KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

TEKNIIKKA

Suolasiilon suunnittelu

Kyllönen Rami
Konetekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Konetekniikka
Kemi 2012

ALKUSANAT

Haluan kiittää Oulun teknisen liikelaitoksen koneyksikköä opinnäytetyöni aiheesta ja etenkin koneyksikön korjaamopäällikköä ja koneteknikkoa, jotka auttoivat minua työssäni, sekä muita työhön osallistuneita henkilöitä.

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma	Konetekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Rami Kyllönen
Opinnäytetyön nimi	Suolasiilon suunnittelu
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	24.4.2012
sivumäärä	39 + 1 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	Ari Pikkarainen, Ins. (YAMK)
Yritys	Oulun tekninen liikelaitos
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Sami Melamies, koneteknikko

Tämän opinnäytetyön aihe on saatu Oulun teknisen liikelaitoksen koneyksiköstä. Tekninen liikelaitos on Oulun kaupungin sisäinen liikelaitos, joka huolehtii toimialueellaan rakennusten, katujen ja puistoalueiden kunnossapidosta ja ylläpidosta. Liikelaitos jakautuu seitsemään eri tulosyksikköön.

Projektin lähtökohtana oli suunnitella suolasiilo Teknisen liikelaitoksen ylläpitoyksikön käyttöön, koska vanha siilo on vaarallisen huonossa kunnossa eikä se ole enää turvallinen käyttää. Markkinoilta ei löydy tarpeisiin sopivaa siiloa valmiina. Työssä pohdittiin erilaisia ratkaisuja siilon muotoon, toimivuuteen ja etenkin suolan syöttöluukun toimintaan. Suunnittelussa paneuduttiin siilon käytön turvallisuuteen sekä otettiin huomioon valmistustavat, joilla se voidaan teknisen liikelaitoksen koneyksikön tiloissa valmistaa ilman ulkopuolista työvoimaa.

Suolasiilosta saadaan annosteltua suolaa tarvittava määrä lava-autojen lavoille, joilla suolan levitys tapahtuu. Lava-autojen perässä kiinni oleva sirotin heittää suolan tien pinnalle. Suolaa käytetään talvella jäätymisenestoon ja kesällä pölynsidontaan Oulun kaupungin alueella.

Suolasiilosta tehtiin tarvittavat työpiirustukset, joiden mukaan siilo voidaan valmistaa koneyksikön omissa tiloissa. Käytettävät materiaalit ja komponentit on etsitty eri yritysten Internet-sivustoilta. Työpiirustukset tehtiin Microstation V8i-ohjelmalla ja piirustuksissa on mukana 3D-kuvannot helpottamassa havainnollistamista. Lisäksi työssä on tarkoin selostettu työpiirustuksien valmistukseen käytetty menetelmä.

Asiasanat: tiesuola, microstation, siilo.

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology

Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Name	Rami Kyllönen
Title	Design of a Road Salt Silo
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	24 April 2012
Pages	39 + 1 appendices
Instructor	Ari Pikkarainen, M.Eng
Company	Oulun Tekninen liikelaitos
ContactPerson/Supervisor from Company	Sami Melamies, Mechanical Technician

The topic of this Bachelor's thesis was assigned by Oulun tekninen liikelaitos, machine unit. Oulun tekninen liikelaitos is a commercial enterprise which maintains streets, public gardens and the buildings of Oulu. There are seven different profit centres in Oulun tekninen liikelaitos.

The starting point for this thesis was to design a road salt silo to maintenance unit of Tekninen liikelaitos. Current silo is in so a bad shape that it should not be used at all. Different shape solutions of the silo, its functionality and especially the function of the feeder were examined in the thesis. The methods of manufacturing are considered so that the silo can be easily built at the facilities of the machine unit without any subcontractors.

Road salt is used as an anti-icing of streets and roads in winter and for as a dust binder in summer time. With the silo it is possible to dose a required amount of salt on the bed of pick-up cars.

The drawings of the road salt silo are the outcome of this thesis. They are made by using MicroStation V8i CAD software. On the basis of the drawings the silo can be manufactured. The drawings include 3D views so that illustration is easier. The method of creating the drawings is well described in this thesis.

Keywords: road salt**,** microstation, silo.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT I
TIIVISTELMÄ II
ABSTRACT III
SISÄLLYSLUETTELO IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET VI
1. JOHDANTO 1
2. OULUN TEKNINEN LIIKELAITOS 2
2.1. TEKNISEN LIIKELAITOKSEN HISTORIA 3
2.2. KONEYKSIKKÖ 4
2.2.1. Korjaamopalvelut 5
2.2.2. Metallirakennepalvelut 5
2.3. YLLÄPITOYKSIKKÖ 6
3. SUOLASIILO 7
3.1. Siilon käyttö (kuvaus siilon käytöstä) 7
3.2. Kuvaus siilon toiminnasta 8
3.3. Tiesuola 9
4. SUUNNITTELUTEORIA 10
4.1. Suunnitteluprosessi 10
4.2. Tuotetiede 11
5. SUOLASIILON SUUNNITTELU 12
5.1. Siilon muoto 12
5.2. Ongelmakohdat 13
5.3. Ratkaisuja ongelmakohtiin 14
5.3.1. Täry 14
5.3.2. Kartiot 14
5.4. Siilon luukun toiminta 15
5.5. Ratkaisuja luukun toimintaan 15
5.5.1. Käsikäyttöinen kahvamekanismi 16
5.5.2. Hydraulijärjestelmä 17
5.5.3. Sähköinen karamoottori 18
5.5.4. Muita ratkaisuja 18
5.5.5. Valinta 19
6. SIILON KOMPONENTIT 20
6.1. Runko 20
6.2. Suppilo-osa 20
6.3. Portaat, kaiteet ja taso 21
6.4. Syöttöluukku 22
7. TURVALLISUUS 23
8. LASKUT 24
8.1. Siilo-osa 24
9. MICROSTATION LEHTIPERIAATE 27
9.1. Malli ja osamallit 27
9.2. Työkuvien teko 32
10. KUSTANNUSARVIO 35

11. KUNNOSSAPITO JA HUOLTO 36
11.1. Kuukausittainen kunnossapito 36
11.2. Vuosittainen huolto 36
12. YHTEENVETO 37
13. LÄHDELUETTELO 38
14. LIITELUETTELO 39

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

TEKLI	Oulun tekninen liikelaitos
RST	ruostumaton teräs

1. JOHDANTO

Työn aiheen antoi Oulun teknisen liikelaitoksen koneyksikkö. TEKLI:n ylläpitoyksikkö on tilannut koneyksiköltä uuden suolasiilon suunnittelun ja valmistuksen. Työnäni on suunnitella turvallinen ja toimiva siilo alusta loppuun ja tehdä tarvittavat työpiirustukset.

Ylläpitoyksikkö hoitaa Oulun kaupungin katujen ja teiden kunnossapitoa. Talvisin tiesuolaa levitetään teille ehkäisemään jään syntymistä. Koneyksikkö huoltaa ja kunnossapitää TEKLI:n kalustoa sekä hoitaa metallipalveluita. Metallipalveluita ovat muun muassa kaluston korjaushitsaukset ja pienet uudisrakennelmat.

Opinnäytetyö käsittää vain suunnittelun, jossa on otettu huomioon valmistusmenetelmät, jotta siilo on helppo valmistaa. Valmistus tapahtuu työpiirustuksien mukaan koneyksikön tiloissa tulevaisuudessa. Aihetta tutkitaan olemassa olevia siiloja tarkastelemalla ja haastattelemalla tulevia käyttäjiä sekä yleisesti tarkastelemalla eri tietolähteitä, jolloin saadaan selville mitä ylläpitoyksikkö haluaa uudelta siilolta. Lisäksi tutustuin vanhaan suolasiiloon ja sen toimintaan, joka antoi hyvän pohjan uuden suunnittelulle. Uuden siilon kaiteet ja portaat sekä hoitotaso tulevat olemaan standardin mukaiset.

Työssä vertaillaan syöttöluukun avaamiseen käytettäviä komponentteja ja valitaan niistä toimivin ratkaisu. Työssä käytin suunnitteluohjelmana Microstation V8i:tä, jolla ensiksi suunnittelen 3D-mallin. Tarvittavat 2D-työkuvat saan tehtyä 3D-mallia hyväksi käyttäen.

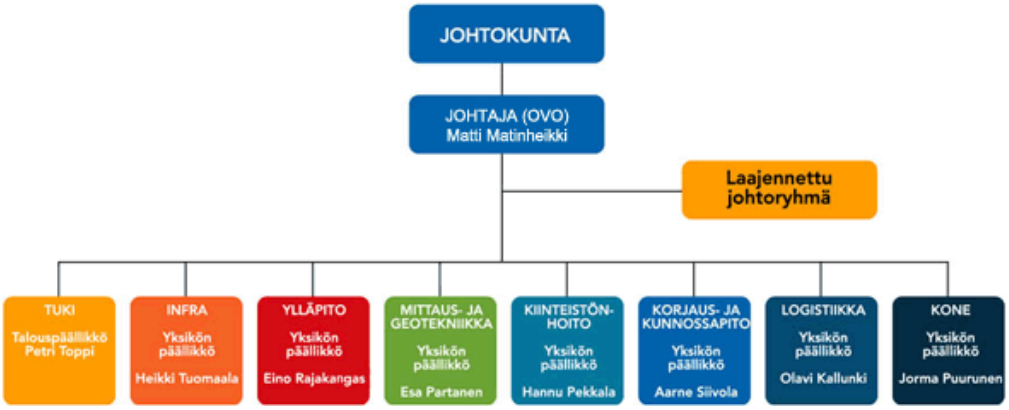
2. OULUN TEKNINEN LIIKELAITOS

Oulun tekninen liikelaitos on Oulun kaupungin sisäinen liikelaitos ja se toimii Oulun alueella. Liikelaitos tuottaa ylläpito- ja rakentamispalveluita, työkone- ja kuljetuspalveluita, rakennuttamis-, mittaus- ja tutkimuspalveluita sekä kiinteistö- ja logistiikkapalveluita. Teknisen liikelaitoksen nimestä käytetään aputoiminimenä lyhennettä TEKLI. /2/

Liikelaitos jakaantuu seitsemään tulosyksikköön, jotka ovat seuraavat: infrayksikkö, ylläpitoyksikkö, mittaus ja geotekniikkayksikkö, kiinteistöhoitoyksikkö, korjaus- ja kunnossapitoyksikkö, logistiikkayksikkö ja koneyksikkö.

TEKLI huolehtii toimialueellaan kaupungin rakennusten, puistojen, liikuntapaikkojen ja katujen näkyvän ja näkymättömän puolen jatkuvasta ylläpidosta ja puhtaanapidosta sekä pieneltä osin myös rakentamisesta.

TEKLI:n palkkalistoilla oli vuonna 2009 vakinaisia työntekijöitä noin 530 ja liikevaihto samaisena vuonna oli 53,6 miljoonaa euroa. Tämänhetkisenä johtajana toimii Matti Matinheikki. /2/



Kuva 1. Organisaatiokaavio

Teknisen liikelaitoksen visiona on olla vuonna 2015 Oulun talousalueen johtava palveluntuottaja infra-, kiinteistö ja logistiikkapalveluissa.
TEKLI:n toimintaa voidaan luonnehtia kolmella H:lla: hyvä, helppo ja haluttu. /1/

2.1. TEKNISEN LIIKELAITOKSEN HISTORIA

Oulun teknisellä liikelaitoksella on moninainen historia. Kaikki juontaa juurensa aina 1920-luvulta asti. Silloin nimenä oli Oulun kaupungin Rakennustoimisto ja se toimi vuoteen 1968 asti. Rakennustoimiston jälkeen nimi muuttui Oulun kaupungin rakennusvirastoksi, joka toimi vuosina 1969–1993. Rakennusviraston jälkeen muutosten tuulet toivat uusien suunnitelmien mukana myös uuden nimen: Oulun kaupungin rakennusvirastosta tuli Konekeskus, joka oli ensimmäinen kunnallinen liikelaitos. Konekeskuksen myötä ostettiin paljon uusia työkoneita, autoja ja kuorma-autoja, joten toiminta laajentui. Vuonna 2004 oli jälleen muutoksen aika, joka toi mukanaan edelleen toiminnan laajentumista ja lisää konekantaa. Näin syntyi Oulun Katutuotanto. Se toimi vuoteen 2007 asti.

