

Tehdassuunnittelun dokumentoinnin selkeyttäminen

Martti Kajander

Opinnäytetyö

Toukokuu 2016

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), paperikoneteknologian koulutusohjelma

Suunnittelu

Tekijä(t) Kajander, Martti	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 30.5.2016
	Sivumäärä 35+5	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus 2026	Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Tehdassuunnittelun dokumentoinnin selkeytys		
Tutkinto-ohjelma Paperikoneteknologian koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Antti Henell Petri Luosma		
Toimeksiantaja(t) OKMS- Consulting Oy		
Tiivistelmä <p>3D-tehdassuunnittelua on tehty jo yli 15 vuotta, mutta sen dokumentoinnissa on edelleen puutteita, jotka hankaloittavat asennusvalvojan työtä. Hankaluuksista johtuen tehtaiden pystytysprojektit viivästyivät ja täten tuottivat lisäkustannuksia. Toimeksiantaja halusi selvittää mitä muutoksia dokumentointiin tulisi tehdä, että siitä tulisi riittävän selkeä niin, että välttyttäisiin turhilta vastoinkäymisiltä asennusvaiheessa. Tavoitteena oli saada ammattilaisten mielipiteistä kasattua tietopaketti, josta selviävät dokumentoinnin parannusehdotukset.</p> <p>Tutkimus toteutettiin haastattelemalla suunnitteluinsinöörejä, joilla on kokemusta myös asennusvalvojan työtehtävistä. Haastattelut olivat Strukturoimattomia haastatteluja mikä tarkoittaa sitä, että haastattelu tapahtui kasvotusten ja se eteni ilman valmista kyselykaavaketta vapaasti keskustellen aiheesta.</p> <p>Tulokseksi sain listan parannuskohteista, joilla saa helpotettua ja selkeytettyä asennusvalvojan työtä ongelmatilanteissa. Tämän lisäksi raportin osuudessa on 3D-tehdassuunnittelun tietopaketti, jota toimeksiantaja pystyy myös hyödyntämään.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Tehdassuunnittelu, laitossuunnittelu, putkistosuunnittelu, prosessisuunnittelu, suunnittelu, kannakointi, 3D-mallinnus, asennusvalvonta		
Muut tiedot		

Author(s) Kajander, Martti	Type of publication Bachelor's thesis	Date 30.5.2016 Language of publication: Finnish
	Number of pages 35+5	Permission for web publication: x
Title of publication Rationalizing of plant design documentation		
Degree programme Degree Programme in Paper Machine Technology		
Supervisor(s) Henell, Antti Luosma, Petri		
Assigned by OKMS- Consulting Oy		
<p>Description</p> <p>3D plant design has been done for over 15 years, but documenting it is still incomplete, which complicates the work of the installation supervisor. Because of the complications in the erection of the mills, projects were delayed and there for produced additional cost. The assignor wanted to learn what changes should be made in documenting so that it is sufficiently clear to avoid unnecessary setbacks during installation. The aim was to collect the experience of professionals to complete an information pack, to illustrate the proposed improvements in the documentation process.</p> <p>The study was conducted by interviewing design engineers with experience in supervising the installations. The interviews were unstructured interviews, which means that the interview took place face to face, and it proceeded without preparing questionnaires, discussing the subject freely.</p> <p>As a result I got a list of targets for improvement, which may ease and facilitate the work of the installation supervisor in problem situations. The report includes a 3D plant design information package, which the client is also able to use.</p>		
Keywords/tags (+) Plant designing, pipe designing, process designing, designing, pipe supporting, 3D - modeling, installation supervision		
Miscellaneous		

Sisällys

1	JOHDANTO	4
2	RAKENNUSSUUNNITTELU	5
3	PROSESSISUUNNITTELU	5
	3.1 PROSESSIKAAVIO	6
	3.2 STANDARDIT	6
	3.2.1 Paineluokitus	6
	3.2.2 Putkiston materiaalit	7
	3.2.3 Putkiluokat	8
4	LAYOUTSUUNNITTELU	8
	4.1 SUUNNITTELUN PERIAATTEET	8
	4.2 KORKEUSEROJEN HYÖDYNTÄMINEN	9
	4.3 LUOKSEPÄÄSYN VAATIVAT KOHTEET	11
5	PUTKISILLAT	11
	5.1 PUTKISILTASUUNNITTELU	12
	5.2 PUTKISTON SIOITTELU PUTKISILLALLE	14
	5.3 PUTKISTOSUUNNITTELU	14
6	KANNAKOINTI	14
	6.1 KANNAKKEET	15
	6.1.1 Kannakointitavat	15
	6.1.2 Primäärikannakkeet	15
	6.1.3 Ohjaukset	16
	6.1.4 Kiintopisteet	18
	6.2 KANNAKOINTIVÄLIT	19
	6.3 LÄMPÖLAAJENEMISEN KOMPENSOINTI	20
7	HOITO- JA KULKUTASOT	21
	7.1 STANDARDIN SUOSITUKSET	21
	7.2 SUOJAKAITEET	22
	7.3 PORTAAT	22

