaa 30 m saakka ilman kuljetuksen asettamia rajoituksia. Erikoissuuriakuljetuksia koskevat määräykset löytyvät tieliikennelaista /6/.

Juho Saarela

Taulukko 1 Varoitimet erisuuruksille erikoiskuljetuksille /6/

Varoitustoimet	Korkeus yli 5 m	Kuljetuksen leveys B / m													
		B ≤ 3		3 < B ≤ 3,5		3,5 < B ≤ 4		4 < B ≤ 5		5 < B ≤ 7	B > 7				
		Kuljetuksen pituus L / m													
		L ≤ 30	30 < L ≤ 40	L > 40	L ≤ 25,25	25,25 < L ≤ 25,25	30 < L ≤ 45	L > 45	L ≤ 30	30 < L ≤ 40	L > 40	L ≤ 35	L > 35	Kaikki pituudet	Kaikki pituudet
Varoitusautoja edessä	1		1	1		1	1	2	1	1	2	1	2	2	2
Varoitusautoja takana				1			1	1		1	1	1	1	1	1
Liikenteen ohjaaja	1		1	2			2	3		2	3	2	3	3	3
Poliisiauto tai varoitusauto ja liikenteen ohjaaja															1

Jos tankin kokoa kasvatetaan, joudutaan teräsrakenteiden määrää lisäämään. Tämä lisää materiaalikustannuksia ja esivalmistukseen kuluva työtunteja.

Konttirakenteesta luopuminen vähentää myös tarvittavan putken määrää, koska konttien ahtaiden tilojen takia putkilinjat eivät aina mahdu kulkemaan lyhintä mahdollista reittiä. Lisäksi jakotukkiperiaatteen toteuttaminen on helpompaa, jos tankkien väleihin saadaan lisää tilaa.

4.2 Etanolix-laitoksen muutoksen suunnittelu

Kuten kappaleessa 3.2 on todettu, ei moduulirakenteesta ole järkevää luopua. On kuitenkin perusteltua tutkia voitaisiinko moduulirakenteen muokkaamisella säästää materiaalikustannuksissa. Muutoskohteet voidaan jakaa kolmeen suurempaan kokonaisuuteen:

- Tankit nostetaan vaaka-asennosta pystyyn
- Tankkeja ympäröivät teräsrakenteet poistetaan
- Putkistoon sovelletaan jakotukkiperiaatetta

Juho Saarela

4.2.1 Tankkien nostaminen pystyasentoon

Ensimmäinen muutos oli poistaa tankkien ympäriltä teräsrakenteet ja nostaa ne pystyyn. Lappeenrannan vaakatasoon sijoitetut tankin, eivät sellaisenaan käy pystyyn sijoitettaviksi, koska niiden vaippa ja päädyt on laskettu kestämaan kuormia tankin ollessa vaakatasossa. Lisäksi tankkien yhteet ovat väärissä paikoissa.

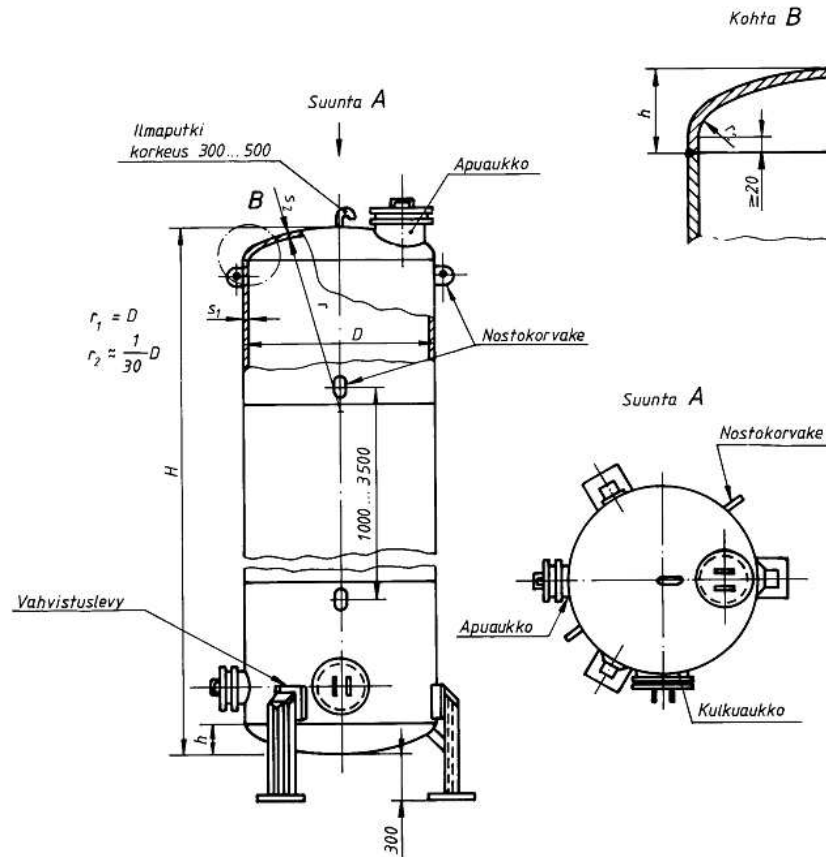
Koska tankkien valmistus- ja materiaalikustannuksia ei vertailla, pystytankkien jalkojen, vaipan tai päätyjen lujuuslaskentaan ei esisuunnitteluvaiheessa vielä suoriteta. Mallissa käytettyjen tankkien muodot on SFS -2734 standardista /10/. Kyseinen standardi käsittelee palavien nesteiden varastointia. Vaikka etanoli-tankki on ainoa palavaa nestettä sisältävä tankki, voidaan standardista saatuja tankkien muotoja käyttää uuden laitoksen layout-suunnittelua tehtäessä. Suunnittelun myöhemmässä vaiheessa palamattomien nesteitä sisältävien tankkien mitoitus tullaan toteuttamaan SFS-ENV 1993-4-2 standardia noudattaen /9/.

SFS -2734 standardissa on hyvin havainnollinen kuva tankkien mallintamista varten (kuva 3). Kuvassa 3 on määritelty tankin muodon eri muuttujat. Kuvassa 3 käytettyjen muuttujien arvot, näkyvät taulukossa 2 eri tilavuuksien mukaan jaoteltuina. Uuden laitoksen malliin käytettiin 5, 25 ja 50 kuutiometrin tankkeja. Taulukko 2 sisältää vain mallissa käytettyjen tankkien mitat.

Taulukko 2 Kuvan 3 mittojen selitykset, sekä mitat käytetyillä tankki koilla /10/

Tilavuus V / m ³	5	25	50
Ulkohalkaisija D / mm	1600	2000	2900
Kokonaiskorkeus H / mm	2820	8540	8400
Päädyn korkeus h / mm	260	320	470
Vaipan seinämän paksuus s1 / mm	5	6	9
Päädyn seinämän paksuus s2 mm	5	6	9

Juho Saarela



Kuva 3 Tankkien mitoitus /10/

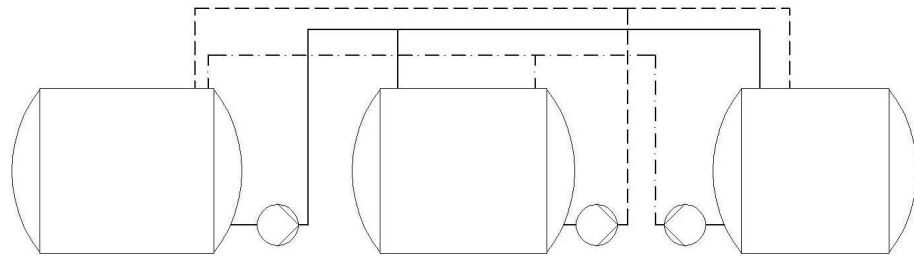
4.2.2 Putkiston muokkaus jakotukkiperiaatteen mukaiseksi

Jakotukkiperiaatteella tarkoitetaan sitä, että samoja putkia käytetään useissa prosessin vaiheissa. Eli prosessivirtoja voidaan ohjata useisiin kohteisiin samaa putkilinjaa pitkin. Prosessivirtojen ohjaamiseksi käytetään toimilaitteellisia venttiilejä. Jakotukkiperiaatteen toteuttaminen Lappeenrannan etanolix-laitoksessa olisi ollut erittäin vaikeaa ahtaiden tilojen takia.