Vuoden 2008 alussa syntyi Oulun tekninen liikelaitos (TEKLI), kun seitsemän Oulun kaupungin yksikköä yhdistyi. Samalla ajoneuvokanta nousi roimasti, kun logistiikkayksikön autot siirtyivät teknisen liikelaitoksen nimen alle. TEKLI:n ensimmäisenä perustana voidaan siis pitää Rakennustoimistoa.

2.2. KONEYKSIKKÖ

Teknisen liikelaitoksen koneyksikön nimen alla toimivat kuljetus- ja työkonepalvelut, korjaamopalvelut ja metallirakennepalvelut. Yksikön päällikkönä toimii Jorma Puurunen, jonka alaisuudessa vuonna 2009 oli 63 vakinaista ja 3 määräaikaista työntekijää. Konekaluston suurimmat käyttäjät ovat ylläpitoyksikkö ja infrayksikkö. Ulkoisista asiakkaista suurin on Oulun Jätehuolto, joka myöskin on TEKLI:n tavoin liikelaitos. /2/

Kuva 2. Koneyksikön tietoja

2.2.1. Korjaamopalvelut

Korjaamopalvelun tehtäviin kuuluvat erilaisten ajoneuvojen ja työkoneiden sekä muiden laitteiden asennus-, huolto- ja korjaustyöt. Korjaamolla huolletaan ja korjataan pääosin TEKLI:n omaa kalustoa. Korjaamon henkilökuntaan kuuluvat korjaamopäällikkö, työnjohtaja, vesimittarien tarkastaja/korjaaja ja varastomies sekä yksitoista vakituista asentajaa. Lisäksi kesäisin on muutamia harjoittelijoita palkattuna. Pääosin korjaamopalvelut toimivat koneyksikön tiloissa niin sanotulla kaupungin varikolla, mutta toimintaa on myös kahdessa muussa paikassa: teknisen liikelaitoksen pääyksikössä Poratiellä tehdään pieniä huoltotöitä ja viherpuolen koneita korjataan ja huolletaan Sorvarintiellä, Välivainiolla, kahden miehen voimin.

2.2.2. Metallirakennepalvelut

Teknisen liikelaitoksen koneyksikön metallirakennepuolella tehdään erilaisia uudis- sekä korjaustöitä. Metallirakennepuolella on kuusi vakituista hitsaajaa sekä kesäisin muutamia harjoittelijoita. Työnjohtoon kuuluvat korjaamopäällikkö ja koneteknikko. Metallirakennepuolella työt ovat monipuolisia ja töitä tehdään pääsääntöisesti koneyksikön varikon hitsaamolla, mutta erilaisia töitä tehdään myös ympäri Oulun kaupunkia. Ammattitaitoiset hitsaajat tekevät pieniä korjaushitsauksia sekä suurempia haasteellisia uudisrakenteita, kuten esimerkiksi Oulun koulujen ja päiväkotien IV-konehuoneiden runkojen hitsauksia sekä Oulun Raksilan uimahallin allassillan lisätuentatöitä.

2.3. YLLÄPITOYKSIKKÖ

Ylläpitoyksikkö suorittaa katujen- ja viheralueiden kunnossapitoa sekä puistojen ja muiden yleisten alueiden hoitoon kuuluvia tehtäviä. Ylläpitoyksikkö tuottaa myös biomultaa sekä hoitaa Kaupungin taimistoa, josta löytyvät kaikki istutettavat puut ja pensaat. Yksikön päällikkönä toimii Eino Rajakangas. Ylläpitoyksikön toimipisteitä ovat etelä- ja pohjoispuolen viherhoitoalueiden tukikohdat, päätukikohta Poratiellä missä TEKLI:n päätukikohtakin on, sekä muita pienempiä tukikohtia ja taukotupia (etenkin kesäisin).

Ylläpitoyksikön tehtävänä ovat kesäisin nurmenleikkaukset kaupungin alueella sekä katujen ja viheralueiden puhtaanapito ja talvisin puhtaanapito sekä lumen auraukset. Ylläpitoyksikkö myös rakentaa ja rakennuttaa viheralueita, katuja ja puistoja. Oulun kaupungin alueet on jaettu kahteen suurempaan osaan ylläpitoyksikön osalta: pohjoiseen ja etelään, jotka määrittää Oulujoki.

Suolasiilo suunnitellaan ylläpitoyksikön tilauksesta ja se tulee myös yksikön käyttöön.

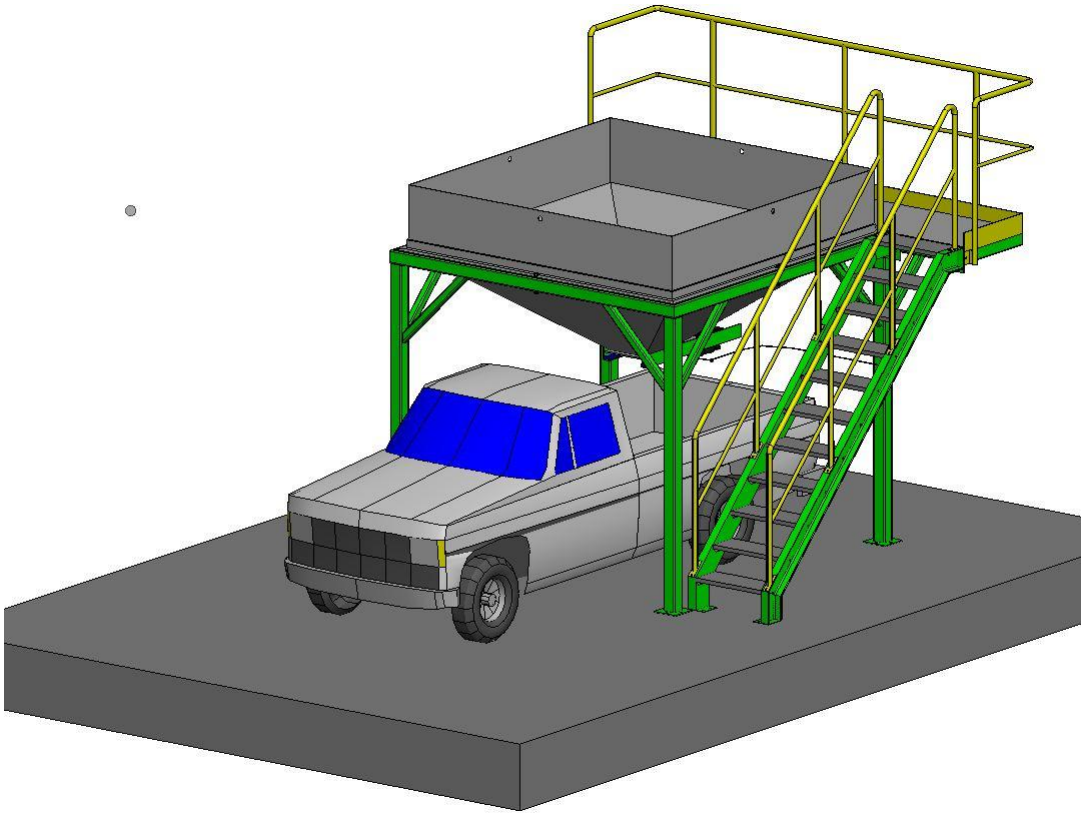
3. SUOLASIILO

Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan uusi tiesuolasiilo Oulun Teknisen liikelaitoksen ylläpitoyksikölle. Entinen siilo on jo vaarallisen huonossa kunnossa, eikä se lainkaan ole turvallinen käyttää. Uuden siilon tulee olla päämitoiltaan suurin piirtein samaa kokoluokkaa entisen kanssa. Siilo-osan tilavuutta tulee kasvattaa ja syöttöluukku täytyy tehdä helppokäyttöisemmäksi turvallisuudesta tinkimättä.

Työ on siis pääosin suunnittelutyötä ja pyrin suunnittelemaan siilon siihen pisteeseen, että se voidaan työpiirustusten ja ohjeiden mukaan helposti valmistaa. Suolasiilo suunnitellaan Teknisen liikelaitoksen koneyksikön tiloissa ja myös valmistetaan siellä – sitten kun sen aika on.

3.1. Siilon käyttö (kuvaus siilon käytöstä)

Siiloa käytetään tiesuola-asemana, josta lava-autolla alle ajamalla voidaan hakea helposti ja turvallisesti suolaa. Tiesuolaa Oulussa levitetään kuorma-autoilla, traktoreilla sekä pienemmillä lava-autoilla talviaikaan teiden jäänehkäisyyn. Kesäaikana tiesuolaa käytetään hiekkateiden ja hiekkakenttien pölynsidontaan. Siilo suunnitellaan lava-autojen lavojen täyttöä varten. Siilo tullaan laittamaan kylmään ulkohalliin, joten kosteuden tuoma korroosio täytyy ottaa huomioon suunnitelmassa.



Kuva 3. 3D-havainnekuva siilon käytöstä

3.2. Kuvaus siilon toiminnasta

Suolaa saadaan annosteltua tarvittava määrä siilon alapuolella olevaa syöttöluukkua avaamalla. Aluksi mietittiin luukun avaamisen tapahtuvan mekaanisesti vipuvarrella, mutta helppokäyttöisempi ja turvallisempi ratkaisu on parempi vaihtoehto. Avaaminen voisi tapahtua hydrauliikkaa apuna käyttäen tai sähkömoottorin avulla.

Suolasäkit ovat noin 750 kg:n painoisia ja ne nostetaan pyöräkoneen avustuksella siilon yläpuolelle. Siiloon rakennetaan hoitotaso, jonne noustaan portaita ja jolta on helppo avata suolasäkki tyhjennystä varten.

3.3. Tiesuola

Tiesuolana käytetään talvella natriumin ja kloorin yhdistelmää eli natriumkloridia (NaCl). Se on samaa kuin kaikille tuttu ruokasuola. Kesäisin pölynsidontaan käytettävä suola on kalsiumkloridia. Kummankin suolatyypin rakeen tiheys on 2164 kg/m^3. Kuutiollinen suolaa ei kuitenkaan paina 2164 kg, vaan rakeiden väliin jäävä ilma on otettava huomioon. Rakeisen suolan massaksi on annettu 1200 kg per kuutiometri. /4/

4. SUUNNITTELUTEORIA

Suunnittelu lähtee käyntiin yksinkertaisuudessaan jonkin asian, tuotteen, komponentin tai tuoteparannuksen tarpeesta. Aluksi ideoidaan suunniteltavaa kohdetta mielessä ja tehdään johtopäätöksiä. Voidaan miettiä, miksi kohdetta tarvitaan ja miten se voidaan valmistaa. Jos kysymyksiin löytyy vastaukset, voidaan suunnittelutyötä jatkojalostaa ja valita tarvittavat työkalut tarkempaa suunnittelua varten. Näin on helpompi tutkia tulevaa toteutusta

4.1. Suunnitteluprosessi

Suunnitteluprosessissa ideointi vie yleensä vähiten aikaa, mutta ilman ideaa ei synny suunnittelua. Voidaan sanoa, että ideointi on tuotteen vaatimuksien, toiminnan ja ulkonäön hahmottamista sekä toteuttamiskelpoisuutta. Ideoinnin apuna käytetään sopivia apumenetelmiä, joilla on helppo puntaroida idean hyötyjä ja haittoja. Apumenetelmiä ovat esimerkiksi ideakartta tai tiimissä tapahtuva aivoriihi, jolla saadaan eri henkilöiden näkökulmia asiaan. Ideoinnin tuottaman tuloksen ollessa toteuttamiskelpoinen, itse tuotteen suunnittelu voidaan aloittaa.

Suunnitteluprosessissa eniten aikaa vievä osuus on tuotteen suunnittelu. Sen avulla tutkitaan tuotteen toimivuutta, kriittisiä kohtia ja toteuttamistapaa. Erilaiset työkalut tuovat oivan lisän suunnitteluprosessiin. Ne on kehitetty nopeuttamaan ja helpottamaan suunnittelutyötä. Tietokoneiden kehityksen myötä on suunnitteluun saatu erilaisia atk-ohjelmia ja sovelluksia. Tietokoneavusteisella suunnittelulla voidaan esimerkiksi tutkia suunniteltavan tuotteen ominaisuuksia, liikeratoja ja lujuuskestävyyttä.