	2
7.4 KIINTEÄT TIKKAAT	23
8 SUUNNITTELUN DOKUMENTOINTI.....	23
8.1 RAKENNUSTEHTÄVÄPIIRUSTUKSET	23
8.2 TASO- JA LEIKKAUSPIIRUSTUKSET	23
8.3 ISOMETRIT.....	24
8.4 LUETTELOT	24
8.5 KATSELUMALLIT.....	25
9 ASENNUSVALVONTA	25
9.1 SUUNNITTELUN VAIKUTUS ASENNUSVALVONTAAN	25
9.2 URAKOITSIJAN VALINNAN MERKITYS.....	26
10 DOKUMENTOINNIN SELKEYTTÄMINEN	26
10.1 ONGELMA	26
10.2 HAASTATTELUT.....	27
10.3 KEHITYSKOhteet	28
10.4 JOHTOPÄÄTÖKSET	29
11 POHDINTA.....	31
LÄHTEET	32
LIITTEET	34
Liite 1 putki-isometri (Salattu 01.6.2026 asti)	34
Liite 2 leikkauspiirustus (Salattu 01.6.2026 asti).....	35
Liite 3 valokuva liite 2:n leikkauspiirustuksen pilarivälistä (Salattu 01.6.2026 asti)....	36
Liite 4 valokuva liite 2:n leikkauspiirustuksen pilarivälistä (Salattu 01.6.2026 asti)....	37
Liite 5 rakennustehtäväpiirustus (Salattu 01.6.2026 asti).....	38

Kuviot

Kuvio 1. Korkeuserot	10
Kuvio 2. Putkisilta	12
Kuvio 3. Lock-in- tyyppinen putkisiltarakenne	13
Kuvio 4. Suositeltava putkisiltarakenne	13
Kuvio 5. Kevyt kynsiohjain.....	16
Kuvio 6. Raskas kynsiohjain.....	17
Kuvio 7. Ohjain, tyyppi A.	17
Kuvio 8. Ohjain, tyyppi B.	17
Kuvio 9. Kiintopistekannatin.	18
Kuvio 10. Estopala, tyyppi A.....	18
Kuvio 11. Estopala, tyyppi B.	19
Kuvio 12. U- mutka.....	20
Kuvio 13. U- mutka.....	20
Kuvio 14. Z- mutka.....	21

1 Johdanto

Nykyaikana kustannustehokkuus on tärkeää. Joka puolella eri aloilla etsitään jatkuvasti lisää mahdollisuuksia kustannusten säästämiseen. Tämä ilmiö on selvästi esillä myös teollisuudessa, jossa automatisoinnilla pienennetään palkkakuluja ja tämän seurauksena irtisanomisista uutisoidaan vähän väliä.

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli OKMS- Consulting Oy, joka tekee alihankintana teollisuuden suunnittelutöitä sekä asennusvalvontaa.

Vaikka 3D-tehdassuunnittelua on jo tehty yli 10 vuoden ajan on sen dokumentoinnissa edelleen puutteita. Opinnäytetyössä tuli selvittää parannusmahdollisuuksia suunnittelun dokumentointiin olisi mahdollista tehdä. Toimeksiantajalle dokumentoinnin puutteellisuudet ovat tuttuja ja ne ovat yleisiä joka puolella maailmaa. Nämä puutteet tuottavat ongelmia asennusvaiheessa ja hankaloittavat asennusvalvojan työtä. Ongelmat pitkittävät tehtaan pystytysprojektiä ja tuovat lisäkustannuksia.

Opinnäytetyössä tutkin suunnittelun dokumentoinnin puutteita ja parantamisen tarpeita haastatteleamalla asiantuntijoita. Näin sain ajankohtaista ja luotettavaa tietoa todellisista tarpeista työmaalla. Haastattelin viittä asiantuntijaa vapaamuotoisesti kasvotusten. Siten voin kysyä tarkentavia kysymyksiä ja saada kattavampia vastauksia. Kirjallisessa osuudessa käytin lähteinä PSK- ja SFS standardeja sekä tekniikan alan kirjallisuutta.

Opinnäytetyö rajattiin putkistosuunnittelun dokumentoinnin tutkimiseen, joka on tehdassuunnittelun suurin osa-alue. Raportin osuudessa kerrotaan putkistosuunnittelusta ja hieman asennusvalvonnasta.

Toimeksiantaja on yhden henkilön työllistävä konsulttiryitys. Yrityksen osoite on Kouvolassa, mutta toimeksiantaja tekee töitä siellä mistä sitä on.

Yhteistyökumppaneina on toiminut muunmuassa Valmet, Andritz ja Forster Wheeler. Myös pienempiä suunnittelutoimistoja on ollut yhteistyökumppaneina. Suunnittelu- ja asennusvalvontatyötä toimeksiantaja tekee ympäri maailmaa.

2 Rakennussuunnittelu

Rakennussuunnittelu tehdään yleensä aiemmin, kuin mekaaninen ja putkistotuunnittelu, koska rakennustyöt aloitetaan ennen muiden suunnittelunalojen valmistuksen alkua. Rakennussuunnittelun lähtötiedot rakennussuunnittelija saa laitossuunnittelijalta. Laitossuunnittelija antaa alustavat tiedot, kuten rakennuksen kuormitukset ja päämitat. Päämittoihin lukeutuu tasokorkeudet, pilarivälit ja aukkojen sijainnit. Laitossuunnittelussa mallinnetaan alustava rakennus, jota päivitetään vastaamaan rakennussuunnittelijan piirustuksia tai mallia. (Pere 2012, 14-39.)

3 Prosessisuunnittelu

Prosessisuunnittelua tehdään osittain jo esisuunnitteluvaiheessa. Se toimii muun suunnittelun lähtökohtana. Toteutusvaiheen prosessisuunnittelu voidaan aloittaa päälaitteiden hankinnan jälkeen, jolloin tiedetään tarvittavat tiedot lopullisen virtauskaavion tekemiseen. Prosessisuunnittelussa tuotettava prosessikaavio on layoutin lisäksi tärkein lähtötieto putkistosuunnittelijalle. (Pere 2012, 14-37.)