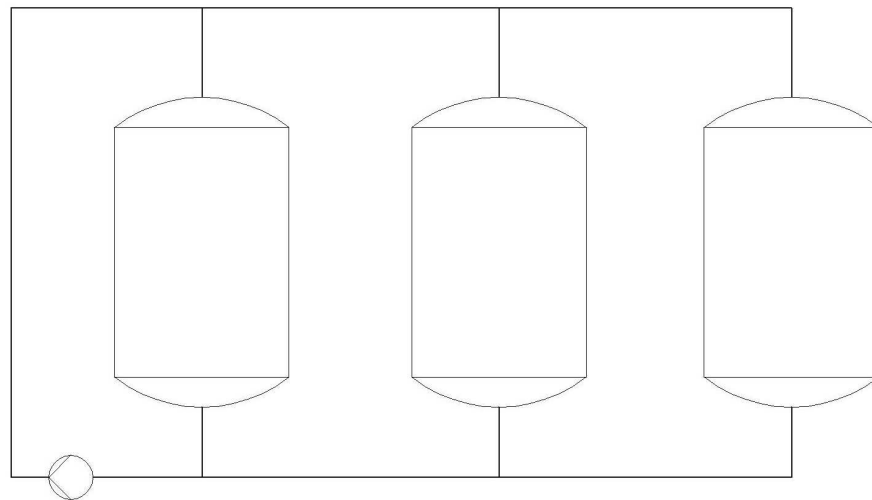
Putkilinjojen mallintaminen ja venttiilien sijoittaminen 3D-malliin ilman prosessi- ja instrumenttikaaviota olisi hyvin vaikeaa. Joten jakotukkiperiaatteen toteuttamiseksi, jouduin muokkaamaan Lappeenrannan laitoksen PI-kaaviota.

Juho Saarela

Kuvissa 4 ja 5 näkyy molempien laitosten PI-kaavioiden yksinkertaistetut versiot. Jos kuvia 4 ja 5 vertaillaan keskenään, voidaan todeta että uudessa laitoksessa putkilinjoja on huomattavasti vähemmän, vaikka tankkien määrä on pysynyt samana. Tankkiyhteiden määrät PI-kaaviosta nähdään helposti, mutta putkimateriaalin määrää PI-kaaviosta ei voida laskea. Sitä varten putket joudutaan sijoittamaan myös malliin.



Kuva 4 Osa Lappeenrannan etanolix-laitoksen PI-kaaviosta yksinkertaistettuna



Kuva 5 Osa esisuunnitellun etanolix-laitoksen PI-kaaviosta yksinkertaistettuna

Jakotukkiperiaatteen myötä myös pumppujen määrä vähenee. Koska uudessa laitoksessa prosessivirrat käyttävät aina samaa putkilinjaa, tarvitaan vain yksi pumppu (kuva 5), kun taas Lappeenrannan etanolix-laitoksen tyyppisessä laitoksessa pumppuja tarvitaan yksi jokaiselle tankille (kuva4). Pumppujen kustannuksia ei vertailuissa ole otettu huomioon, koska niiden hinnat vaihtelevat

Juho Saarela

huomattavasti tarvittavan pumppaustehon mukaan. Virheellisten hintojen vertailu saattaisi aiheuttaa epäedullista vääristymää tuloksissa.

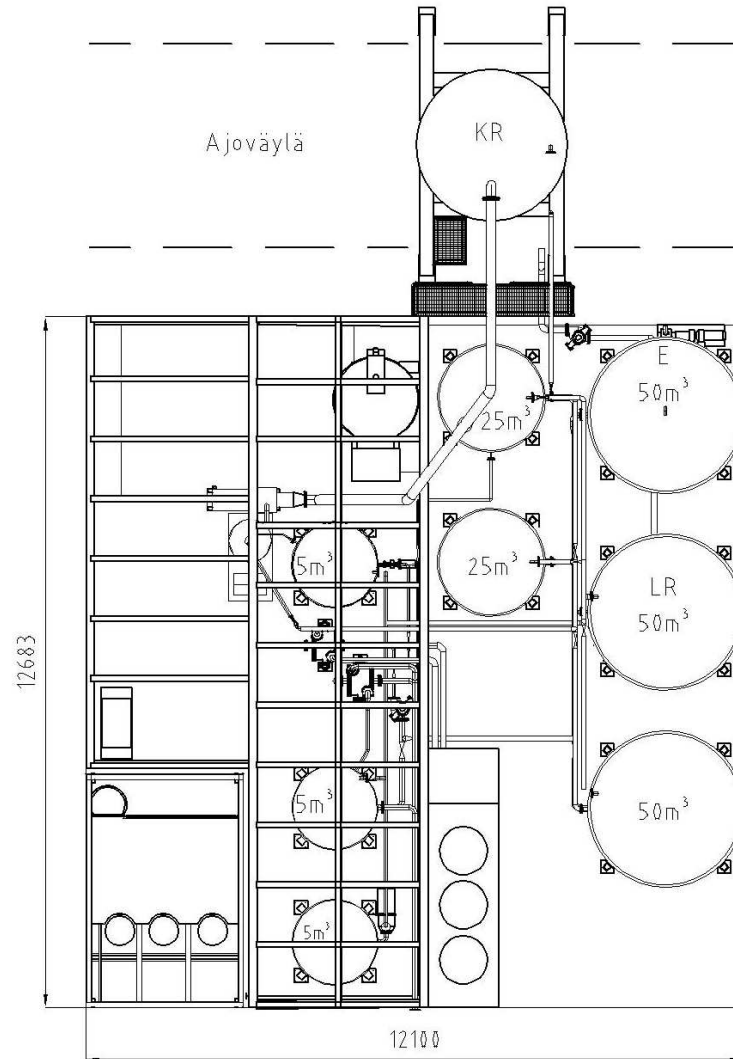
4.2.3 Uuden etanolix-laitoksen layout

Suunnittelun alkuvaiheessa tankit, etanolitankkia lukuun ottamatta, oli tarkoitus suojata hallilla. Tästä ajatuksesta kuitenkin luovuttiin, koska hallista olisi tullut hyvin suuri tankkien korkean muodon takia. Sisätiloihin sijoitettaisiin ainoastaan pienet tankit. Suuremmat tankit jäisivät rakennuksen ulkopuolella. Pieniin tankkeihin lasketaan alle 10 kuutiometrin tankit.

Yksi tärkeä kriteeri pohjaratkaisua suunniteltaessa oli lastauspaikkojen sijainti. Laitokselta noudetaan etanolin lisäksi myös liuos- ja kiintorehua. Hakuautot ovat suurikokoisia kuorma- tai säiliöautoja. Tämä pakotti sijoittamaan kyseiset tankit lähelle kuviteltua ajoväylää. Etanolitankin ympäristö täytyy ajatella myös paloturvallisuuden kannalta. Sijoittamalla etanolitankki nurkkaan, voidaan sitä mahdollisen palon syttyessä jäähdyttää kahdesta eri suunnasta.

Yksi Lappeenrannan etanolix-laitoksen moduuleista (haihturikontti) jätetään ennalleen. Haihturikonttia ei ole järkevää muokata paloturvallisuussyistä. Koska haihturikontissa virtaavat nesteet ovat palavaa etanoli-vesiseosta, on kaikkien venttiilien, toimilaitteiden ja pumppujen oltava ATEX -hyväksytyjä. Jos haihturikontissa oleva haihdutusjärjestelmä olisi sijoitettu halliin, olisi kaikki hallissa olevat laitteet jouduttu korvaamaan kalliimmilla ATEX -hyväksytyillä laitteilla. ATEX-hyväksytyjen venttiilien hintoja on esitetty tulokset osiossa (taulukko 15). Kuvassa 6 näkyy uuden etanolix-laitoksen layout päältä kuvattuna. Kuvaan on merkitty Etanoli E, Liuosrehutankki LR ja Kiintorehusäiliö KR - kirjaimilla. Tankkeihin on myös merkattu niiden suuruudet.