Nykyaikaisilla CAD-ohjelmistoilla voidaan mallintaa kappale nopeasti ja tuottaa tarvittavat työkuvat valmistusta varten. CAD-kuvien tiedot voidaan syöttää työstökoneeseen, joka osaa lukea kuvan tiedot ja muotoilla kappaleen.

4.2. Tuotetiede

Tuote eli artefakti on ihmisen tekemä esine tai palvelu, kuten taideteos, rakennus, työkalu, ohjelma tai esitys. Tutkimustoiminnasta tuotteiden parissa on luontevaa käyttää nimeä tuotetiede**,** engl. arteology. /6/

On käytännöllistä tehdä ero toteavan ja ohjaavan tuotteiden tutkimuksen välillä. Viimeksi mainittu on tavallisempaa, sillä se pyrkii ohjaamaan tuotteiden syntymistä niin, että jokin päämäärä toteutuu niissä, ja melkein kaikki tuotteet tosiaan nimenomaan tähtäävät johonkin päämäärään, joka leimaa niiden koko syntyprosessia. On toki mahdollista myös tutkia tuotteita toteavaan tyyliin siten, ettei tutkimushanke suoraan palvele mitään tuotteiden päämäärää. /6/

Yhdistämällä yleispätevällä tasolla toteavaan teoriaan ohjaavien tutkimusten tuloksia, joista selviävät tuotteiden käyttäjien toiveet ja tarpeet, saadaan aikaan yleispätevää tuotteiden suunnitteluteoriaa. Tätä puolestaan sitten voidaan soveltaa uusien tuotteiden suunnitteluun (tai olevien parantamiseen).
Yleispätevä suunnittelun teoria ei sisällä kaikkia niitä tapauskohtaisia tietoja, joita suunnittelija tarvitsee työtään varten, vaan sen täydennykseksi tarvitaan hankekohtaisia selvityksiä kuten markkinatutkimusta, jotka toteutetaan tuotekehityshankkeen puitteissa. /6/

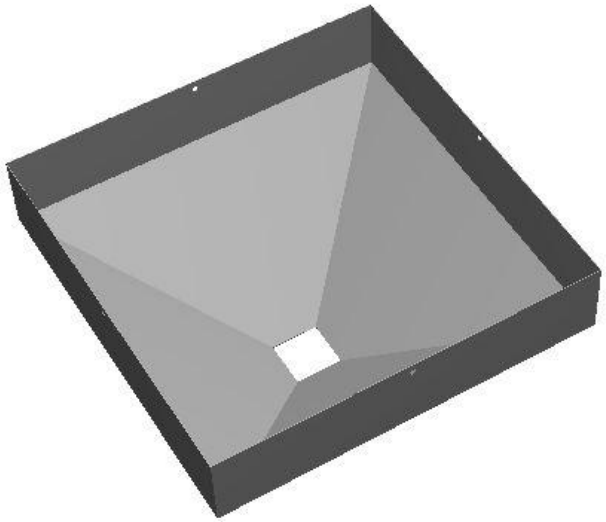
Suunnitteluteoria on kokoelma tietoa, käytettäväksi ei vain yhden tuotteen, vaan monien samantapaisten tuotteiden suunnittelussa. /6/

5. SUOLASIILON SUUNNITTELU

Työn tarkoituksena on suunnitella tiesuolasiilo. Työn suunnitteluun käytetään Microstation -ohjelmaa ja laskujen laskemiseen mathcadia. Suunnittelussa tärkeintä on miettiä parhaat ratkaisut toiminnan ja turvallisuuden kannalta. Suolan ja kosteuden aiheuttama korroosio vaatii hyvää suunnittelua. Tiesuola paakkuuntuu helposti reagoidessaan kosteuden kanssa, joten luukun toiminta tulee suunnitella hyvin ja tiiviiksi.

5.1. Siilon muoto

Siilossa olevan sisällön tulisi purkautua periaatteella nimeltään ”first in first out” eli suolakiteiden tulisi purkautua siinä järjestyksessä ulos, jossa ne on siiloon sisään kuormattu. Tällaiseen tilanteeseen päästäisiin helpoiten, jos rakennettaisiin korkea ja kapea siilo, jossa on suuri pystyseinämän ja suppilon välinen kulma. Korkeaa ja kapeaa tavoiteltaessa parhaaksi ratkaisuksi osoittautuu rakentaa pyöreä siilo. Pyöreän siilon suppilo on kitkaltaan parempi vaihtoehto kuin kartion mallinen suppilo, johon suola voi helpommin paakkuuntua. Lisäksi pyöreä siilo on lujuutta ajatellen parempi ratkaisu kuin nelikulmainen.



Kuva 4. Pyramidin mallinen suppilo

Suunniteltava siilo tulee sijoittumaan suhteellisen matalaan kylmään hallitilaan, jonne ei ole mahdollista rakentaa kapeaa ja korkeaa rakennelmaa. Siilo ei kuitenkaan tule olemaan kovin suuri, joten tästä syystä päädyttiin suunnittelemaan nelikulmainen siilo jossa pyramidin muotoinen suppilo, jotta saadaan maksimoitua siilo-osan tilavuus.

5.2. Ongelmakohdat

Siilossa olevan suolan ongelmana voi olla aineen suuri sisäinen kitka, jolloin suolarakeet tarttuvat toisiinsa kiinni eivätkä virtaa vapaasti. Näin rakeet voivat synnyttää virtauksen estävän muodostelman, jolloin suolaa ei välttämättä virtaa ulos ollenkaan, eli tapahtuu niin sanottu kiintoaineen holvaantuminen. Holvaatumisen voi estää suunnittelemalla erilaisen suuaukon suppiloon ja jyrkemmät kulmat suppilon seinämiin. Toisena ratkaisuna on suunnitella holvaatumiselle jokin laite, jolla saadaan rikottua jo syntynyt holvautuminen (esimerkkinä täry) tai suunnitella erilainen siilon rakenne. Siilon sisärakenteeseen voi esimerkiksi rakentaa tukiseinän, joka estää kiintoaineen rakeiden kitkatartunnan.

Toisessa ongelmatapauksessa suolarakeiden kitka aiheuttaa osittaisvirtauksen, jolloin kiintoaineeseen syntyy kuilu ja täydellinen massavirtaus ei pääse toteutumaan. Tässä tapauksessa ”first in first out” ei toteudu, vaan suola lähtee purkautumaan epäjärjestyksessä ja kiintoaineeseen syntyy kuilu. Yleensä kuilu syntyy kiintoaineen keskiosaan ylhäältä alaspäin poistoluukkuun asti. On myös mahdollista, että kiintoaines purkautuu pelkästään toista reunaa myöten siilosta pois, etenkin jos siilossa on epäsymmetrisesti sijoitettu suppilo.

5.3. Ratkaisuja ongelmakohtiin

Jos suppilon kulmat eivät ole tarpeeksi suuret tai jos suuaukko on vääränkokoinen, ei massavirtaus toteudu. Tällöin täytyy miettiä siilon mittasuhteet uudestaan. Jos sekään ei ole tilanpuutteen vuoksi ole mahdollista, tulee miettiä muita ratkaisuja optimaalisen purkautumisen saavuttamiseksi.

5.3.1. Täry

Holvaatumisen estämiseksi voidaan käyttää täryä, joka tärisyttää siiloa ja saa aikaan kiintoaineen värähtelyn, joka taas estää aineen rakeiden kitkatartunnan. Näin saadaan holvaatuminen estettyä ja parannettua aineen, tässä tapauksessa suolan, virtausta. Täryttimiä on saatavilla sähkö- ja paineilmatoimisina. Täryn huonona puolena voidaan mainita melusaaste ja värähtelystä aiheutuva siilon rakenteiden rasitus.

5.3.2. Kartiot

Siiloon voidaan käyttää kartion mallisia rakennelmia edesauttamaan purkautumista. Ne estävät tehokkaasti aineen pakkautumisen purkuaukon päällä, jolloin aine ei pääse pakkaantumaan tiiviiksi. Kartio ohjaa kiintoaineen suppilon sivuille, eikä se näin tiivisty siilon pohjaa kohti eli suoraan purkuaukon yläpuolelle.

5.4. Siilon luukun toiminta

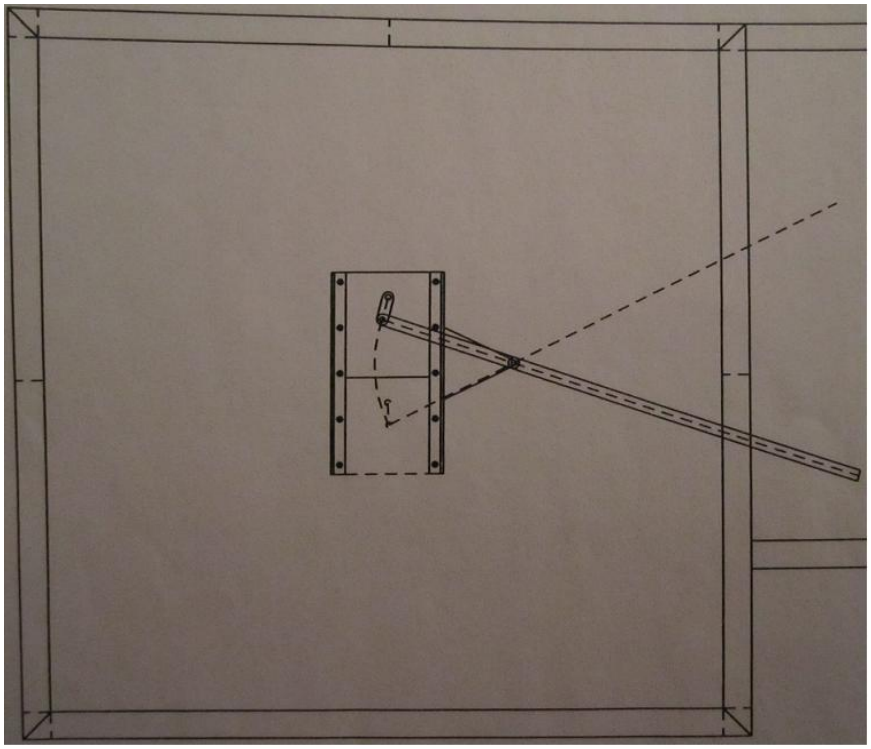
Siiloihin on olemassa erilaisia purkulaitteita. Purkulaite syöttää kiintoainesta tasaisesti ulos siilosta, jos se ei pelkän massavirtauksen avulla onnistu. Purkulaitteilla saadaan aikaiseksi myös tarkempi annostelu sekä tehtyä pieniä aineen siirtomatkoja. Niitä käytetään yleensä isojen siilojen yhteydessä. Erilaisia purkulaitteita ovat mm. siipipyörä, joka pyöriessään pudottaa kiintoainesta alapuolelleen; ruuvipurkain, joka pyöriessään kuljettaa kiintoainesta lyhyen matkan päähän; lautaspurkain, jonka kaapimet pyöriessään ottavat matkaan kiintoainesta siilon purkuluukulta ja syöttävät sen haluttuun paikkaan. Jos kyseessä on pienempi siilo, eikä kiintoainetta tarvitse siirtää kauemmas luukun suulta, pelkkä sulkuluukku riittää.

5.5. Ratkaisuja luukun toimintaan

Erilaisilla toimilaitteilla on mahdollista toteuttaa suunniteltavan uuden suolasiilon purkuluukun avaaminen ja sulkeminen, jolloin käsivoimin toimivat ratkaisut voi unohtaa. Lisäksi ne ovat helpompia ja turvallisempia käyttää verrattuna käsivoimin tapahtuvaan luukun liikuttamiseen.