Prosessisuunnittelussa tehdään yksiselitteinen kuvaus prosessin toiminnasta kaavioiden, luetteloiden sekä selostusten avulla (PSK 7503, 2013, 3). Ensiksi tehdään prosessin kulkua kuvaava karkea suunnitelma eli alustava prosessikaavio. Karkea versio arvioidaan, ja mikäli se hyväksytään, siitä tehdään tarkka versio. Tarkassa versiossa kuvataan prosessin toiminta jokaista instrumenttia myöten. Siitä siis selviää prosessin toiminta kokonaisuudessaan. (Laiho 2011.)

3.1 Prosessikaavio

Prosessikaaviossa olevat putket, laitteet ja putkivarusteet, kuten venttiilit, pumput, moottorit ja muut instrumentit merkitään omilla positiotunnuksilla. Nämä myös listataan linjatunnuksittain, jotta tieto hankittavista laitteista ja tarpeista saadaan välitettyä urakoitsijalle vaivattomasti. (Laiho 2011.)

3.2 Standardit

Standardit sisältävät yhteisesti hyväksytyjä käsitteitä ja määritelmiä. Ne lisäävät tuotteiden yhteensopivuutta ja turvallisuutta (Mitä standardisointi on? N.d.). Teollisuudessa käytettyjä yleisimpiä standardeja Suomessa ovat SFS- ja PSK-standardit. Näiden lisäksi suunnittelutyössä on huomioitava mahdollisesti asiakkaan omat standardit.

3.2.1 Paineluokitus

Putkistojen ja paineastioiden osat on standardisoitu paineenkeston mukaan suunnittelutyön ja käytön helpottamiseksi.

Nimellispaine tarkoittaa sisäistä ylipainetta, jolle putkiston osa on tarkoitettu 20 °C:n lämpötilassa. Paineluokka ilmoitetaan PN- luokituksena. Esimerkiksi merkintä PN 10 tarkoittaa 10 baarin paineenkestoa edellämainitussa lämpötilassa. Lämpötilan noustessa tietyn rajan yli tulee käyttää suuremman paineluokan osia. Paineluokkien kestot tarvittavassa lämpötilassa voi katsoa kuvaajasta, jonka löytää putkiluokkastandardista. Eri putkiluokille on omat kuvaajansa. Saman paineluokan osia voi käyttää ongelmitta toistensa kanssa, koska saman paineenkeston lisäksi niillä on samat liitäntämitat. (Kesti 1992, 26.)

Alustavan nimellispaineen voi laskea kaavan 1 mukaan.

$$PN \geq p \frac{\sigma_{20^{\circ}C}}{\sigma_t} \frac{n}{1,5} \quad (1)$$

missä

PN on nimellispaine (bar)

p on suunnittelupaine (bar)

$\sigma_{20^{\circ}C}$ on laskentalujuus 20°C:n lämpötilassa (N/mm²)

σ_t on laskentalujuus suunnittelulämpötilassa (N/mm²)

n on varmuuskerroin

3.2.2 Putkiston materiaalit

Materiaalin valinnassa tärkeimpiin tekijöihin kuuluu lämpötila. Matalissa lämpötiloissa materiaalin sitkeys heikkenee, jolloin vaarana on haurasmurtuma. Haurasmurtuma tarkoittaa sitä, että rakenneaine murtuu ilman selvää plastista muodonmuutosta.

Korkeissa lämpötiloissa materiaalin lujuusominaisuudet heikkenevät, jolloin tietyillä materiaaleilla alkaa tapahtua virumista. Viruminen tarkoittaa sitä, että materiaalissa tapahtuu plastisia muodonmuutoksia, vaikka putkeen kohdistuva jännitys ei ylitä myötörajaa. (Kesti 1992, 45.)

Korroosio on vaikeimmin hallittava ympäristövaikutus, ja siitä voi aiheutua ennenaikainen rakenteen vioittuminen. Suunnittelussa on huomioitava virtaavan aineen ja ympäristön vaikutukset materiaaliin. (Mts. 46.)

Materiaalin valinnassa on myös huomioitava putkiston käyttötarkoitus.

Elintarvikeputkistot valmistetaan yleensä puhtauden takia joko ruostumattomasta teräksestä tai muovista. Vetyperoksidiputkistoissa ei voi käyttää esimerkiksi grafiittitiivisteitä, koska vetyperoksidi reagoi orgaanisiin aineisiin ja voi aiheuttaa räjähdysvaaran. Jos putkisto altistuu mekaaniselle värähtelylle tai muulle väsyttävälle kuormalle, täytyy rakenneaineen väsymistäipumus sekä muokkauslujittuminen ottaa huomioon. (Mts. 46.)

3.2.3 Putkiluokat

Putkiluokka tarkoittaa yhteensopivien putkien ja putken osien valikoimaa, jossa on määritelty materiaalit ja mitat. Putkiluokkiin kuuluvat suorien putkien lisäksi putkikäyrät, -kartiot, T-putket ja -haarat, kaulukset, laipat, päädyt, kierteelliset putken osat, ruuvit, mutterit, aluslevyt sekä tiivisteet. Putkiluokan valinnassa määrääviä tekijöitä ovat virtaava aine, korroosio-olosuhteet sekä paineen- ja lämmönkesto. (PSK 4201 2013, 1- 2.)