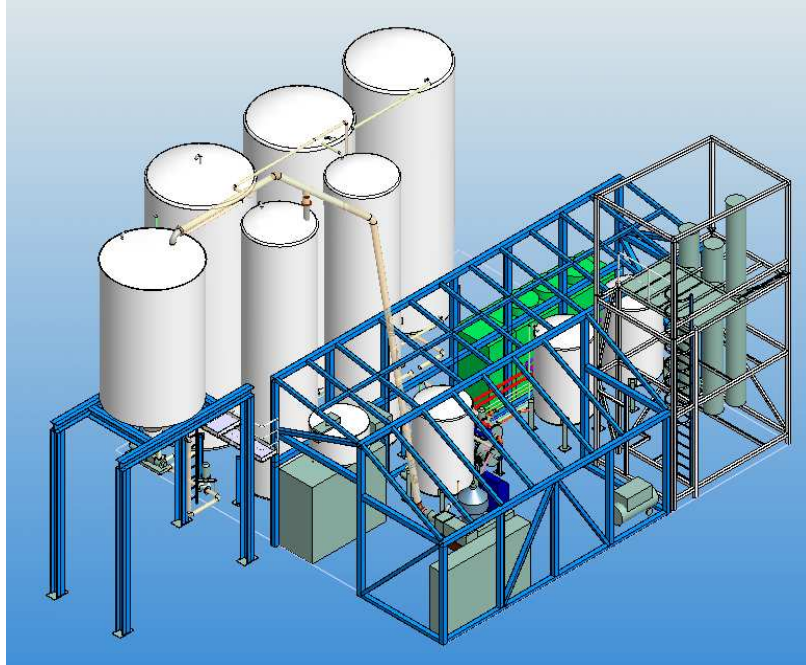
Juho Saarela



Kuva 6 Muokatun etanolix-laitoksen layout päältä katsottuna

Laitoksen katettu osa on kuvan 6 vasemmassa laidassa. Kolme pienintä tankkia jää rakennuksen sisään ja viisi isompaa sen ulkopuolelle. Seinien ja tankkien sijainnit näkyvät tarkemmin kuvassa 7.

Juho Saarela



Kuva 7 Isometrinen kuvanto uuden etanolix-laitoksen mallista

4.2.4 Ilmaston vaikutukset uuden laitoksen rakenteeseen

Suomen sääolojen takia joudutaan ulos sijoitettavat, jäätyvää ainetta sisältävät tankit ja putket eristämään. Etanolitankkia ja etanolin siirtoon käytettäviä putkia ei tarvitse eristää, koska niissä oleva etanoli-vesiseos ei jäädy suomen pakkasissa korkean etanolipitoisuuden (yli 80 %) ansiosta.

5 Tulokset

Jotta kustannuksia pystyttiin vertailemaan, tarvittiin uudesta laitoksesta materiaaliluettelo. Nämä saatiin helposti Vertex plant design -ohjelmasta. Mallin materiaalit voidaan tulostaa ohjelmasta suoraan Excel muotoon. Alimallit (esim. tankit) voidaan jättää pois laskelmista jos näin halutaan. Näin tankkien tai laitteiden yhteet eivät tule mukaan laskelmiin.

Seuraavien kappaleiden taulukoissa vertaillaan Lappeenrannan etanolix -laitoksen ja tässä työssä esisuunnittelun etanolix -laitoksen materiaalmääriä ja kustannuksia. Hinnoista puuttuu arvonlisävero 22 %.

Juho Saarela

5.1 Putkimateriaalit

Putkilinjoissa käytetään kahden eri putkiluokan putkia: 10H1A ja 10B1A.

Putkiluokka ilmaisee putken paineenkestokyvyn ja materiaalin. Luku 10 tarkoittaa paineen kestävyttä baareina ilmaistuna. H1A ja B1A ilmoittavat putket materiaalin. H1A tarkoittaa ruostumatonta terästä EN 1.4301 ja B1A rakenneterästä S235JRG2.

Putkimateriaaleista lähes kaikki on ruostumatonta terästä (EN 1.4301). Ainoastaan osa vesiputkista on valmistettu rakenneteräksestä (S235JRG2). Vertailtavissa laitoksissa käytetyt putkikoot löytyvät taulukoista 3 ja 4. Kaikkien putkimateriaalien hinnat on saatu Onninen Oy:ltä. Ruostumattomille ja rakenneteräksisille putkille on omat hinnastot. /13 ja 14/.

Taulukko 3 Käytetyt ruostumattomat (EN1.4301) putkikoot

Nimellissuuruus	Ulkohalkaisija x seinämävahvuus / mm
DN15	21,3 x 1,5
DN20	26,9 x 1,5
DN25	33,7 x 1,5
DN32	42,4 x 1,5
DN40	48,3 x 1,5
DN50	60,3 x 1,5
DN65	76,1 x 1,5
DN80	88,9 x 2,0
DN100	114,3 x 2,0
DN150	168,3 x 2,0
DN200	219,1 x 2,0

Taulukko 4 Käytetyt rakenneteräksiset (S235JRG2) putkikoot

Nimellissuuruus	Ulkohalkaisija x seinämävahvuus / mm
DN15	21,3 x 2
DN25	33,7 x 2
DN50	60,3 x 2,3
DN65	76,1 x 2,6
DN80	88,9 x 2,9

Juho Saarela

Suorat putket

Ruostumattomat putket on valmistettu SFS 4161-standardin mukaan. Vastaava standardi rakenneteräksisille putkille on DIN 2458. Putkien hinnat ovat Onnisen teollisuushinnastoista /13 ja 14/.

Taulukossa 5 on suorien ruostumattomien putkien materiaolimäärien ja -kustannusten vertailu laitosten välillä. Eniten säästöjä syntyi DN 50-putken kohdalla, jota kului esisuunniteltuun laitokseen noin 55 m vähemmän kuin Lappeenrannan etanolix-laitokseen. Rahassa tämä tarkoittaa lähes 1300 € säästöä. Kokonaisuudessaan suorien ruostumattomienputkien kohdalla säästöjä syntyi noin 2770 €.

Taulukko 5 Ruostumattomien suorien putkien materiaalikustannusten vertailu /14/

Koko	Hinta €/m	Määrä / m		Muutos m	Muutos / €
		Lappeenranta	Uusi		
DN15	9,10	34,7	0	-34,7	-315,77
DN20	11,91	41,4	42,6	1,2	14,29
DN25	13,76	7,2	0	-7,2	-99,07
DN32	17,10	30,5	0	-30,5	-521,55
DN40	18,48	36,4	4,9	-31,5	-582,12
DN50	23,71	110,8	56	-54,8	-1299,31
DN65	29,30	1,8	0,92	-0,88	-25,78
DN80	40,05	2	40,8	38,8	1553,94
DN100	52,40	32,7	0	-32,7	-1713,48
DN150	79,79	11,3	14,8	3,5	279,27
DN200	100,58	0,6	0	-0,6	-60,35
				Summa	-2769,9 €

Taulukosta 6 nähdään molempiin laitoksiin käytettyjen suorien rakenneteräksestä valmistettujen putkien määrät ja niistä aiheutuneet kustannukset. Uuteen laitokseen käytettiin ainoastaan DN 80-suuruista rakenneteräsputkea. DN 80-putken määrä kasvoi Lappeenrannan etanolix-laitokseen verrattuna 8,7 m. Kaikkiaan suorassa rakenneteräksisessä putkessa säästöjä syntyi 135,85 €.

Juho Saarela

Taulukko 6 Suorien rakenneteräksisten putkien materiaalikustannusten vertailu /13/

Koko	Hinta €/ m	Määrä / m		Muutos / m	Muutos / €
		Lappeenranta	Uusi		
DN15	4,51	0,5	0	-0,5	-2,26
DN25	7,40	0,1	0	-0,1	-0,74
DN50	12,52	15,4	0	-15,4	-192,81
DN65	15,71	6,8	0	-6,8	-106,83
DN80	19,17	4,8	13,5	8,7	166,78
Summa					-135,85 €

Putkikäyrät

Ruostumattomat putkikäyrät on valmistettu SFS 4163-standardin mukaan.