5.5.1. Käsikäyttöinen kahvamekanismi

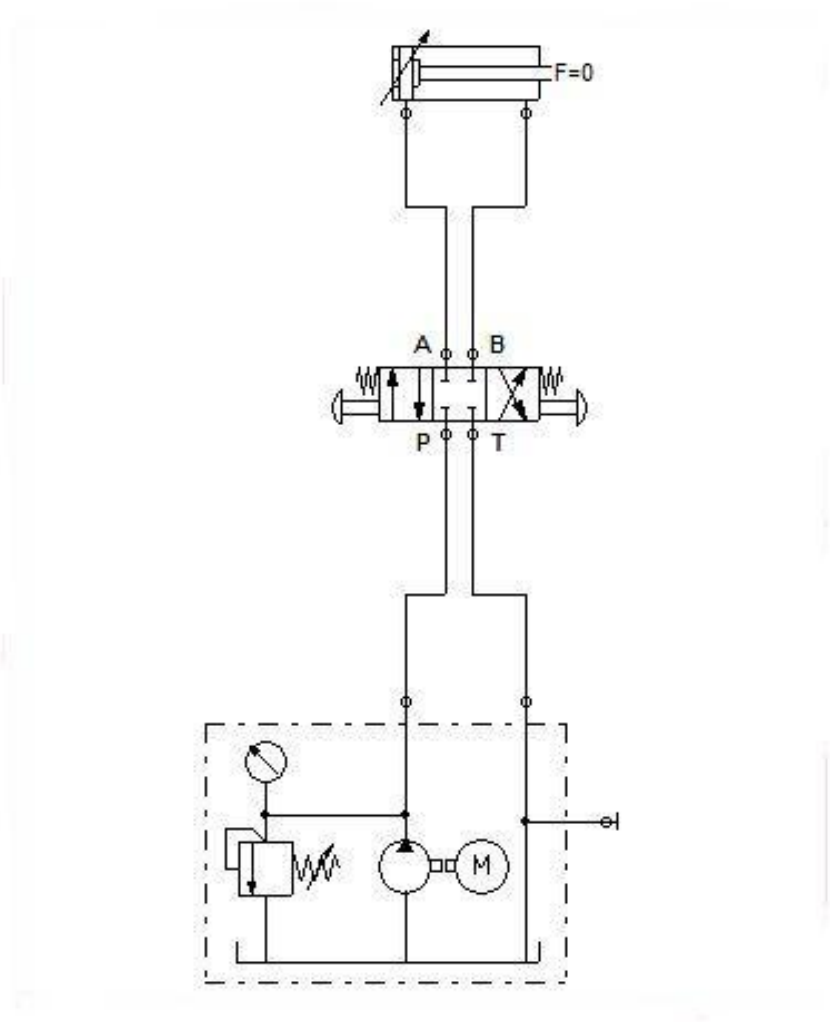
Suolasiilossa tulee olemaan kiintoaineen purkua varten sulkuluukku, jota avaamalla massavirtaus purkaa kiintoainesta ja jota vastaavasti sulkemalla massavirtaus lakkaa. Luukun avaaminen ja sulkeminen käsikäyttöisellä kahvalla on mahdollista tehdä niveliä hyväksikäyttämällä, kuten kuvassa 5 näkyy. Mekanismin liikeratoja on hahmoteltu Microstation V8:aa apuna käyttäen. Sulkukahva ylettyisi siilon rungon ulkopuolelle, joten siilon purkuluukun lähelle ei tarvitsisi mennä. Kuitenkin turvallisuutta ja lihasvoiman säästöä ajatellen kahvamekanismi ei ole hyvä ratkaisu.



Kuva 5. Käsikäyttöinen kahvamekanismi

5.5.2. Hydraulijärjestelmä

Hydrauliset sylinterit on tarkoitettu erilaisiin nosto- ja vetotehtäviin teollisuudessa ja liikkuvan kaluston hydrauliikassa. Hydraulisen sylinterin avulla luukun avaaminen on vaivatonta, koska sillä on helppo aikaansaada suuria voimia. Hydraulisesti tapahtuva luukun toiminta tarvitsee ympärilleen hydraulisen järjestelmän. Hydraulikoneikko tuottaa tarvittavan tehon, joka siirretään letkuja pitkin venttiilien kautta toimilaitteelle, tässä tapauksessa sylinterille. Siilon purkuluukun toimimiseen voidaan rakentaa järjestelmä, jolla saadaan luukku avattua, pysäytettyä haluttuun asentoon ja tietysti suljettua. Tämän tekee mahdolliseksi jousipalautteinen 4/3-suuntaventtiili, joka palautuu keskiasentoon, kuten kuvassa 6 näkyy.

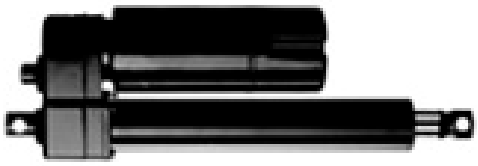


Kuva 6. Hydraulijärjestelmä

5.5.3. Sähköinen karamoottori

Karamoottori on kompakti sähkömekaaninen lineaaritoimilaite. Se on usein hyvä vaihtoehto paineilma- tai hydraulisylinterille. Männän liike syntyy trapetsiruuvin avulla, jota käyttää sähkömoottori planeettavaihteiston avulla. /3/

Karamoottorin etuja ovat sen yksinkertainen rakenne ja trapetsiruuvin kestävä rakenne, joten sillä on helppo tuottaa paljon voimaa: 10 newtonista yli 20 000 newtoniin. Se on hiljainen käytettäessä, eivätkä tarvitse suuria huoltotoimenpiteitä ja valikoima markkinoilla on laaja. Lisäksi karamoottoreihin saa hyvin lisävarusteita, kuten kaukosäätöyksikön, joka helpottaa käyttäjää.



Kuva 7. Esimerkki karamoottorista

5.5.4. Muita ratkaisuja

Purkuluukun liikuttamiseen on mahdollista rakentaa lineaarijohteilla toimiva sähköinen ratkaisu, mutta koska paremmin suojattuja ratkaisuja on olemassa, voidaan lineaarijohteet unohtaa.

5.5.5. Valinta

Käsikäyttöisen kahvamekanismi ei tunnu järkevältä ratkaisulta tällaiseen projektiin. Se on jokseenkin hankala rakentaa kaikkine nivelineen ja tukineen. Turvallisuudeltaankin on olemassa parempia ratkaisuja. Hydraulinen järjestelmäkään ei tunnu kovin hyvältä ratkaisulta tähän projektiin sen huollon tarpeellisuutta ajatellen, eikä se ole helpporakenteisin näistä ratkaisuista.

Lineaarikaramoottori yksinkertaisen rakenteensa ansiosta on paras vaihtoehto. Karamoottorista löytyy tarpeeksi voimaa luukun liikkeisiin ja sen vähäinen huoltotarve miellyttää. Se omaa hyvän suojauksen, joten se kestää suolaa, kosteutta ja kylmyyttä. Sähköä löytyy suolasiilon tulevan sijoituspaikan vierestä. Karamoottorin lisävarusteisiin kuuluu langallinen tai langaton kaukosäätöyksikkö. Turvallisuuden ja helppokäyttöisyyden näkökulmasta ajatellen karamoottori tuntuu olevan paras ratkaisu. Moottoreita on saatavilla monipuolisesti. Moottorin istuttaminen siiloon ja luukkuun käy helposti: luukkulevyyn hitsataan tappi, johon karamoottorin männänvarren päässä oleva korvakko tulee kiinni, ja luukun kauluksen teräsrakenteisiin hitsataan tukitanko, johon karamoottorin toinen pää saadaan kiinnitettyä.(Liite1.)

6. SIILON KOMPONENTIT

Suolasiilo koostuu erilaisista osista, joita kutsutaan komponenteiksi. Alla on otsikoituna käyttämäni komponentit. Näiden komponenttien mukaan ovat myös työpiirustukset nimetty.

6.1. Runko

Runko tulee olemaan putkipalkkirunko, jossa käytetään kahta eri putkipalkkikokoa. Runkoon tulee neljä pystypalkkia, joiden päälle tulee kehikko siilo-osaa ja hoitotasoa varten, sekä pienemmät diagonaaliset palkit ylänurkkiin tukevoittamaan rakennelmaa. Rungon pystypalkkien alapäähän hitsataan kiinni levyt, jotka voidaan haluttaessa ankkuroida hallin betonitasoon. Runkoon käytetään 100 x 100 x 5 -millimetristä RHS-putkipalkkia koneyksikön omasta varastosta. Diagonaalipalkit ovat 60 x 60 x 4 -millimetristä RHS-palkkia.(Liite1.)

Rungon pintakäsittelyyn paras ratkaisu olisi kuumasinkitys, mutta säästösyistä sitä ei voida toteuttaa. Runko hiekkapuhalletaan ja maalataan omissa tiloissa. Maalaus tullaan suorittamaan ruiskumaalauksena. Pohjamaalauksen jälkeen päälle laitetaan kestävä Hempatex Hi-build -maali, jonka sävynä on keltainen RAL1003. Keltainen sävy toimii samalla huomiovärinä. Rungon ollessa keltainen näkyvät runkotolpat hyvin lava-auton peileistä, joten on helppo peruuttaa auto suolasiilon alle tolppien väliin.

6.2. Suppilo-osa

Itse siilo-osa rakennetaan 4-millimetrisestä hapon kestävästä ruostumattomasta teräslevystä (AISI 316, EN-1.4408) ja hitsaussaumat puhdistetaan peittaamalla. Peittausmenetelmänä käytetään sivellyspeittausta, koska se voidaan helposti toteuttaa TEKLI:n koneyksikön tiloissa. Suppilo-osan tilavuus tulee olemaan hieman päälle 4 m^3.

6.3. Portaat, kaiteet ja taso

Siiloon porrasaskelmat ja tason toimittaa Finnritilä Oy. Askelmat ja tasoritilä ovat kuumasinkittyjä. Porrasaskelmien leveys on 600 mm:ä ja askelsyvyys 230 mm:ä. Portaat nousevat n. 2,3 metriin kaltevuuden ollessa noin 45 astetta, jolloin sopivaksi askelkorkeudeksi saadaan 210 mm:ä. /1/.

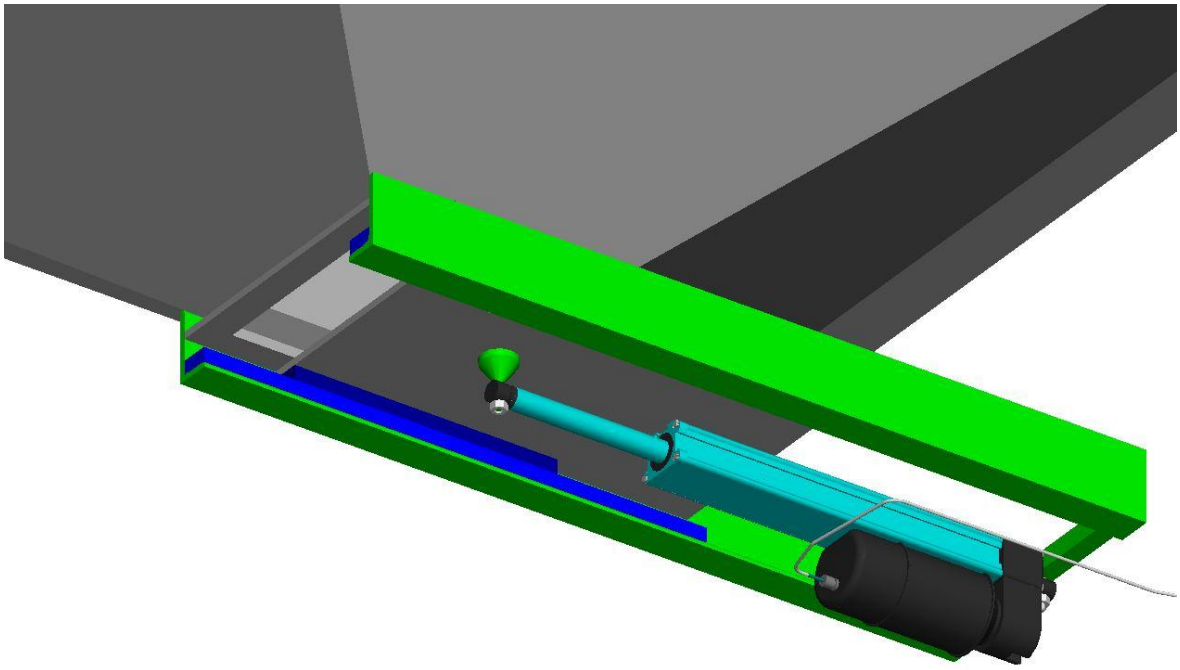
Ensimmäinen porrasaskelma hallin lattiatasosta on 230 mm:n korkeudella ja seuraavalle askelmalle tulee 225 mm:n nousu. Tällä korjataan liian suuri ensimmäisen askelman askelkorkeus ja pysytään määräyksissä. Tästä eteenpäin askelkorko pysyy vakiona hoitotasolle asti. /5/

Kaiteen käsijohde valmistetaan pyöreästä DN32 (42.4 x 2.6mm) putkesta ja putkikäyristä. Kaiteen käsijohtimen alapuolelle hitsataan vaakatasoon putki DN20 (26.9 x 2.3mm), joka toimii välijohteena. Kaiteen pystyputkien alapäässä on kiinnityslevy, jossa on 14-millimetrinen reikä pulttikiinnitystä varten. Kiinnitykset tehdään kuusioruuveilla ja pulteilla (M12). Käsijohteen korko on 1100 mm:ä hoitotason ritilän yläpinnasta.(Liite1.)