Putkiluokan E16H1A merkinnästä selviää standardi, johon viitataan (E = EN-standardit); nimellispaineen eli 16 baaria; materiaalitunnus H1, joka on austeniittinen ruostumaton teräs 1.4307 (X2CrNi 18-9); sekä lisätunnus A. Sillä erotetaan saman nimellispaineen ja materiaalin putkiluokat, joiden mitat tai valmistustekniikka eroavat toisistaan. Täydellisessä putkiluokan merkinnässä on ensimmäisenä sana putkiluokka, sen jälkeen käytetty standardi ja sitten edellisessä kappaleessa mainitut asiat. (Mts. 1- 2.)

4 Layoutsuunnittelu

4.1 Suunnittelun periaatteet

Layout- suunnittelussa tehdään laitoksen sijoitussuunnittelu. Tähän kuuluu laitoksen sijoittaminen tontille, eri prosessin osien sijoittelu sekä yksittäisten laitteiden sijoittelu (PSK 7503, 2013, 4.). Tarkoituksena on varata riittävä tila prosessilaitteiden, säiliöiden ja sähkötilojen sijoitusta ja niiden huoltoa varten. Samalla tarvittava tilantarve rakennusta varten hahmottuu. (Kajander 2016.)

Laitesijoituksessa prosessilaitteet sijoitetaan prosessin mukaiseen järjestykseen. Sijoituksessa on huomioitava laitteiden huollettavuus ja varattava tarvittavat kulkutiet. Tietyille laitteille ja käyttömooottoreille on tarvittaessa varattava nostokiskot huollon varmistamiseksi. Kulkuteille tulee varata riittävät tilat käyttötarkoituksen mukaan. Henkilökulkua varten on noudatettava soveltuvia standardeja. Vastaavasti jotkut kulkutiet on mitoitettava esim. trukki liikennettä

varten. Suuremman tilavarauksen vaatii, jos on varmistettava pääsy esimerkiksi paloautolle. (Mt.)

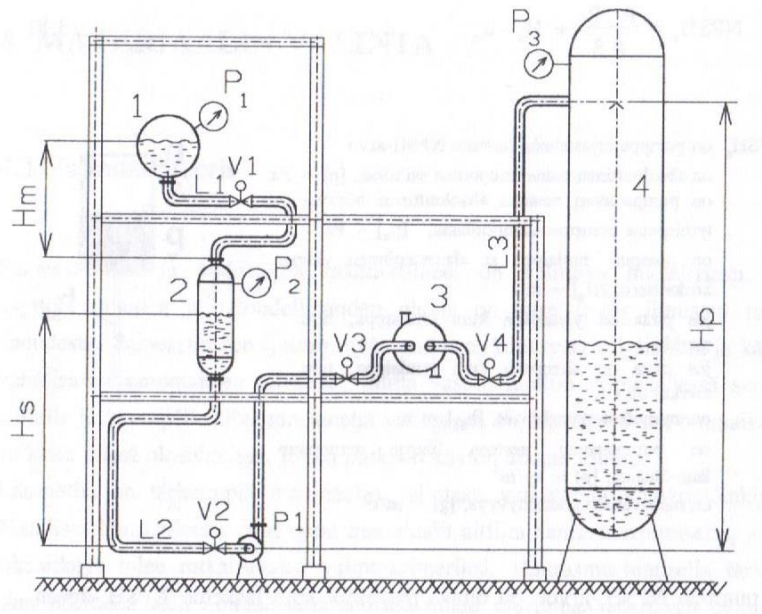
Korkeussuunnassa on syytä varautua kulkuteiden lisäksi varaamaan tilaa tarvittavaa prosessiputkistoa varten. Myös kaapelihyllyjen tilantarve tulee huomioida. Jos prosessitila on useammassa kerroksessa, on varattava tilat nostoaukoille huoltoa ja valmiin tuotteen lastaamista varten siten, että varataan esteetön kulku nostoaukoille. (Mt.)

Sähkötilat on sijoitettava siten, että sähkökesukset ovat muuntajien läheisyydessä ja vastaavasti myös käyttökohteiden läheisyydessä. Näin voidaan minimoida kaapelihyllyjen sekä sähkökaapelien määrä. (Mt.)

4.2 Korkeuserojen hyödyntäminen

Prosessin toiminnan kannalta on edullista sijoittaa joitakin laitteita eri tasokorkoihin. Korkeusero täytyy mitoittaa riittävän suuriksi, jotta korkeuserosta johtuva virtaus pystyy voittamaan putken kitkahäviöt ja laitteiden aiheuttamat painehäviöt. Tarvittaessa on huolehdittava siitä, että virtaus on riittävän suuri pitämään virtaavan aineen kiintoaineen liikkeessä, ettei se pääse laskeutumaan putkistossa. (Kesti 1992, 42.)

Joissakin tapauksissa nesteen lämpötila on niin lähellä höyrystymislämpötilaa, että neste saattaa riittävän virtauksen puuttuessa höyrystyä. Tämän seurauksena pumppu voi kavitoida ja lopulta vaurioitua. Höyrystymisen voi välttää sijoittamalla instrumentit niin, että nesteen absoluuttinen paine ei missään kohtaa alita nesteen lämpötilaa vastaavaa höyrönpainetta. Tähän vaadittava korkeusero on nimeltään NPSH-arvo eli pitopainekorkeus. NPSH- arvon saa laskettua kaavalla 3, jota kuvio 1 havainnoillistaa. (Mts. 43.)