Vastaavasti hiiliteräksisten putkikäyrien standardi on SFS 2120. Kaikkien käyrien taivutus on 90-astetta. Pienemmän taivutusasteen käyrät tehdään katkaisemalla 90-asteen käyristä. Putkikäyrien hinnat ovat Onnisen teollisuushinnastosta /13 ja 14/.

Taulukosta 7 nähdään ruostumattomasta teräksestä valmistettujen putkikäyrien materiaalikustannukset vertailtavissa laitoksissa. Taulukosta nähdään, että ainoastaan DN 80-putkikäyrien määrä on kasvanut. Muiden ruostumattomien putkikäyrien määrä on vähentynyt tai pysynyt samana. Säästöä putkikäyrien vähentymisestä syntyy 1013,50 €.

Taulukko 7 Ruostumattomien putkikäyrien materiaalikustannusten vertailu /14/

Koko	Hinta €/ m	Määrä / kpl		Muutos / kpl	Muutos / €
		Lappeenranta	Uusi		
DN15	4,66	17	0	-17	-79,22
DN20	4,86	21	17	-4	-19,44
DN25	5,09	9	0	-9	-45,81
DN32	6,34	18	0	-18	-114,12
DN40	7,39	22	6	-16	-118,24
DN50	10,88	76	19	-57	-620,16
DN65	19,06	2	2	0	0
DN80	22,11	2	26	24	530,64
DN100	30,87	15	0	-15	-463,05
DN150	84,06	4	3	-1	-84,06
Summa					-1013,50 €

Juho Saarela

Taulukosta 8 nähdään rakenneteräksestä valmistettujen putkikäyrien määrät vertailtavissa laitoksissa. DN 80 -putkikäyrien määrä on kasvanut kahdella kappaleella. Muita putkikokoja ei uudessa laitoksessa ole. DN 50-putkikäyrien määrä vähenee viidellä kappaleella. Rahallisesti säästöä syntyi 22,35 €

Taulukko 8 Rakenneteräksisten putkikäyrien materiaalikustannusten vertailu /13/

Koko	Hinta €/ kpl	Määrä / kpl		Muutos / kpl	Muutos / €
		Lappeenranta	Uusi		
DN50	3,35	5	0	-5	-16,75
DN65	4,85	4	0	-4	-19,40
DN80	6,90	2	4	2	13,80
				Summa	-22,35 €

Putkikartiot

Jos putkilinjan kokoa joudutaan muuttamaan laitteiden tai tankkien välillä, joudutaan putkilinjalle lisäämään putkikartio. Kartion suuruus ilmoitetaan ilmoittamalla kartion molempien päiden nimellissuuruudet. Esimerkiksi jos kokoa halutaan muuttaa DN 32:sta DN 50:een, niin kokomerkinä on DN 32 / DN 50. Kartion materiaali on sama kuin varsinaisen putken materiaali. Ruostumattomat (EN 1.4301) kartiot valmistetaan SFS 4162 standardin mukaan. Rakenneteräksisiä (S235JRG2) kartioita määrittävä standardi on DIN 2616.

Taulukko 9 kertoo ruostumattomasta teräksestä valmistettujen putkikartioiden määrät. Lappeenrannan laitoksessa on käytetty eniten DN 40 / DN 32 -suuruisia putkikartioita seitsemän kappaletta. Eisisuunnitellussa laitoksessa on käytetty eniten DN 80 / DN 50 kartioita, neljä kappaletta. Ainoastaan DN 80 / DN40 kartioita on käytetty enemmän uudessa etanolix -laitoksessa kuin Lappeenrannan etanolix -laitoksessa. Kokonaisuudessaan putkikartioiden materiaalikustannukset ovat uudessa laitoksessa 489,96 € pienemmät.

Juho Saarela

Taulukko 9 Ruostumattomien putkikartioiden materiaalikustannusten vertailu /14/

Koko	Hinta € / kpl	Määrä / kpl		Muutos / kpl	Muutos / €
		Lappeenranta	Uusi		
DN20 / DN15	5,60	1	0	-1	-5,6
DN32 / DN20	5,71	2	1	-1	-5,71
DN40 / DN32	6,15	7	0	-7	-43,05
DN50 / DN32	10,57	6	1	-5	-52,85
DN50 / DN40	8,42	2	0	-2	-16,84
DN65 / DN50	10,80	1	1	0	0
DN80 / DN50	15,97	6	4	-2	-31,94
DN80 / DN65	10,95	2	0	-2	-21,9
DN100 / DN50	35,16	1	0	-1	-35,16
DN150 / DN100	41,25	1	0	-1	-41,25
DN300/DN200	235,66	1	0	-1	-235,66
				Summa	-489,96 €

Taulukosta 10 nähdään rakenneteräksisten putkikartioiden määrät vertailtavissa laitoksissa. Vesiputket ovat ainoat putket joissa on käytetty hiiliteräspuutetta.

Uudessa suunnitelmassa ei ole käytetty rakenneteräksisiä kartioita, koska laitosta suunniteltaessa ei tiedetä tulevan sijoituspaikan vesiliitäntöjen suuruutta.

Lappeenrannan laitoksessa rakenneteräksisiä kartiota on käytetty yhteensä neljä kappaletta. Lappeenrannan rakenneteräksisten kartioiden hinta on noin 25 €.

Taulukko 10 Rakenneteräksisten putkikartioiden materiaalikustannusten vertailu /13/

Koko	Hinta € / kpl	Määrä / kpl		Muutos / kpl	Muutos / €
		Lappeenranta	Uusi		
DN80 / DN50	6,26	2	0	-2	-12,52
DN80 / DN65	6,22	2	0	-2	-12,44
				Summa	-24,96 €

5.2 Laippaliitokset

Liitoskohdat aiheuttavat aina kustannuksia. Kustannukset ovat suuremmat, jos joudutaan käyttämään laippaliitoksia. Tästä syystä laippaliitosten määrä pyrittiin uudessa laitoksessa pitämään mahdollisimman pienenä.

Laipat on jaoteltu putkien tavoin paineluokkiin (PN). Yleisimmät paineluokat ovat PN 10 ja PN 16. Lukuarvo ilmaisee paineenkestokyvyn baareina. Uudessa

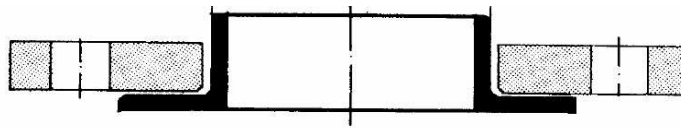
Juho Saarela

laitoksessa käyttöpaine on alle kymmenen baaria, joten voidaan käyttää paineluokkaa PN10.

Jokainen laippaliitos vaatii varsinaisen laipan lisäksi aina yhden hitsaussauman, sekä kuusioruuvit, mutterit ja aluslaatat. Hitsaussauman sijainti riippuu siitä käytetäänkö kauluslaippaa (kuva 8) vai irtolaippaa (kuva 9). Kauluslaippa hitsataan suoraan putkeen, kun taas irtolaippaa käytettäessä putkeen hitsataan irtolaipan liikettä rajoittava putkikaulus. Yksi lappeenrannan etanolix -laitoksen suurimmista kustannusten aiheuttajista oli nimenomaan laippaliitokset. Niitä pyrittiinkin uutta laitosta suunniteltaessa vähentämään (taulukko 11).



Kuva 8 Kauluslaippa SFS 2154 /13/



Kuva 9 Irtolaippa SFS 2170 /14/

Irto- ja kauluslaippojen, sekä putkikauluksen hinnat ovat Onninen Oy:n hinnastoista /13 ja 14/.

Irtolaipat ja putkikaulukset

Irtolaipat ja putkikaulukset on valmistettu saman standardin mukaan. Standardi on SFS 2170. Standardinumeron perään laitetaan laipan tapauksessa tunnistumerkintä F (tulee englannin kielen laippa -sanasta, flange).