Rungon hoitotasokehikkoon kiinnitetään lattatanko jalkalistaksi. Se hitsataan kiinni RHS-kehikon ulkoreunan tasalle. Lattatangon koko on 150 mm:ä korkea ja 6 mm:ä leveä, jolloin sen korkeus on säädösten mukainen. Hoitotason ritilä on Finnritilän toimittama 33x75 / 30x3 liukuturva ritilä, jossa silmäkoko on 33x75 ja kantoteräksen koko on 30x3. Ritilä leikataan haluttuun muotoon ja se kiinnitetään ritiläkiinnittimillä useasta kohdasta.(Liite 1.)

6.4. Syöttöluukku

Luukku tulee olemaan 10-millimetristä RST-levyä (AISI 316, EN-1.4408), joka kulkee siilo-osaan liitettävien kulmarautojen välissä. Luukku vastaa siilossa olevaan kaulukseen, joka on myös tehty 10-millimetrisestä RST-levystä. Luukkuun ja kulmarautoihin kiinnitetään kulutusmuoviset liukukiskot kitkan vähentämiseksi, niin kuin kuvassa 6 näkyy. Liukukiskott ovat helposti vaihdettavissa. Kiskot toimittaa mittapiirustuksien mukaan Vink Finland Oy Oulusta.(Liite1.)



Kuva 8. 3D-havainnekuva syöttöluukusta.

7. TURVALLISUUS

Pyrin suunnittelemaan suolasiilon turvalliseksi käyttää. Etenkin portaat, kaiteet ja taso vaativat erityistä huomiota turvallisuutta ajatellen. Porrasaskelmien tulee olla tietyn askelkorkeuden puitteissa sekä kaltevuus tulee ottaa huomioon tarkasti.

Hoitotason jalkalistat hitsataan teräsrunkoon kiinni. Ne ovat 150 mm korkeat, joten turvallisuusmääräykset täyttyvät (SFS-EN ISO 14122-3). Askelmien ja tason ritilän astumispinta tilataan mallia ”liukuturva”, jolloin liukastumisvaara vähenee.

Kaiteet sekä portaissa että hoitotasolla täyttävät standardimääräykset (SFS-EN ISO 14122-3). Ne ovat korkeudeltaan 1100 millimetriä ja kaidemoduulien pystyputkien välit ovat alle 120 mm. /5/. Kaiteisiin ei tule teräviä kulmia ja hitsaussaumat hiotaan tasaisiksi. Jokaiseen kaiteeseen tulee välijohde.

Luukun toiminnan turvallisuutta ajatellen on paras ratkaisu sijoittaa lineaarisen karamoottorin käyttökytkin mahdollisimman kauas itse luukusta, jotta suola ei pääse tippumaan käyttäjän päälle. Sijoitetaan käyttökytkin teräsrungon pystytolppaan, tolpan ulkoreunalle, jolloin operaattori voi ohjata suolan syöttöä vaivatta.

Suolasiilon runko maalataan kauttaaltaan keltaisella värillä, joka toimii huomiovärinä, jolloin suolaa tarvitsevan lava-auton kuljettajan on helppo peruuttaa etutolppien väliin lavan lastausta varten.

8. LASKUT

Siilon rungolle tehdään lujuuslaskut ja massalaskut. Siilo-osalle tehdään tilavuus- ja massalaskut. Laskentaan käytetään Mathcadia.

8.1. Siilo-osa

Siilon tilavuus

$L_1 := 2.4m$

$L_2 := 2.4m$

$L_3 := 0.45m$

$L_4 := 0.75m$

$A_1 := 0.3m \cdot 0.3m = 0.09m^2$

$A_2 := 2.4m \cdot 2.4m = 5.76m^2$

$X_1 := L_1 \cdot L_2 \cdot L_3 = 2.592m^3$

$X_2 := \frac{L_4}{3} \cdot \left[A_1 + \sqrt{(A_1 \cdot A_2)} + A_2\right] = 1.642m^3$

$V_{siilo} := X_2 + X_1 = 4.234m^3$

Siilon tilavuudeksi tulee 4.234 kuutiometriä. Suolaa siiloon voidaan laittaa hieman enemmän kuin 4.23 kuutiota, koska keskiosassa siiloa suola pysyy kitkan ansiosta ”kukkuralla”. Olkoon täyteen lastatun siilon suolamäärä 4.5 m^3.

Suolan massa siilossa

$V_{siilo2} := 4.5m^3$

$\rho_1 := 1200\frac{kg}{m^3}$

$M_{suola} := \rho_1 \cdot V_{siilo} = 5081.4\,kg$

$M_{suola2} := \rho_1 \cdot V_{siilo2} = 5400\,kg$

Irtosuolan tiheys on n. 1200 kg/m^3. Suolan ollessa siilon yläpinnan tasalla, saadaan suolan massaksi 5081.4 kg. Ottaen huomioon täyteen lastatun siilon tilavuuden, saadaan suolamäärän massaksi n.5400 kg.

Siilo-osan omamassan lähtötiedot

$\rho_2 := 8000 \frac{kg}{m^3}$

$l := 2.4\,m$

$h := 1.29\,m + 0.1843\,m = 1.474\,m$

$s := 0.004\,m$

$l_2 := 0.3\,m$

$h_2 := 0.1843\,m$

$a := 0.45\,m$

$b := 2.4\,m$

Siilon suppilo

$V_{kolmio} := \frac{l \cdot h}{2} \cdot s - \left(\frac{l_2 \cdot h_2}{2} \cdot s \right) = 0.007\,m^3$

$M_{kolmio} := V_{kolmio} \cdot \rho_2 = 55.728\,kg$

$M_{kolmiot.yht} := M_{kolmio} \cdot 4 = 222.914\,kg$

Siilon pystyseinät

$V_{seinä} := a \cdot b \cdot s = 0.004\,m^3$

$M_{seinä} := V_{seinä} \cdot \rho_2 = 34.56\,kg$

$M_{seinät.yht} := M_{seinä} \cdot 4 = 138.24\,kg$

Luukun tarpeet

$kr := 8.99\frac{kg}{m}$

$M_{kaulus} := (0.38m \cdot 0.728m \cdot 0.01m - 0.3m \cdot 0.3m \cdot 0.01m) \cdot p_2 = 14.931kg$

$M_{kisko} := 0.5kg$

$M_{levy} := 0.38m \cdot 0.38m \cdot 0.01m \cdot p_2 = 11.552kg$

$M_{kr} := kr \cdot (0.728m \cdot 2) = 13.089kg$

$M_{luukku} := M_{levy} + M_{kaulus} + M_{kr} = 39.573kg$

Ruostumattomien osien massa yhteensä:

$M_{yht} := M_{kolmiot.yht} + M_{seinät.yht} + M_{luukku} + M_{kisko} + M_{kiinnityskaulus} = 499.227kg$

Suola ja ruostumattomat osat yhteensä:

$M_{kok} := M_{suola2} + M_{yht} = 5899.227kg$

Suolaa täynnä olevan siilon massaksi saadaan n. 5900 kg. Ottaen huomioon, että rungon täytyy kannatella työtason ritilät, kaiteet, luukun avausmekanismin ja työskentelevän henkilön työtasolla. Kokonaismassaksi saadaan n. 6300 kg. Tällä arvolla voidaan laskea runkoon tarvittavien palkkien mitoitus.

Koska käytetään koneyksikön omasta varastosta löytyvää 100 x 100 x 5-millimetristä RHS-putkipalkkia, lasketaan pystytolppien nurjahdus niille Eulerin kaavan mukaan.

$$F := \mu \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2} \qquad (1)$$

missä

$E := 21000\frac{kN}{cm^2}$ $\quad I := 265.95cm^4$ $\quad L := \frac{220.5cm}{2} = 110.25cm$ $\quad \mu := 4$

joten, $F := \mu \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2} = 18139.35kN$

100 x 100 x 5 RHS-palkki kestää nurjahdukseltaan suurta massaa, joten rakenne on nurjahduksen suhteen todellakin stabiili.

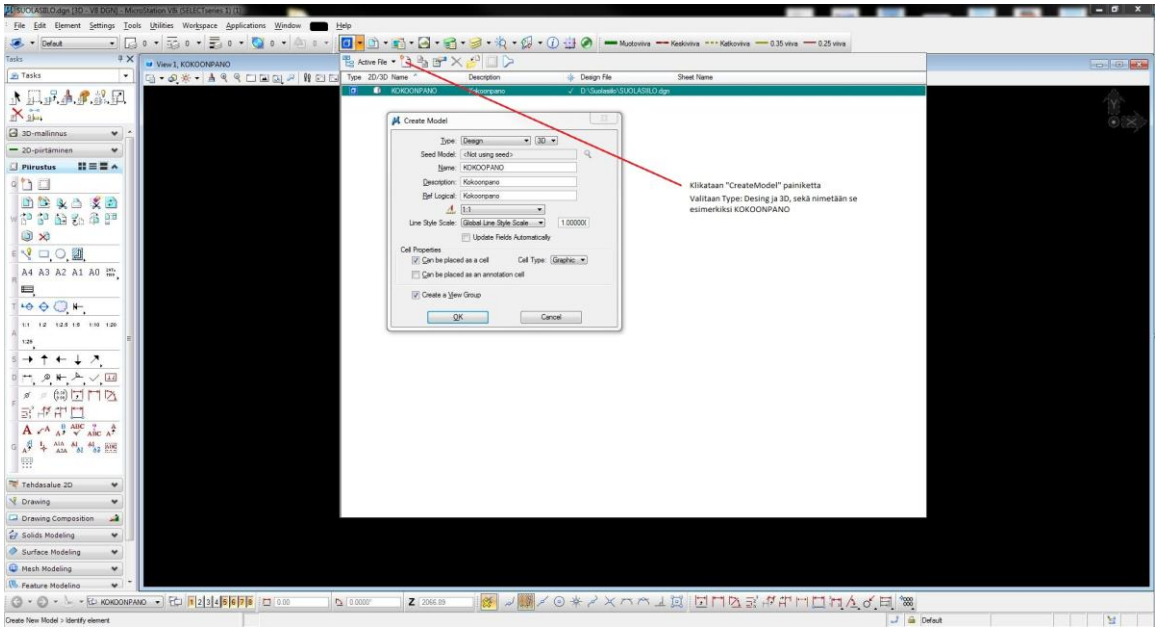
9. MICROSTATION LEHTIPERIAATE

Microstation V8i-suunnitteluohjelmalla mallia ja työkuvia tehtäessä on järkevää käyttää niin sanottua lehtiperiaatetta, jossa täydellinen kokoonpanomalli rakennetaan komponenttien omista ”modeleista” eli osamalleista.