Kuvio 1. Korkeuserot (Kesti 1992, 43.)

$$NPSH_a = \frac{p - p_v}{\rho g} + H_s - h_{si} \quad (3)$$

missä

$NPSH_a$ on pumppujärjestelmän laskettu NPSH- arvo

p on absoluuttinen paine imupuolen säiliössä (Pa)

p_v on pumpattavan nesteen absoluuttinen höyrystymispaine pumppauslämpötilassa (Pa)

ρ on pumpattavan nesteen tiheys (kg/m^3)

g on maan vetovoman kiihtyvyys (m/s^2)

H_s on pumpun imulaipan ja alanestepinnan välinen korkeusero (m)

h_{si} on imuputken painehäviöt (m)

Kaavan 4 tulee toteutua niin saadaan riittävä varmuusmarginaali.

$$NPSH_a > 1,3 \cdot NPSH_r \quad (4)$$

missä

$NPSH_r$ on vaadittu NPSH-arvo, jonka valmistaja ilmoittaa vedelle

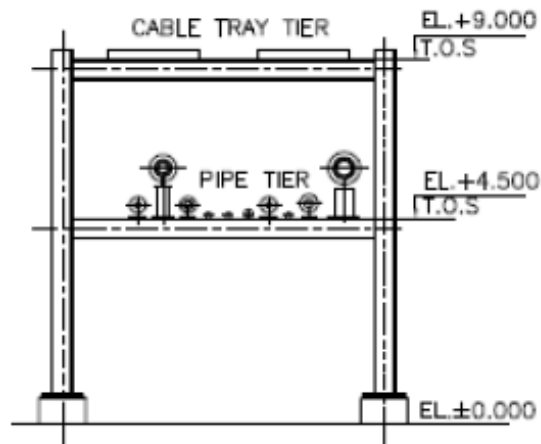
Pienillä NPSH- arvoilla kaavalla 4 ei aina saa riittäviä varmuuksia. Silloin on hyvä ottaa huomioon lisäteho. Tämä onnistuu lisäämällä 0,5 kaavaan 4. (Mts. 44.)

4.3 Luoksepääsyn vaativat kohteet

Laitteille, joita tarkkaillaan, säädetään tai huolletaan säännöllisesti käytön aikana, tulisi olla luoksepääsy. Tällaisia ovat säätöventtiilit, varoventtiilit, näytteenottoyhteet sekä laitosrajaventtiilit. Mahdollisuuksien mukaan tällaiset laitteet olisi hyvä sijoitella lähekkäin, jotta luoksepääsyn mahdollistavat hoitotasot pystyttäisiin tekemään mahdollisimman vähällä materiaalilla. Jollei hoitotasoa pysty esimerkiksi tilanpuutteen takia rakentamaan, voi joillekin laitteille tehdä luoksepääsyn kiinteillä tikkailla. Tällaisia laitteita ovat mittarit, näkölasit, kytkimet ja DN 50- sekä pienemmät venttiilit, joita käytetään usein. (Kesti 1992, 34.)

5 Putkisillat

Putkisilta on teräsrakenne, joka on suunniteltu kannattelemaan useaa putkilinjaa silloin kun kannakkeita ei muuten pysty asentamaan sopivaan paikkaan (Sölken 2016.). Havainnollistava kuva putkisillan poikkileikkauksesta kuviossa 2



Kuvio 2. Putkisilta (Enventure 2015.)

5.1 Putkisiltasuunnittelu

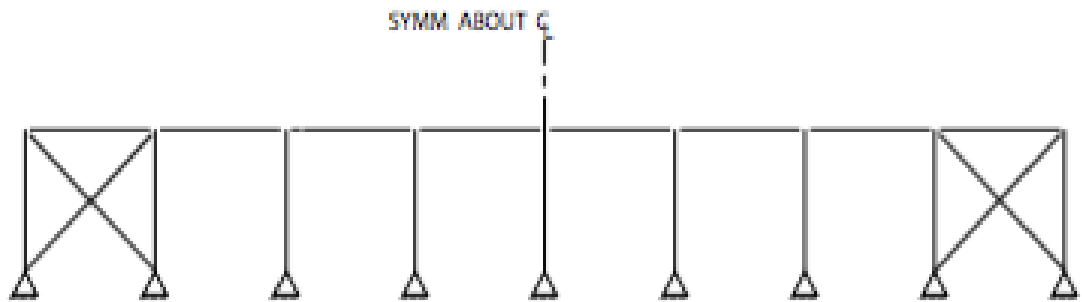
Putkisiltojen suunnittelussa käytetään apuna seuraavia standardeja:

- SFS-EN 1990 Rakenteiden suunnitteluperusteet
- SFS-EN 1991-1-1 Tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat
- SFS-EN 1991-1-3 Lumikuormat
- SFS-EN 1991-1-4 Tuulikuormat
- SFS-EN 1991-1-7 Onnettomuuskuormat
- SFS-EN 1993-1-1 Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt
- SFS-EN 1993-1-3 Lisäsäännöt kylmämuovatuille sauvoille ja levyille 23
- SFS-EN 1993-1-5 Levyrakenteet
- SFS-EN 1993-1-8 Liitosten mitoitukset
- SFS-EN 1993-3-1 Mastot ja piiput