Juho Saarela

Ruostumattomissa putkissa käytetään putkikaulusta ja irtolaippaa. Putkikaulusten materiaali on sama kuin ruostumattomissa putkissa EN 1.4301. Irtolaippojen materiaali on S235JRG2 / Zn. Zn merkintä laipan materiaalimerkinnässä tarkoittaa, että irtolaippa on sinkitty. Sinkittyjä laippoja käytetään, koska ne ovat halvempia kuin ruostumattomasta teräksestä valmistetut. Hinnan takia ei ruostumattomien putkien liitoskohdissa käytetä ruostumattomia kauluslaippoja.

Jokainen irtolaippa tarvitsee parikseen putkikauluksen. Putkikauluksia on siis yhtä monta kuin irtolaippoja. Irtolaippojen määrät molemmissa laitoksissa voidaan nähdä taulukosta 11. Taulukon 11 hinta-sarakkeen luku on putkikauluksen ja irtolaipan yhteenlaskettu hinta euroina.

Taulukko 11 Irtolaippojen (S235JRG2 / Zn) ja putkikaulusten (EN 1.4301) materiaalikustannusten vertailu. /13 ja 14/

Koko	Hinta €/ kpl	Määrä / kpl		Muutos / kpl	Muutos / €
		Lappeenranta	Uusi		
DN15	12,37	10	0	-10	-123,7
DN20	13,64	8	8	0	0
DN25	14,71	6	0	-6	-88,26
DN32	20,72	4	0	-4	-82,88
DN40	22,37	12	1	-11	-246,07
DN50	24,53	56	15	-41	-1005,7
DN65	28,96	1	2	1	28,96
DN80	34,74	12	19	7	243,18
DN100	37,08	24	0	-24	-889,92
DN150	59,08	4	3	-1	-59,08
DN200	83,88	1	0	-1	-83,88
Summa					-2307,40 €

Kuten taulukosta 11 nähdään, on irtolaippaliitosten määrä laskenut huomattavasti. Eniten on laskenut DN 50-suuruiset liitokset, 41 kappaletta. Ainoa liitoskoko, jossa määrä on kasvanut, on DN 80. DN 80-suuruisten irtolaippaliitosten määrä on kasvanut seitsemällä. Kaikkiaan irtolaippaliitoksista materiaalikustannuksissa säästetään 2307,40 €

Kauluslaipat

Molemmissa laitoksissa kauluslaippoja on käytetty vain rakenneteräsputkien välisissä liitoksissa. Kauluslaippojen materiaali on sama kuin rakenneteräsisissä

Juho Saarela

putkissa, S235JRG2. Kauluslaippojen standardi on SFS 2154. Kauluslaippojen materiaalikustannusten vertailu Lappeenrannan etanolix -laitoksessa ja esisuunnittelussa etanolix-laitoksessa on taulukosta 12.

Taulukko 12 Kauluslaippojen (S235JRG2) materiaalikustannusten vertailu

Koko	Hinta €/kpl	Määrä / kpl		Muutos / kpl	Muutos / €
		Lappeenranta	Uusi		
DN25	5,95	1	0	-1	-5,95
DN50	10,97	4	0	-4	-43,88
DN65	13,18	8	0	-8	-105,44
DN80	16,26	4	4	0	0
Summa					-155,27 €

Esisuunnittelussa laitoksessa on käytetty ainoastaan DN 80-suuruista hiiliteräspanputkea. Siksi uudessa laitoksessa käytettiin ainoastaan tämän kokoluokan kauluslaippoja. Niiden määrä on molemmissa laitoksissa neljä kappaletta. Lappeenrannan laitoksessa on käytetty DN 65-suuruisia kauluslaippoja kahdeksan kappaletta ja DN 25-suuruisia yksi. Materiaalikustannukset ovat uudessa laitoksessa 155,27 € pienemmät.

Kuusioruuvit, mutterit ja aluslaatat

Jokainen laippaliitos tarvitsee varsinaisten laippojen ja mahdollisten kaulusten lisäksi kuusioruuveja, muttereita ja aluslaattoja. Laippaliitoksen tarvitsemien ruuvien määrä riippuu liitoksen suuruudesta ja liitoksen paineluokasta. Vertex Plant Design-ohjelmaa laskee materiaalistoihin myös laippojen ruuviliitokset, kunhan laippaliitoksien tiedot ovat mallissa oikein. Ruuvien pituuksia ei ole otettu huomioon, koska pituuksien vaihtelu oli hyvin vähäistä, eikä sillä ole kustannusten kannalta juurikaan merkitystä.

Tämän kokoluokan laitoksessa kuusioruuvien, muttereiden ja aluslaattojen aiheuttamat materiaalikustannukset eivät loppulaskusta juuri erotu, mutta niiden aiheuttamat asennustyökustannukset jo erottuvat. Jokaista kuusioruuvia kohden kuluu yksi mutteri ja yksi ruuvi. Näin ollen ne voitiin helposti taulukoida samaan taulukkoon (taulukko 13).

Juho Saarela

Taulukko 13 Kuusioruuvien, muttereiden ja aluslaattojen määrät molemmissa vertailtavissa laitoksissa

Kuusioruuvien ja mutterin kierteen koko	Määrä / kpl		Muutos / kpl
	Lappeenranta	Uusi	
M12	52	32	-20
M16	540	258	-282
M20	8	24	16
		Summa	-286 kpl

Taulukosta 13 voidaan huomata, ruuviliitosten vähentynen huomattavasti.

Lappeenrannan etanolix-laitoksessa on kaikkiaan 286 kuusioruuviliitosta enemmän kuin uudessa etanolix-laitoksessa.

5.3 Venttiilit

Kaikki laitoksissa käytetyt venttiilit ovat palloventtiilejä. Ainoastaan venttiilien käyttövoima vaihtelee. Osa venttiileistä on käsikäyttöisiä, mutta eniten on pneumaattisella aktuaattorilla varustettuja venttiileitä.

Venttiilien hintaan vaikuttaa venttiilin paineluokka, materiaali ja venttiilin käyttövoima. Kuten aikaisempia kohteita tarkasteltaessa on käynyt ilmi, ei laitosten putkistoilta vaadita korkeaa paineensietokykyä. PN 10-paineluokan venttiilit ovat riittävän kestäviä. Etanoliputkien ja etanolitankin yhteydessä käytetyt venttiilit tarvitsevat ATEX-hyväksynnän. Näiden venttiilien hinnat ovat moninkertaiset muihin venttiileihin verrattuna (taulukko 15).

Venttiilien materiaali on sama kuin putkessa johon venttiili liitetään. Vertailusta on jätetty pois hiiliteräksiset (S235JRG) venttiilit, koska uudessa laitoksessa niitä ei ole malliin sijoitettu lainkaan. Malliin niitä ei sijoitettu koska hiiliteräksisten putkien koko vielä muuttua. Koska erisuuruisten venttiilien hinnoissa on isoja eroja, ei niiden vertailu olisi järkevää. Vertailtavat venttiilit ovat siis kaikki ruostumattomasta teräksestä (EN 1.4301) valmistettuja. Myös joitakin ruostumattomasta teräksestä valmistettuja venttiilejä on jätetty pois laskelmista, koska ne ovat vertailtavan alueen ulkopuolella tai samoja molemmissa laitoksissa, kuten esimerkiksi haihturikontin sisällä olevat venttiilit.

Juho Saarela

Kaikki venttiilit ovat tyypiltään ON / OFF venttiileitä, eli niillä ei voida säätää virtauksen määrää, vaan pelkästään sallia tai estää kulku. Venttiilit on taulukoitu eri taulukoihin niiden käyttövoiman ja mahdollisen ATEX-hyväksynnän perusteella.

Asennustyön helpottamiseksi, tankkien pohjaventtiilit ovat toisesta päästä hitsattavia ja toisesta laipallisia. Kaikki muut venttiilit on molemmista päistä hitsattavia. Tankkien pohjaventtiilit ovat käsikäyttöisiä.

Paineilmakäyttöiset ON / OFF -toimiset palloventtiilit

Taulukossa 14 on esitetty vertailtavien laitosten venttiilien määrät.