9.1. Malli ja osamallit

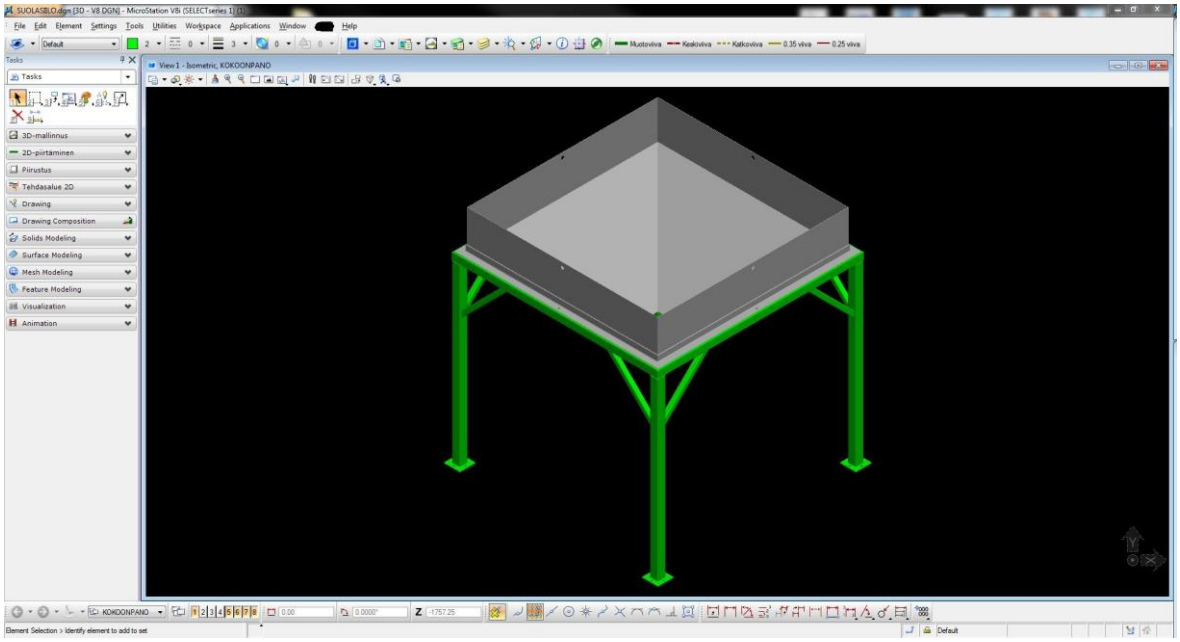
Kokoonpanomalli rakentuu kaikkien komponenttien omista malleista. Suhteellisen yksinkertaisissa rakennelmissa voidaan kaikki mallit ja työkuvat tehdä yhden ja saman tiedoston sisällä. Kun täydellinen paketti on saatu valmiiksi, on kokoonpanomallista helppo tarkistaa, mikä osamalli on kyseessä viemällä hiiren kursori osan päälle. Tätä periaatetta käytettäessä on helppo tehdä mahdollisia revisiomuutoksia malliin, koska ne päivittyvät suoraan työkuviin.

Seuraavaksi tarkemmat ohjeet:
Avataan Microstation ja luodaan uusi mallitiedosto, olkoon se tässä esimerkissä Suolasiilo.dgn.



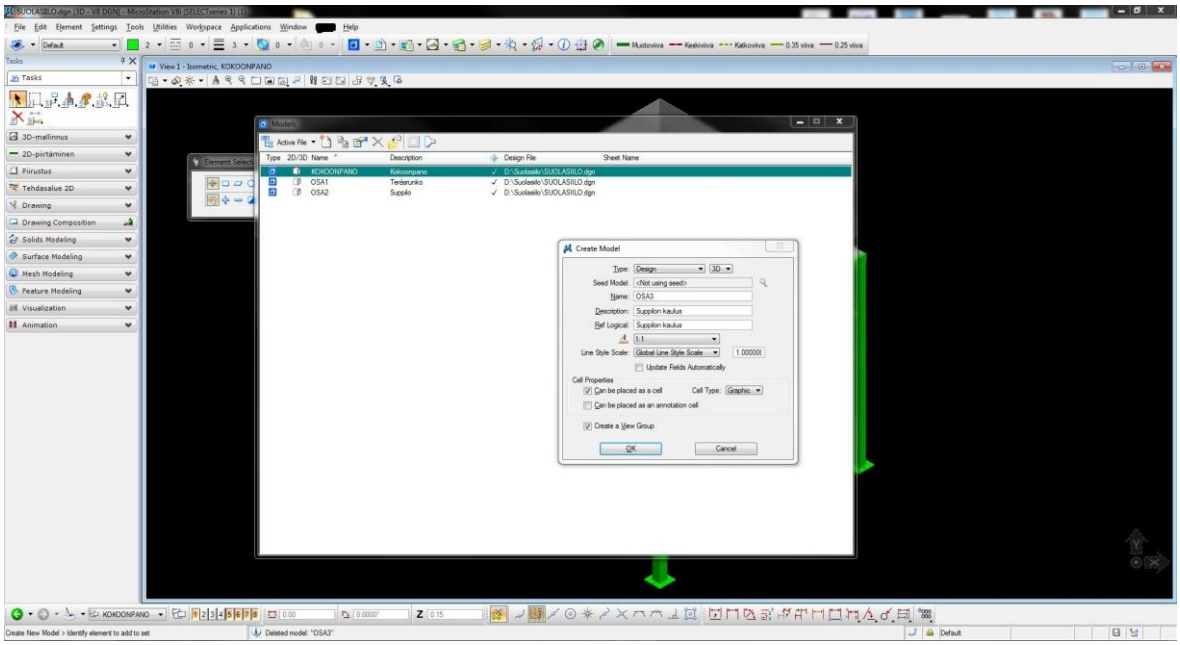
Lehtiperiaate 1. Luodaan Kokoonpanomalli

Kokoonpanomalli luodaan Models-valikoista kohdasta Create Model. Annetaan sille nimeksi KOKOONPANO.



Lehtiperiaate 2. Kokoonpano malli luotu.

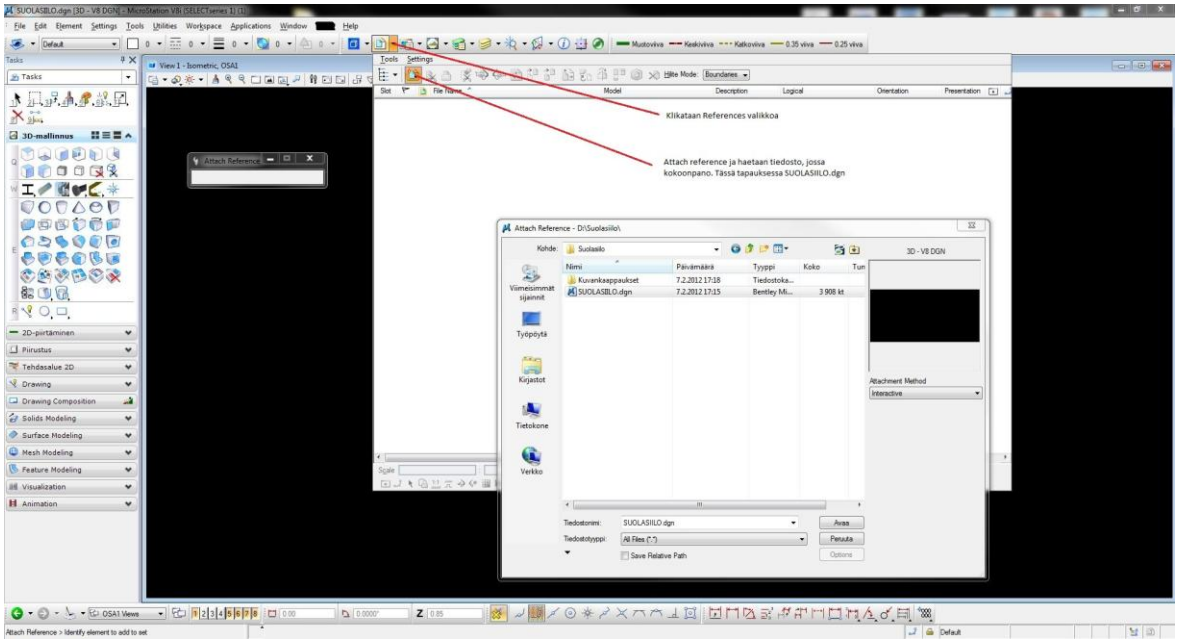
Kun haluttu kokoonpanomalli on saatu tehtyä, voidaan se pilkkoa osamalleihin samalla tapaa kuin luotiin kokoonpanomalli. Tässä esimerkissä luodaan kolme osamallia.



Lehtiperiaate 3. Osamallien nimeäminen.

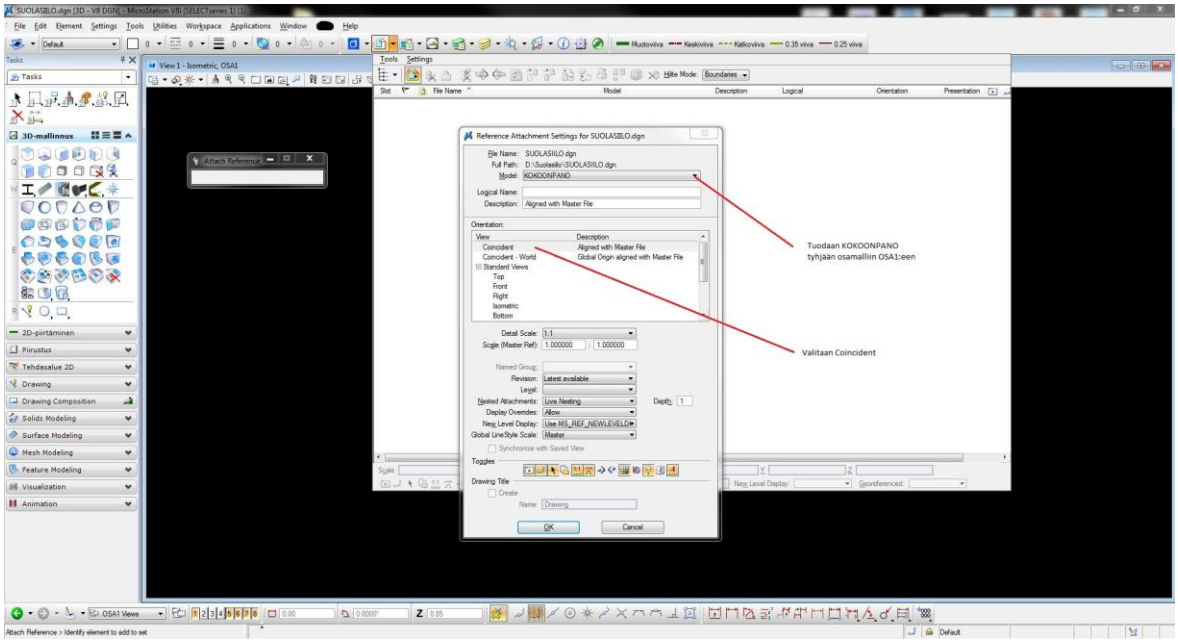
Osat nimetään haluamallaan tavalla. Tässä ne ovat nimettynä OSA1, OSA2 ja OSA3. Lisäksi kunkin osan Description sekä Ref. Logical -kohtaan on kirjoitettu osien nimet helpottamaan osan tunnistusta kokoonpanomallista.

Varsinainen osamalleihin pilkkominen tapahtuu kokoonpanomallia hyväksikäyttäen. Avataan Models-valikoista haluttu osa auki ja tuodaan kokoonpanomalli referenssinä siihen.