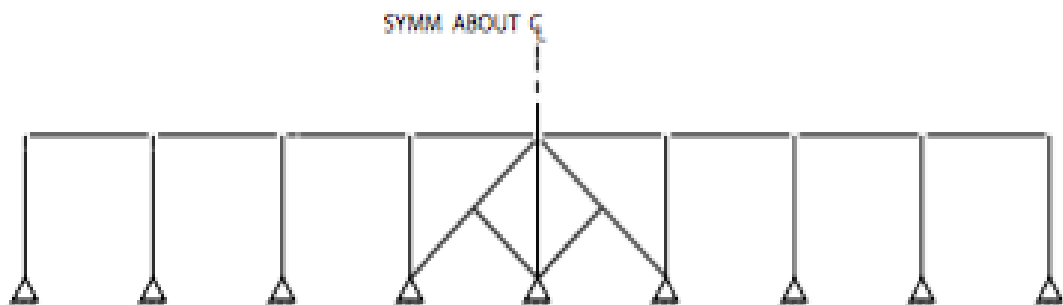
Ympäristön lämpötilaerot aiheuttavat jännityksiä sekä putkistoon että putkiston tukirakenteisiin. Ympäristön lämpötilan vaihteluihin verrattuna nopeampia ja suurempia eroja aiheuttavat putken sisällä kulkeutuvan materiaalin aiheuttamat lämpötilaerot. Erityisesti tehtaiden käynnistyksissä ja alasajossa lämpötilaerot voivat muuttua nopeasti. Putken kannakointia suunnitellessa on huomioitava nämä voimat. (Bendapudi 2010, 1.)

Kuvion 3 ”lock-in”- tyyppistä rakennetta tulisi välttää putkisillassa, sillä siitä aiheutuu liiallisia jännityksiä putkisiltarakenteeseen. Tällaisesta suunnittelutavasta aiheutuu ylimääräisiä kustannuksia, koska rakenteesta tulisi tehdä liian jykevää.

Suositteluvampaa on sijoittaa vinotuet keskelle putkisiltaa, kuten kuviossa 4. Tällöin liiallisia jännityksiä ei kohdistu kahden vinotuen väliin. (Bendapudi 2010, 1.)



Kuvio 3. Lock-in- tyyppinen putkisiltarakenne (Bendapudi 2010, 1.)



Kuvio 4. Suositeltava putkisiltarakenne (Bendapudi 2010, 1.)

Putkiston kannakointia suunnitellessa on muistettava, että putkisilta ja putkistot käyttäytyvät eri tavalla toisiinsa nähden käynnistyksessä ja alasajossa.

Käyttöolosuhteissa, käynnistyksessä ja alasajossa putkisto laajenee tai kutistuu.

Putkisiltaa ei kannata suunnitella estämään molempia näistä liikkeistä, koska se olisi epäkäytännöllistä ja hankalaa. Putkisillasta on kuitenkin tehtävä tarpeeksi leveä, etteivät pituussuuntaiset siirtymät aiheuta sillan liiallista sivusuuntaista taipumista.

(Bendapudi 2010, 2.)

5.2 Putkiston sijoittelu putkisillalle

Putket tulee sijoittaa putkisillalle siten, että suurimmat ja raskaimmat putket ovat pilarien lähellä. Pienemmät ja kevyemmät putket sijoitetaan keskemälle putkisiltaa. Tällainen sijoittelu vähentää putkisillan rakenteisiin kohdistuvaa rasitusta. Pilareiden päälle putkea ei kuitenkaan tule sijoittaa, vaan pilarin reunasta pitää jättää 50 mm tilaa putken seinämän tai eristeen väliin. Tämä mahdollistaa pilarin jatkamisen myöhemmin. (Kesti 1992, 37.)

5.3 Putkistosuunnittelu

Putkistosuunnittelijan tehtävä on saada laitoksen putkistoista toimiva kokonaisuus. Putkiston tulee olla riittävän joustava ja toteuttaa prosessin toimintaa vastaavat vaatimukset. (PSK 7503 2013, 5.)

Laitossuunnittelussa suurin osa-alue on putkistosuunnittelu. Se kattaa noin 30 % laitossuunnittelun työtunneista. Valmiin laitoksen materiaalikustannuksista putkiston osuus on 20-25 % ja asennuskustannuksista 40-50 %. (Kesti 1992, 13.)

6 Kannakointi

Putkiston kannakkeet koostuvat primääri- ja sekundäärikannakkeesta. Primäärikannake on standardin mukainen kiinnike, joka kiinnitetään putkeen. Sekundäärikannake on tapauskohtaisesti suunniteltu tuki, jonka päälle primäärikannake sijoitetaan. (Design of piping systems 2009, 231.)

Tietynlaisilla kannakkeilla on mahdollista estää tai ohjata määrätyn suuntaisia putkiston liikkeitä. Esimerkiksi lämpölaajenemisesta aiheutuneet liikkeet tulee sallia tiettyyn rajaan asti, ettei niistä synny liiallisia sisäisiä jännityksiä. Putkiston värinä tulee pitää hallituissa rajoissa ja ulkoisten voimien aiheuttamat liikkeet tulisi yrittää estää oikeantyyppisellä kannakoinnilla. (Mts. 231.)

6.1 Kannakkeet

Putkiston kannakoinnin tehtävinä on painokuorman vastaanottaminen, putkiston liikkeiden hallinta, putkiston vakaana pitäminen sekä värähdyksien vaimennus.

Putkiston kannatukset tulee huomioida jo putkiston reititystä tehdessä. (PSK 7302, 2015, 2.)