Paineilmakäyttöisten palloventtiilien hintatiedot on saatu Onninen Oy:ltä /14/

Taulukko 14 Paineilmakäyttöisistä ON / OFF venttiileistä aiheutuneiden materiaalikustannusten vertailu /14/

Koko	Hinta € / kpl	Määrä / kpl		Muutos / kpl	Muutos / €
		Lappeenranta	Uusi		
DN15	349,30	2		-2	-698,60
DN20	356,45	0	3	3	1069,35
DN32	405,34	4	0	-4	-1621,36
DN40	535,27	8	2	-6	-3211,62
DN50	671,18	13	15	2	1342,36
DN65	1022,87	0	1	1	1022,87
DN80	1372,18	0	13	13	17838,34
DN100	2033,81	2	1	-1	-2033,81
Summa					13707,53 €

Jakotukkiperiaatteen takia esisuunnitellussa etanolix-laitoksessa venttiilejä jouduttiin käyttämään huomattavasti enemmän. Eniten kasvoi DN 80-suuruisten venttiilien määrä, 13 kappaletta. Toimilaitteelliset venttiilit ovat erittäin kalliita, joten lisääntynyt venttiilien määrä kasvattaa laitoksen kustannuksia huomattavasti. Toimilaitteellisista palloventtiileistä syntyy uudessa etanolix-laitoksessa 13707,53 € enemmän materiaalikustannuksia, kuin Lappeenrannan etanolix-laitoksessa.

Juho Saarela

ATEX-hyväksytyt venttiilit

Räjähdysalttiiden tilojen ATEX -hyväksyntä tarvitaan kaikille venttiileille, jotka ovat kosketuksessa etanolin kanssa. Suuri osa näistä venttiileistä sijaitsee haihturikontin sisällä. Näitä venttiilejä ei ole otettu huomioon laskelmissa, koska haihturikontti on sama molemmissa laitoksissa. ATEX-hyväksytyjen venttiilien hintatiedot on ASEKO Oy:ltä. /12/ Kaikki taulukon 15 venttiilit ovat paineilmakäyttöisiä ON / OFF venttiileitä.

Taulukko 15 ATEX -hyväksytyjen venttiilien materiaalikustannusten vertailu /12/

Koko	Hinta € / kpl	Määrä / kpl		Muutos / kpl	Muutos / €
		Lappeenranta	Uusi		
DN20	350,00	0	1	1	350,00
DN32	435,00	1	0	-1	-435,00
DN40	552,00	1	1	0	0,00
DN65	1025,00	1	0	-1	-1025,00
DN 80	1480,00	0	1	1	1480,00
				Summa	370,00 €

Taulukosta 15 nähdään ATEX -hyväksytyjen venttiilien määrä vertailtavissa laitoksissa. Muutosta ATEX -hyväksytyjen venttiilien kokonaismäärässä ei ole tapahtunut. Muutoksia on tapahtunut ainoastaan venttiilien suuruuksissa. Laitosten ATEX-hyväksytyistä venttiileistä syntyvät kustannukset ovat hyvin lähellä toisiaan. Uuden laitoksen venttiilit maksavat ainoastaan 370 € enemmän.

Käsi käyttöiset ON / OFF palloventtiilit

Käsi venttiilejä käytetään tankkien pohjassa sulkuventtiileinä, mahdollisten toimintahäiriöiden varalta. Venttiilin laippaliitos on putken päähän hitsatun venttiilin tankin puoleisessa päädystä. Laippaliitoksen avulla tankki voidaan liittää asennuspaikalla helposti muuhun putkistoon. Koska putkiyhteet tankkien pohjissa ovat ruostumatonta terästä, on laippaliitokset toteutettu irtolaipan ja putkikauluksen avulla, kappaleessa 5.2 kerrotun tavan mukaan. Käsi venttiilien hintatiedot on otettu Onninen Oy:n hinnastosta. /13/

Lappeenrannan jokaisessa tankissa ei omaa käsi venttiiliä ollut. Siksi uudessa laitoksessa käsi venttiilejä on lukumäärällisesti enemmän, vaikka tankkeja

Juho Saarela

molemmissa on saman verran. Yhteensä uudessa laitoksessa on kahdeksan ja Lappeenrannan laitoksessa viisi käsikäyttöistä venttiiliä. Käsiventtiilien määrät näkyvät tarkemmin taulukossa 16. Käsiventtiilien aiheuttamat materiaalikustannukset ovat esisuunnitellussa etanolix-laitoksessa 1640,36 € suuremmat kuin Lappeenrannan etanolix-laitoksessa.

Taulukko 16 Käsikäyttöisten venttiilien määrät vertailtavissa laitoksissa /13/

Koko	Hinta € / kpl	Määrä / kpl		Muutos / kpl	Muutos / €
		Lappeenranta	Uusi		
DN40	206,24	1	0	-1	-206,24
DN50	268,23	2	0	-2	-536,46
DN65	487,58	1	1	0	0,00
DN 80	640,18	1	8	7	4481,26
DN100	1049,10	2	0	-2	-2098,20
Summa					1640,36 €

5.4 Rakennuksen, putkien ja tankkien eristäminen

Rakennuksen eristeet

Lappeenrannan etanolix-laitoksen kontit on eristetty 100 mm:n Parocin eristyspaneelilla. Uudessa laitoksessa varsinainen rakennus suojaa tankeista vain pienimmät. Pienten tankkien lisäksi sisätiloissa kulkee osa putkista. Suurin osa pumpuista on myös sijoitettu sisätiloihin. Ulkotiloihin jäävät pumpuista ainoastaan etanolin- ja liuosrehun purkupumput. Niille joudutaan rakentamaan omat suojat, jotteivät ne jää sään armoille.

Esisuunnitellussa laitoksessa varsinainen rakennus on huomattavasti pienempi, kuin Lappeenrannan laitoksessa. Näin ollen myös tarvittavien eristyspaneelien määrä on paljon pienempi. Käytetyt paneelit on kivivillaeristettyjä peltivuorisia lukkoponttipaneeleja. Niiden kustannuksia on helppo verrata laskemalla molempien laitosten seinien- ja katon pinta-alat. Kattopaneelit ovat hieman seinäpaneeleita kalliimpia. Taulukossa 17 on vertailtu rakennusten paneelien aiheuttamia materiaalikustannuksia laitosten välillä. Paneelien hintatiedot kysyin Paroc Oy:ltä /16/

Juho Saarela

Taulukko 17 Rakennusten ulkokuoripaneeleista aiheutuneiden kustannusten vertailu /16/

Kohde	Hinta €/ m ²	Pinta-ala / m ²		Muutos / m ²	Muutos / €
		Lappeenranta	Uusi		
Seinät	42,00	260	80	-180	-7560,00
Katto	47,00	130	70	-60	-2820,00
Pumput	47,00	0	4	4	188,00
Summa					- 10192,00€

Taulukosta 17 voidaan huomata että seinien- ja katon pinta-ala on uudessa etanolix-laitoksessa huomattavasti Lappeenrannan etanolix-laitosta pienemmät. Pumpujen suojaamiseen vaadittavien eristyspaneelien määrä on erittäin vähäinen. Kokonaisuudessaan esisuunnittelun laitoksen eristyspaneelit maksavat 10192 € vähemmän.

Putkieristeet

Lappeenrannan etanolix-laitoksessa ei putki- eikä tankkieristeitä muutoksen koskemalla alueella ole. Ainoat laitoksen putkieristeet ovat laitokseen tulevissa vesiputkissa. Putket kulkevat laitoksen ulkopuolella joten niitä ei vertailussa ole otettu huomioon.