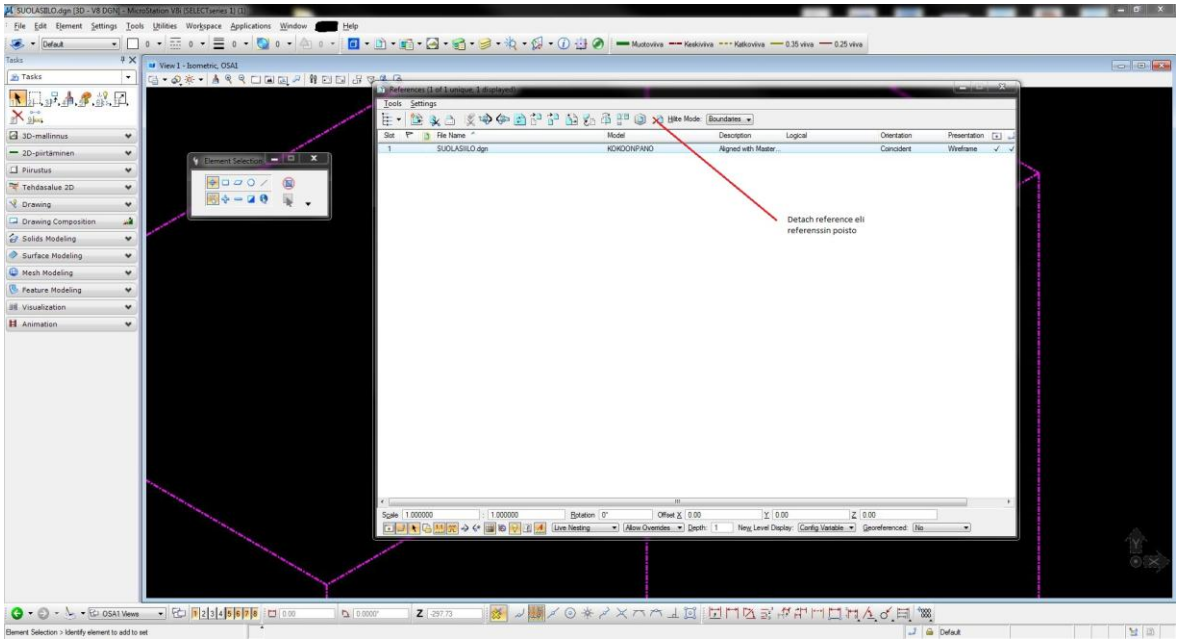
Lehtiperiaate 4. Referenssin tuominen

Referenssiä tuodessa Microstation kysyy haluttuja asetuksia. Laita Orientation kohtaan Coincident, jotta malli säilyy samassa kohtaa 3D-maailmassa. Tässä tapauksessa oltiin tuomassa kokoonpanomallia, joten valitaan siis se Models-alasvetovalikosta ja säädetään muut asetukset, kuten Lehtiperiaate 5:ssa näkyy.



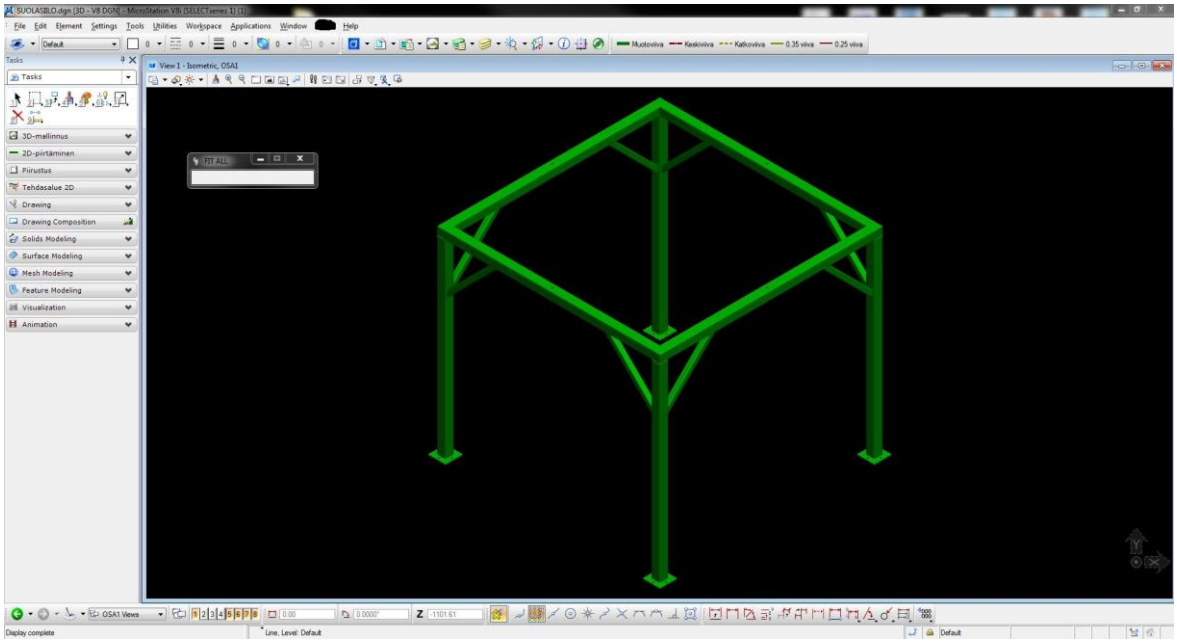
Lehtiperiaate 5. Referenssin asetukset

Asetuksien jälkeen osamallissa näkyy kokonainen kokoonpanomalli, joka alussa luotiin. Nyt siitä kopioidaan tavallisella kopiointikäskyllä vain kyseessä olevaan osamalliin kuuluvat tiedot. Tässä esimerkissä ne ovat kaikki teräsrungon kappaleet, jotka näkyvät vihreällä värillä. Muista kopioida tiedot sijainniltaan samaan kohtaan Snap-toimintoa käyttäen! Kopioinnin jälkeen kokoonpano-referenssi poistetaan, jolloin osaan 1 jäävät vain kopioidut tiedot.



Lehtiperiaate 6. Referenssin poisto.

Nyt osamallissa näkyy vain siinä halutut tiedot, kuten Lehtiperiaate 7:ssa näkyy.

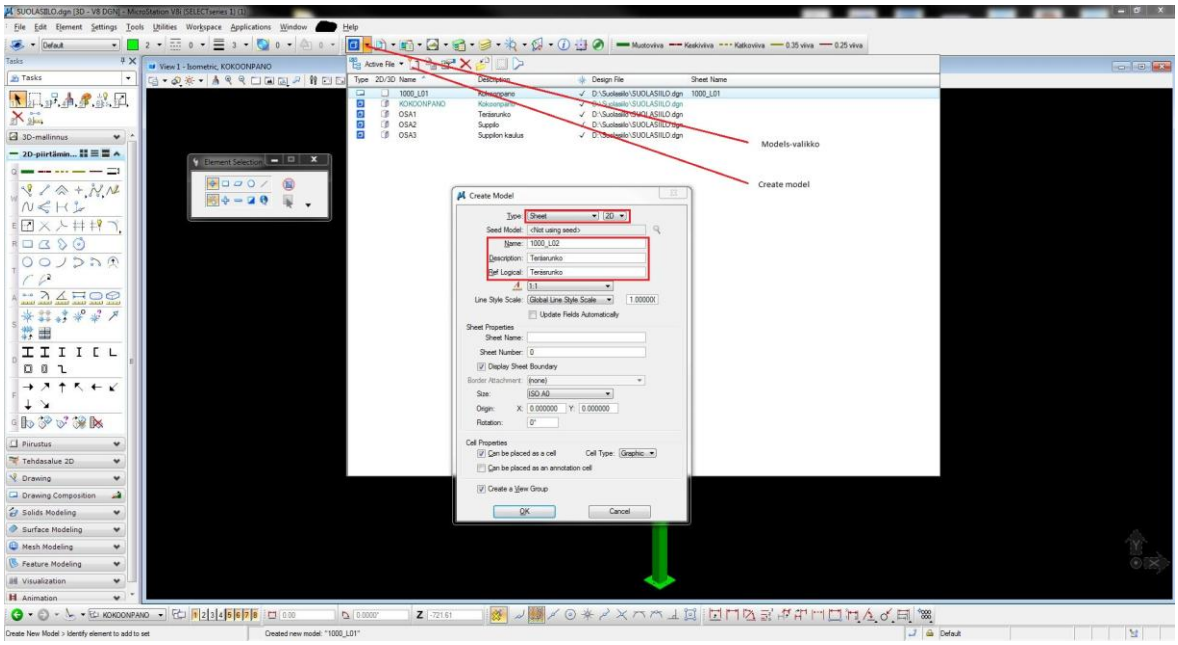


Lehtiperiaate 7. OSA1, halutut tiedot.

Kun kaikki osamallit on tehty samalla tavalla, avataan Models-valikosta kokoonpanomalli ja poistetaan siitä kaikki osamalleissa olevat tiedot. Tässä esimerkissä voidaan poistaa kaikki tieto. Kokoonpanomallin pitäisi siis olla täysin tyhjä. Tämän jälkeen tuodaan referensseinä jokainen osamalli kokoonpanomalliin, jolloin kokoonpanomalli rakentuu erillisistä osamalleista.

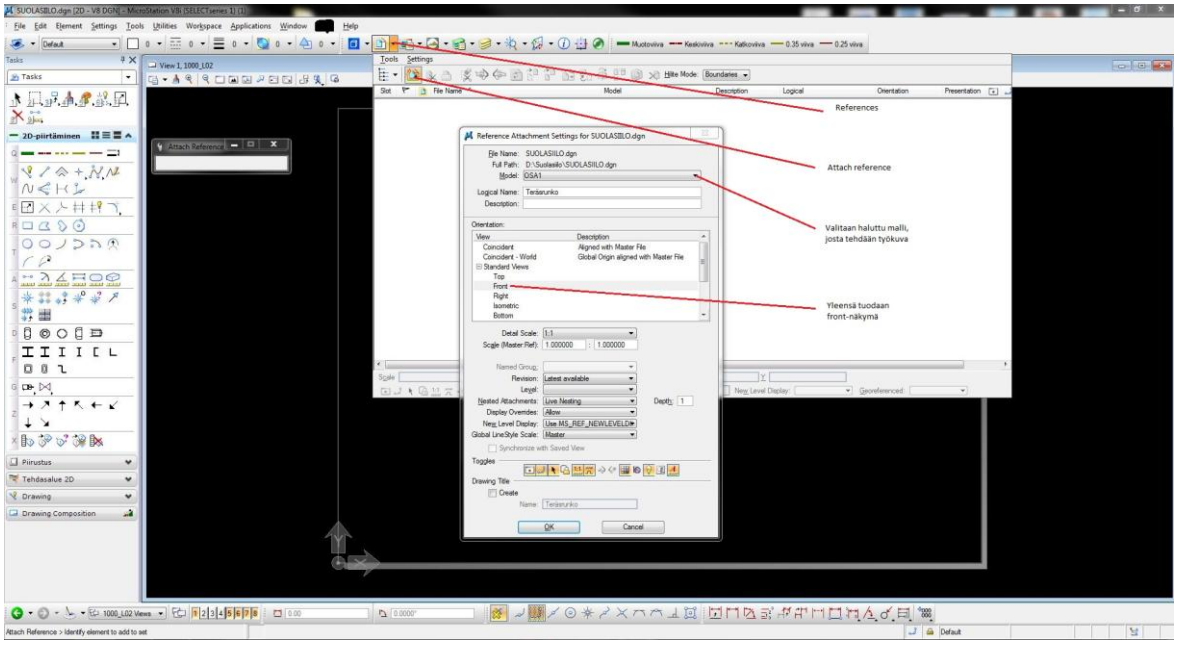
9.2. Työkuvien teko

Työkuvien tekeminen on yksinkertaista, kun on tehty tarvittavat osamallit. Se noudattaa samanlaista tapaa kuin osamallien luominen. Ensimmäisenä luodaan tarvittavat työkuvat Models-valikkoon. Valitaan asetuksista Type: Sheet ja 2D. Nimetään ne mahdollisilla piirustusnumeroilla, joiden perään laitetaan lehden numero eli 1000_L01, 1000_L02, jne. Tässä tapauksessa L01 eli lehti1 on kokoonpanon työkuva ja 1000_L02 teräsrungon työkuva ja niin edelleen.