6.1.1 Kannakointitavat

Kannakointitapoja on pääasiassa kolmea erilaista: vapaa liukukannatin, ohjattu liukukannatin sekä kiintopistekannatin. (PSK 7302, 2015, 6.)

Vapaalla liukukannattimella tarkoitetaan sitä, että primäärikannatin ikäänkuin lepää sekundäärikannakkeen päällä ja pystyy liikkumaan putken mukana joka suuntaan. (Mts. 6.)

Ohjattu liukukannatin on kynsiohjaimilla tuettu siten, että kannatin pystyy liikkumaan putken mukana putken aksiaalisessa suunnassa. Kynsiohjaimet estävät putken sivu- ja pystysuuntaiset liikkeet. (Mts. 7.)

Kiintopistekannattimessa primäärikannatin on hitsattu sekundäärikannakkeeseen kiinni. Kiintopisteessä myös putkisangan molemmille puolille hitsataan estopalat, jotka estävät putken liukumisen putkisangassa. Kiintopistekannattimen sekundääriraudasta on tehtävä riittävän vahva, että se pystyy ottamaan vastaan putkiston liikkeet. (Mts. 7.)

6.1.2 Primäärikannakkeet

Liukukannattimia on olemassa kolmea eri korkeutta, matala, korkea ja erikoiskorkea. Matalaa kannaketta käytetään eristämättömissä putkissa. Korkeaa ja erikoiskorkeaa kannatinta käytetään eristetyissä putkissa eri eristepaksuuksilla.

Eri kokoisille putkille on omat liukukannakkeensa. Erilaiset liukukannattimet on määritelty PSK-standardeissa 7320, 7323, 7326. Putkisangat on määritelty PSK-

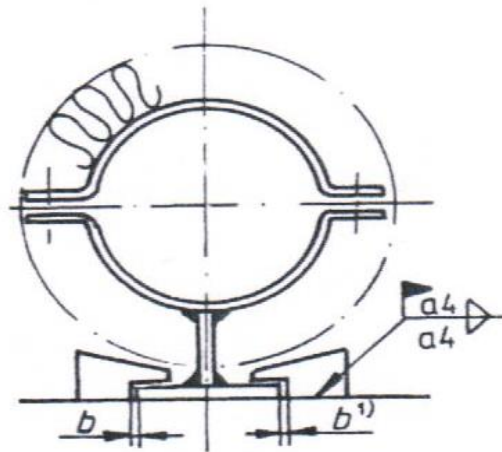
standardeista 7307, 7308, 7309, 7310 ja 7311. Tasokannattimet PSK-standardista 7364 ja U-sangat PSK-standardista 7312.

6.1.3 Ohjaukset

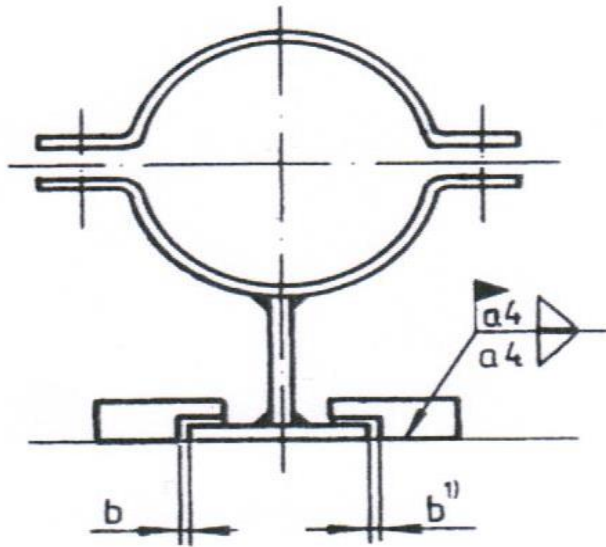
Kynsiohjain

Kynsiohjaimilla estetään primäärikannakkeen irtoaminen sekundäärikannakkeelta. Sitä käytetään myös vakauttamaan putken värinöitä ja vastaanottamaan pieniä radiaalisia voimia. Kynsiohjaimet hitsataan sekundäärikannakkeeseen kiinni. Kynsiohjaimen ja primäärikannakkeen väliin jätetään välys, joka määritetään ohjauksen vaatimusten mukaan.

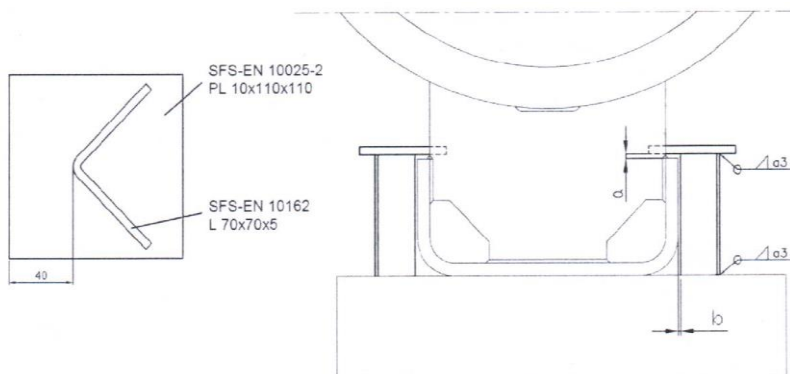
Standardien PSK 7320 – 7323 sekä 7326 mukaan liukukannattimille käytetään kuvioden 7 ja 8 mukaisia kynsiohjaimia. Standardien PSK 7324, 7325, 7327 ja 7328 mukaan liukukengille käytetään kuvioden 9-10 mukaisia ohjaimia. (PSK 7360 2015 1-3; PSK 7361 2015, 1- 3.)