Uudessa laitoksessa ulkona kulkevia putkia on useita. Putket ovat sekä prosessi- että pesuvesiputkia, joten niiden eristyksen aiheuttamat kustannukset tulee ottaa huomioon. Taulukko 18 kertoo uuden laitoksen putkieristeiden määrät putkien nimellisuuruuden mukaan jaoteltuna. Taulukon hintatiedot on otettu Paroc Oy:n hinnastosta /17/. Etanoliputkia ei ole eristetty. Kaikkien putkien eristämiseen käytetään eristevillakouruja, joiden päälle asennetaan ohut pelti. Peltiä ei ole otettu hinnoissa huomioon. Villakourujen yhteishinnaksi tuli 1562,82 €

Juho Saarela

Taulukko 18 Esisuunniteltuun etanolix -laitokseen tarvittavien putkieristeiden materiaalikustannukset /17/

Putken koko	Eristysvahvuus / mm	Hinta € / m	Määrä / m	Hinta / €
DN20	50	6,19	2	12,38
DN40	60	8,37	4	33,48
DN50	80	12,30	37,5	461,25
DN80	100	20,24	29	586,96
DN150	100	31,25	15	468,75
Summa				1562,82 €

Tankkien eristeet

Sisätiloissa olevat tankit eivät tarvitse eristystä kylmää vastaan. Uudessa laitoksessa ulossijoitetut tankit eristetään putkien tavoin. Eristettäviä tankkeja uudessa laitoksessa on yhteensä neljä, joista kaksi on 50 m³:n ja toiset kaksi 25 m³:n suuruisia. Tankit eristetään putkien tavoin vuorivillalla. Koska prosessinesteet seisovat tankeissa paikoillaan, tankkeihin joudutaan laittamaan vahvempi eristys kuin putkiin. Vuorivillaa tankkeihin laitetaan kaksi kerrosta. Kerroksia on kaksi, jotta saumat saadaan limittäin, ettei lämpöä karkaa villapalojen raoista.

Kustannusvertailuun molempien kerrosten vahvuudeksi valittiin 80 mm.

Vuorivillakerrosten päälle tulee peltivuoraus. Tankkieristeiden kustannukset on esitetty taulukossa 19. Eristeiden hintatiedot on saatu Paroc Oy:n hinnastosta /17/. Taulukon 19 hinta-sarakkeen hinta sisältää molemmat eristekerrokset (80 mm + 80 mm), mutta ei peltivuorausta. Esisuunnittelun laitoksen tankkien lämpöeristykseen tarvittavat eristeet maksavat yhteensä 5160 €.

Taulukko 19 Esisuunniteltuun etanolix -laitokseen tarvittavien tankkieristeiden materiaalikustannukset

Tankin koko / m ³	Tankin pinta-ala / m ²	Eristysvahvuus / mm	Hinta € / m ²	Tankkeja / kpl	Hinta / €
25	60	80+ 80	17,2	2	2064,00
50	90	80+ 80	17,2	2	3096,00
				Summa	5160,00 €

Juho Saarela

5.5 Teräsrakenteet

Kuten aikaisemmissa kappaleissa on käynyt ilmi, Lappeenrannan laitoksen konttirakenteet tarvitsevat suuret määrät putkipalkkeja (kuva 2). Esisuunniteltu laitos tarvitsee myös putkipalkkeja rakennuksen seinä- ja kattopaneelien kannattamiseen, ja tankkien jalkarakenteisiin. Vertailussa (taulukko 20) ilmoitetut uuden laitoksen teräsrakenteiden määrät ovat karkeita arvioita. Tein arviot yläkanttiin, mikä on hyvin nähtävissä kuvasta 7 sivulla 18. Seinäpaneelille riittää jänneväliksi noin 6000 mm ja kattopaneelille 2000 mm /16/. Esisuunnitelmassa käytin jännevälinä alle 2000 mm sekä katossa että seinissä. Putkipalkkien suuruudet on samoja kuin Lappeenrannan Etanolix-laitoksessa.

Taulukossa 20 on vertailtu putkipalkeista aiheutuneita kustannuksia laitosten välillä. Vaikka esisuunniteltuun etanolix-laitokseen käytettyjen putkipalkkien arvioidut määrät ovat suuremmat, kuin mitä todellisuudessa tarvittaisiin, ovat materiaalikustannukset siltä lähes 9000 € vähemmän kuin Lappeenrannan etanolix-laitoksessa.

Taulukko 20 Vertailtavien laitosten teräsrakenteiden määrä ja niistä aiheutuvien kustannusten vertailu

Palkin mitat	Hinta €/ m	Määrä / m		Muutos / m	Muutos / €
		Lappeenranta	Uusi		
80x80x3	13,27	86	0	-86	-1141,22
100x100x3	16,84	570	100	-470	-7914,8
100x150x4	29,72	150	33	-117	-3477,24
150x150x4	36,02	21	122	101	3638,02
				Summa	-8895,24 €

5.6 Tulosten yhteenveto

Taulukkoon 21 on merkitty kustannusten erotukset kohteittain. Edellisten kappaleiden taulukoiden lopputulokset yhdistämällä saatiin lopulliseksi tulokseksi -3565,70 €. Eli vertailtavissa kohteissa säästettiin esisuunnitelmassa laitoksessa noin 3500 €.

Juho Saarela

Taulukko 21 Laitosten materiaalikustannusten vertailu kohteittain jaoteltuina

Vertailukohde	Taulukot	Hintaero / €
Ruostumattomat putkiosat	5, 7 ja 9	-4273,36
Rakenneteräksiset putkiosat	6, 8 ja 10	-183,16
Laipat ja putkikaulukset	11 ja 12	-2462,65
Venttiilit	14,15 ja 16	15717,89
Eristyspaneelit	17	-10192,00
Putkien ja tankkien eristeet	18 ja 19	6722,82
Teräsrakenteet	20	-8895,24
	Summa	-3565,70 €

Suurimmat säästöt syntyivät Eristyspaneeleissa, hieman yli 10 000 €. Vastaavasti eniten kustannukset lisääntyivät venttiilien kohdalla yli 15 000 €.

6 Tulosten analysointi

6.1 Johtopäätökset

Työssä oli tarkoitus tutkia etanolix-laitoksen muutoksesta mahdollisesti saavutettavia säästöjä materiaalikustannuksissa. Tulokseksi saatu noin 3500 € säästö on laitoksen kokonaishintaan verrattuna erittäin pieni. Koska kyseessä oli pelkkien materiaalikustannusten vertailu, ei se kerro koko totuutta saavutettavista säästöistä. Lähemmäksi todellisuutta päästäisiin vertailemaa myös on-site tuntien määrää. Niiden vertaileminen vaatisi kuitenkin huomattavasti laajempaa tutkimusta.

Vaikka tulokset eivät kerro koko totuutta, ovat ne hyvin käyttökelpoisia. Tuloksista nähdään millä alueella säästetään eniten ja missä taas kustannukset nousevat. Myös on-site -tuntien määrää voidaan arvioida näiden tulosten pohjalta. Esimerkiksi laippaliitoksiin tarvittavien ruuviliitosten radikaali vähentyminen (taulukko 13) vaikuttaa on-site -tunteihin huomattavasti.

Konttirakenteesta luopuminen on vähentänyt teräsrakenteiden määrä huomattavasti (taulukko 20). Tämä vaikuttaa, materiaalikustannusten lisäksi, esivalmistustyön määrään. Runkorakenteiden hitsaaminen tehtaalla vähentyy ja putkien asentaminen on helpompaa ahtaiden konttirakenteiden poistuttua.

Juho Saarela

Vaikka laitoksen laippaliitokset vähenevätkin huomattavasti, ei se tarkoita ettei liitoksia olisi. Osa prosessiputkista muodostaa suuria kokonaisuuksia ja niitä joudutaan kuljetuksen ajaksi katkaisemaan. Katkaisukohtaan joudutaan tekemään aina laippa- tai hitsiliitos. Asennuspaikka voi rajoittaa asennushitsien tekemistä. Näissä tilanteissa joudutaan käyttämään laippaliitoksia. Tämä tulee aiheuttamaan laippaliitosten määrän kasvua. Joka tapauksessa liitosten määrä vähenee huomattavasti.

Jakotukkiperiaatteen myötä putkien materiaalikustannukset ovat laskeneet huomattavasti. Erityisen suuri muutos on tapahtunut ruostumattomien prosessiputkien määrässä. Toisaalta jakotukkiperiaatteen myötä venttiilien määrä on lisääntynyt huomattavasti. Venttiilien määrän noususta aiheutuneita korkeita kustannuksia kuitenkin kompensoi pumppujen vähentyminen. Vaikka Jakotukkiperiaatteen myötä pumppujen määrä laskee, pumppujen hinnat eivät ole mukana laskelmissa. Pumppujen tehotarpeen määrittäminen ei kuulunut esisuunnitteluvaiheeseen, ja teho vaikuttaa voimakkaasti pumppujen hintaan. Lukumääräisesti pumppujen määrä laskee, joten voidaan olettaa että kustannukset laskevat myös. Tämä korvaa venttiilien nousseita kustannuksia.