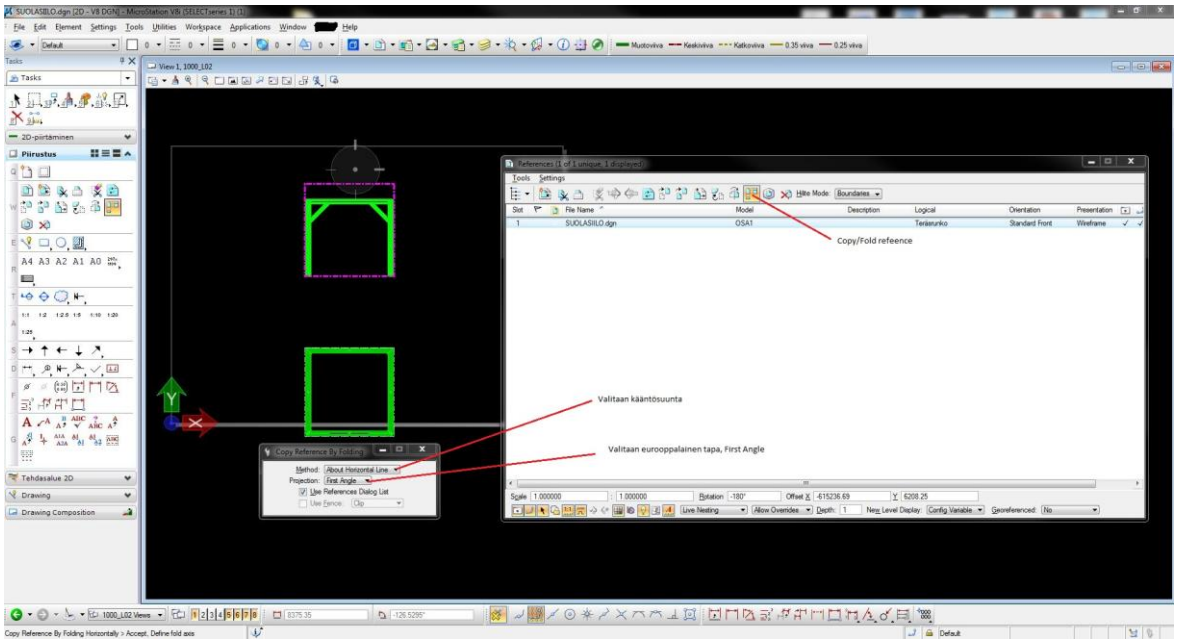
Lehtiperiaate 8. Lehtien asetukset.

Kun lehdet on tehty, voidaan tuoda jokaiselle lehdelle niille kuuluvat mallit referenssinä. Yleensä tuodaan front-näkymä ensimmäisenä, josta saadaan helposti käännettyä tarvittavat kuvainnot.



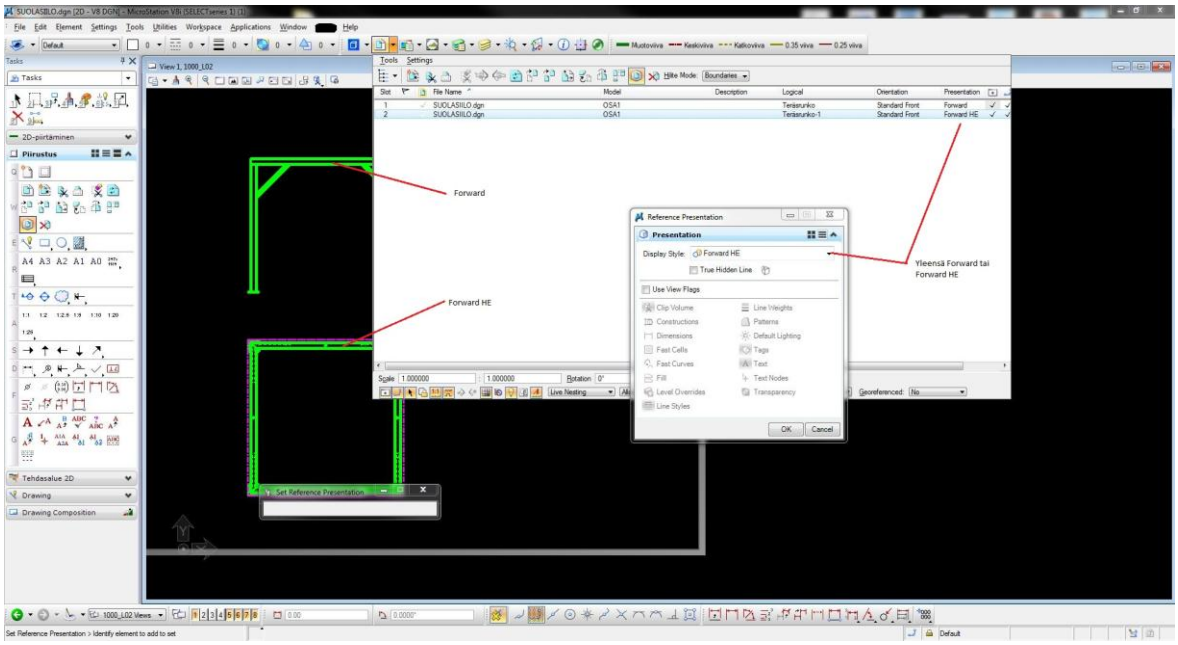
Lehtiperiaate 9. Osamallin tuominen lehdelle.

Front-näkymän jälkeen käännetään tarvittavat kuvannot näkyviin Copy/Fold reference -toiminnolla ja valitaan haluttu kääntösuunta Front-näkymästä katsoen. Lisäksi valitaan First Angle eurooppalaiseen tapaan.



Lehtiperiaate 10. Kuvantojen asettaminen.

Samalla kun kuvannot asetetaan sopiviksi, voidaan tuoda haluttu piirustuspohja Cell-muotona tai omana referenssinään, riippuen siitä miten ne ovat tehty. Kuvantojen viivatyypit vaihdetaan halutuiksi klikkaamalla Reference Presentation -valikkoa. Viivatyypit täytyy olla asennettuna valmiiksi halutuin ehdoin. Tässä esimerkissä on käytetty Forward ja Forward HE -tyyppejä, joiden asetukset ovat määritetty valmiiksi. Forward ei näytä piiloviivoja ja Forward HE:ssä ne näkyvät.



Lehtiperiaate 11. Viivatyypit.

Kun kaikki lehdet ovat saatu valmiiksi ja mitoitettu, otsikkotaulut täytetty ja muut tarvittavat asiat tehty, voidaan huokaista. Seuraavan kerran kuvien muuttaminen on helppoa, koska lehtiperiaatteen vuoksi malliin tehdyt muutokset päivittyvät heti työkuviin. Tästä on hyötyä etenkin, jos joku toinen henkilö joutuu tekemään revisiota ja kun kaikki tieto on yhden tiedoston sisällä, on arkistointi helppoa. Jos halutaan liittää jokin kokoonpanomalli suurempaan kokonaisuuteen, onnistuu sekin mainiosti. Täytyy vain muistaa mallia tuodessa laittaa syvyyttä eli depthiä isommaksi, jotta referenssien sisällä olevat toiset referenssit tulevat näkyviin tuonnin jälkeen.

10. KUSTANNUSARVIO

Taulukkoon on kerätty eri materiaalien massat tai metrit ja niiden hinnat, joiden mukaan määräytyy kokonaishinta. Kummatkin putket on laskettu metreinä ja loput rakennemateriaalit ovat kilogrammoina. Massat ja metrit on laskettu työpiirustuksista. (Liite 1).

Hinnat ovat pelkästään arvioita. Taulukkoon ei otettu mukaan rungon putkipalkkeja, koska niitä on saatavilla koneyksikön omasta varastosta. Myöskään pintamaalia, työnhintaa eikä hitsauksen lisäaineita otettu taulukkoon mukaan.

Taulukko 1. Kustannusarvio materiaaleille.

Materiaali	**Määrä kg tai m**	**€/kg tai m**	**Hinta €**
U160	129,2	1,5	193,8
Putki DN32	23,2	3,9	90,5
Putki DN20	10,7	3	32,1
Latta 6x150	4,82	1,52	7,3
Levy 10mm	16	1,5	24,0
Levy 6mm	4,8	1,5	7,2
Levy 4mm (RST)	466	4	1864,0
Levy 10mm (RST)	32,7	4	130,8
L-teräs (RST)	11,3	60	678,0
	Määrä kpl	**kpl-hinta**	
Karamoottori	1	300	300
Askelmat ja taso	1	150	150
Ruuvit ja mutterit	1	50	50
Liukupalat	1	50	50
		Yhteensä €	3577,7

11. KUNNOSSAPITO JA HUOLTO

Oikeanlaisella kunnossapidolla ja huollolla varmistetaan suolasiilon luotettava toiminta. Käyttäjän on syytä tarkkailla siiloa ja sen komponentteja. Jokainen huolto ja/tai korjaus tulee merkitä huoltovihkoon sekä merkitä päiväys ja toimenpiteen suorittaja. Karamoottorin sähköt on katkaistava aina huoltojen ajaksi ja ajalle, jolloin siiloa ei pitkään aikaan käytetä. Lisäksi on muistettava opastaa uusille käyttäjille siilon toiminta. Kaikista ongelmista on raportoitava Koneyksikön korjaamon työnjohtoon.

11.1. Kuukausittainen kunnossapito

- Puhdista luukun liukupinnat ja tarkista kunto.
- Tarkista teräsrakenteiden pulttien kireys ja tarvittaessa kiristys.
- Tarkista lineaarikaramootorin kiinnitys.
- Suorita yleinen visuaalinen tarkistus ja puhdistus.

Kuukausittainen kunnossapito on ikään kuin ennakoivaa kunnossapitoa, jolla taataan siilon luotettava toiminta. Tarkistuksien ja puhdistuksen aikana voidaan havaita epäkohtia, joihin on helppo puuttua. Kuukausittainen tarkkailu ehkäisee siilon rappeutumista.

11.2. Vuosittainen huolto

- Suppilon ollessa tyhjänä on tarkistettava hitsaussaumojen kunto ja tehtävä perusteellinen puhdistus koko suolasiilolle. Tarvittaessa hitsaussaumat peitataan uudelleen.
- Tarvittaessa luukun liukupalat tulee vaihtaa.
- Suorita rungon paikkamaalaus kolhituista kohdista ja tee korroosiokorjaukset.

Vuosittaisen huollon aikana tarkistetaan siilon kunto tarkemmin ja tehdään mahdolliset parannusmuutokset ja korjaukset. Siilo tulee olla tyhjänä huollon aikana, jolloin suppilon tarkastaminen on mahdollista.

12. YHTEENVETO

Työssä sain toteuttaa itseäni teräsrakennesuunnittelijana ja mekaniikkasuunnittelijana joka työelämää ajatellen on hyvä asia. Suolasiiloa suunnitellessa tutustuin porras- ja kaidestandardeihin sekä turvallisuusseikkoihin. Siilolle olisi ollut mahdollista hankkia CE-merkintä, mutta se jätettiin aikataulun puitteissa pois.

Opinnäytetyön tekeminen oli tutkivaa ja erilaisten mahdollisuuksien määrittämistä parhaan lopputuloksen kannalta. Kaiken kaikkiaan työ oli mielestäni onnistunut näin suunnittelun kannalta. Suolasiilo pitäisi olla työpiirustusten mukaan helppo valmistaa koneyksikössä ilman ulkopuolisia tekijöitä. Mahdollinen ongelma voi olla syöttöluukun tiiveydessä ja luistavuudessa. Luukun toimintaa on tulevaisuudessa mahdollista jatkojalostaa, kunhan ensin näkee sen käytössä.

Alussa suunnittelutyö tuntui helpohkolta aiheelta, mutta todellisuus muuta. Työn määrä oli suurempi kuin alussa kuvittelin.

13. LÄHDELUETTELO

/1/ Finnrasti Oy, [WWW-dokumentti],
<http://www.finnrasti.fi/default.asp?ID=RAKA-TRAPPOR2&sLang=fi-fi> 13.3.2012

/2/ Oulun tekninen liikelaitos, toimintakertomus 2010.

/3/ Oy Mekanex Ab, [WWW-dokumentti]
<http://www.mekanex.se/produkter/linjar/fi-elektriska_stalldon.shtml> 24.4.2012

/4/ Rakentajan kalenteri, Rakennustieto Oy, 1997.

/5/ SFS-käsikirja 101-14 Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 3: Portaat, porrastikkaat ja suojakaiteet. Suomen Standardoimisliitto, 2001.

/6/ Tuotetieteen lähestymistapoja, [WWW-dokumentti],
< http://www2.uiah.fi/projekti/metodi/023.htm#types> 17.4.2012

14. LIITELUETTELO

Liite 1 Suolasiilon työpiirustukset