Yksi kustannuksia huomattavasti nostava erä on tankkien ja putkien eristeet. Eristeitä menee määrällisesti aika runsaasti, mutta hinnaltaan ne ovat aika edullisia. Eristeistä aiheutuneita kustannuksia kompensoi vähentynyt seinä- ja kattopaneelien määrä.

6.2 Tulosten käyttökelpoisuus

Laitos on hyvin paljon yhden miehen käsitys asiasta. Monet asiat sen ulkomuodossa voivat muuttua. Muodostunut malli ei myöskään ole putkistoiltaan lopullinen. Osa putkien suuruuksista voi muuttua, riippuen käytetystä raaka-aineesta, tai jostain muusta prosessillisesta tekijästä. Kuten tulokset kappaleessa jo todettiin, myöskään rakennuksen teräsrakenteita ei ole laskettu kuormien kannalta.

Alusta asti olin vahvasti sitä mieltä että kustannukset tulisivat laskemaan. Tämän takia työtä tehdessä aina kun tuli vastaan tilanne ettei tiennyt kumpi putkikoko on

Juho Saarela

oikea, valitsin suuremman, ja samoin toimin myös teräsrakenteiden kohdalla. Näin varmistin ettei tulokset antaisi itsestään liian hyvää kuvaa. Tuloksista on kuitenkin selvästi huomattavissa muutoksen aiheuttama suunta.

Taulukosta 21 nähdään selkeästi ne asiat joissa muutoksen ansiosta voitaisiin säästää. Jos hintaero Lappeenrannan- ja esisuunnitellun etanolix-laitoksen välillä on hyvin pieni, ei sitä välttämättä kannata huomioida ollenkaan näin suuren laitoksen ollessa kyseessä. Etanolix-laitosta jatkokehitettäessä tulisikin kiinnittää erityisen paljon huomioita asioihin joissa on saavutettu isoja eroja materiaalikustannuksissa, kuten venttiileihin ja eristyspaneeliin. Kokonaiskustannuseron ollessa näin pieni, kannattaa ideaa vielä jatkokehittää niiltä osin, joissa kustannukset ovat nousseet huomattavasti muutoksen jälkeen, kuten venttiileiden osalla on tapahtunut.

Tuloksissa olevia hintoja ei pidä tarkastella absoluuttisina arvoina. Tähän on syynä se, ettei hintoja ole missään vaiheessa kilpailutettu. Tämä saattaa vaikuttaa hintoihin huomattavasti. Varsinkin jos kyseessä on usean laitoksen sopimukset materiaalityöntekijöiden kanssa. Enemmän kannattaa kiinnittää huomiota materiaalmääriin. Kuitenkin jos vertailussa olisi käytetty pelkkiä määriä, olisivat tulokset jääneet todella vaikeasti analysoitaviksi. Esimerkiksi putkissa säästettiin erittäin suuret määrät metrejä, mutta silti säästöjen rahallinen arvo jäi alla puoleen eristyspaneelien rahallisesta arvosta (taulukko 21).

Vaikka molempien laitosten pinta-ala on noin 150 m^2 , on esisuunniteltu etanolix-laitos tilankäytöllisesti järkevämpi kuin Lappeenrannan etanolix-laitos. Tämä siksi, että esisuunnitellussa laitoksessa tankkien tilavuutta voidaan kasvattaa ilman että laitoksen pinta-ala kasvaa. Olisi myös mahdollista siirtää jäähdytysyksikkö (kuvan 6 alareunassa) rakennuksen katolle. Näin voitaisiin tankkien määrää kasvattaa, ilman että laitoksen viemä pinta-ala kasvaisi. Muutosten avulla voitaisiin nykyinen käymiskapasiteetti 200 m^3 helposti kasvattaa jopa 400 m^3 :iin ilman laitoksen tontin kasvattamista.

Juho Saarela

LÄHTEET

1. Wikipedia: Liikenteen biopolttoaineet Suomessa, [www-sivu]. [viitattu 7.1.2008] Saatavilla osoitteesta: http://fi.wikipedia.org/wiki/Liikenteen_biopolttoaineet_Suomessa
2. ST 1 Finland Oy: St1 aloittaa bioetanolin tuotannon Lappeenrannassa. Lehdistötiedote 18.9.2007. [www-sivu] [viitattu 9.2.2008] Saatavilla osoitteesta: <http://www.st1.fi/index.php?id=1931>
3. Niemi-Korpi, Reetta: Heran hyötykäyttö etanoliksi, Insinööriyö, Vantaa: EVTEK-ammattikorkeakoulu, 9.5.2007
4. Lyons, T.P., Kelsall D.R.& Murtagh, J.E.: The Alcohol Textbook. Ethanol Production by Fermentation and Distillation. Nottingham: Nottingham University Press, 1995
5. Wikipedia: ATEX, [www-sivu]. [viitattu 9.2.2008] Saatavilla osoitteesta: <http://fi.wikipedia.org/wiki/ATEX>
6. Tiehallinto: Erikoiskuljetusluvan lupaehdot. 1.1.2005. [www-sivu]. [viitattu 9.2.2008] Saatavilla osoitteesta: <http://www.tiehallinto.fi/pls/wwwedit/docs/11336.PDF>
7. TEKES: Wärtsilä BioPower Oy, Biovoimaloilla tärkeä rooli uusiutuvan energian lisäämisessä. 19.6.2007. [www-sivu]. [viitattu 11.2.2008] Saatavilla osoitteesta: http://www.tekes.fi/ajankohtaista/asiakkaiden_tuloksia/menestystarina_tiedot.asp?id=4067
8. Juhola Jarmo, Välimaa Kalle: Tuotevarioinnista kilpailukykyä - tarjouksesta toimitukseen. Helsinki, 1997.
9. SFS-ENV 1993-4-2, Eurocode 3: Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 4-2: Säiliöt. Suomen standardisoimisliitto SFS, Helsinki, 2002
10. SFS 2734, Palavien nesteiden varastointi ja käsittely. Teräksinen maanpäällinen lieriömäinen pystysäiliö. Suomen standardisoimisliitto SFS, Helsinki, 1985

Juho Saarela

11. ENMAC Oy, kotisivut. Case – St1: Bioetanolilaitoksen putkisto- ja laiteasennussuunnittelu.
[www-sivu] [viitattu 17.2.2008] Saatavilla osoitteesta: <http://www.enmac.fi/>
12. Hentunen Ari, ASEKO Oy, tarjouskysely. Kysytty sähköpostitse 5.3.2008, vastattu 7.3.2008
[ari.hentunen@aseko.fi] (liite 1.)
13. Onninen Oy, teollisuushinnasto, Osat 01–10 Putket ja osat, [www-sivu] [viitattu 13.3.2008]
Saatavilla osoitteesta: <http://www.onninen.com>
14. Onninen Oy, teollisuushinnasto, HST/RST Hinnasto 4.2.2008, [www-sivu] [viitattu
13.3.2008] Saatavilla osoitteesta: <http://www.onninen.com>
15. Onninen Oy, teollisuushinnasto, Osat 27–31 Teräkset, [www-sivu] [viitattu 13.3.2008]
Saatavilla osoitteesta: <http://www.onninen.com>
16. Paakkunainen Pekka, PAROC Oy, tarjouskysely. Kysytty sähköpostitse 31.3.2008, vastattu
31.3.2008 [Paakkunainen.pekka@paroc.com] (Liite 2.)
17. PAROC Oy, Tekniset eristeet, Tehtaan hinnasto 1.2.2008, [www-sivu] [viitattu 1.4.2008]
Saatavilla osoitteesta: <http://www.paroc.fi>

Juho Saarela

LIITTEET

1 Tarjouskysely, ASEKO Oy

2 Tarjouskysely, Paroc Oy