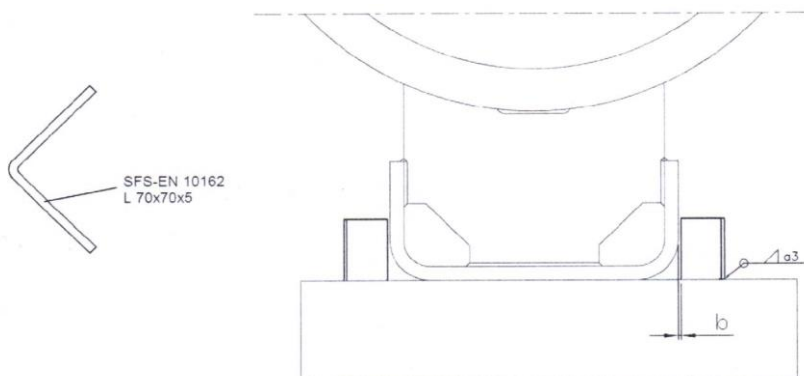
Kuvio 5. Kevyt kynsiohjain (PSK 7360 2015, 3.)



Kuvio 6. Raskas kynsihjain (PSK 7360 2015, 3.)



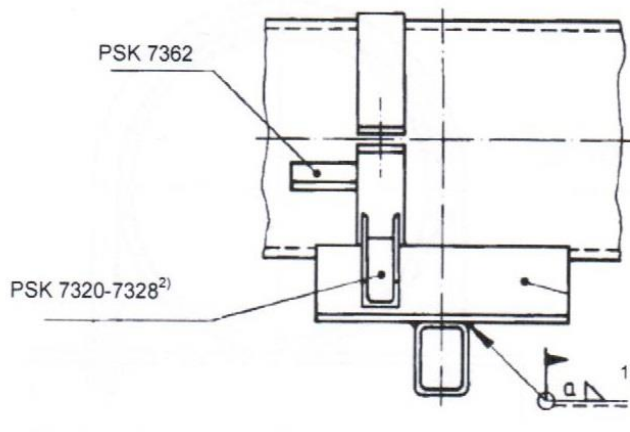
Kuvio 7. Ohjain, tyyppi A (PSK 7361 2015, 3.)



Kuvio 8. Ohjain, tyyppi B (PSK 7361 2015, 3.)

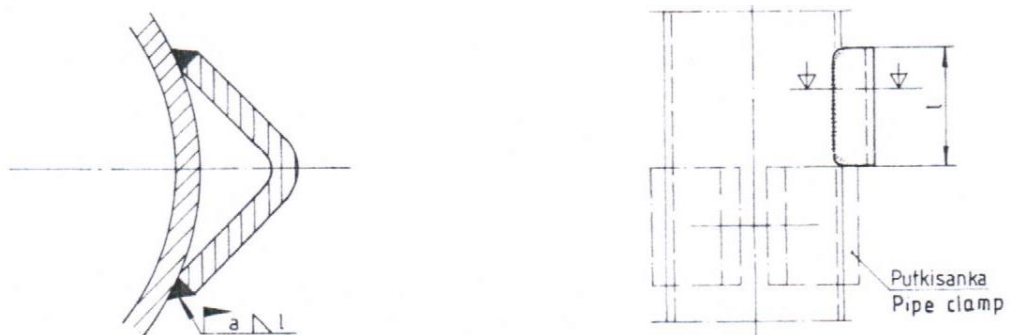
6.1.4 Kiintopisteet

Kiintopistekannattimissa primäärikannake on hitsattu sekundäärikannakkeeseen kiinni. Primäärikannakkeen molemmille tai vain toiselle puolelle putken ulkoseinämään hitsataan tapauskohtaisesti riittävä määrä estopaloja. (PSK 7306 2015, 1, 3- 5.)

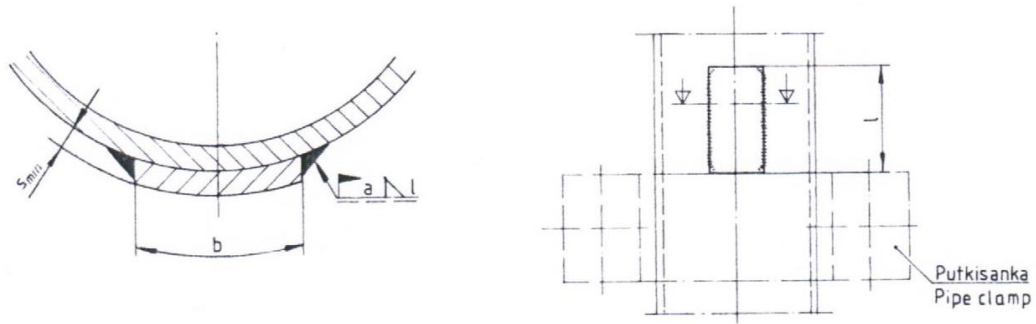


Kuvio 9. Kiintopistekannatin (PSK 7306 2015, 6.)

Kuvioiden 10 ja 11 mukaisten estopalojen avulla estetään putkisangan tai liukukannattimen liike putkessa. Materiaaliltaan estopalan on oltava putkeen hitsattava. (PSK 7362 2015, 1- 2.)



Kuvio 10. Estopala, tyyppi A (PSK 7362 2015, 2.)



Kuvio 11. Estopala, tyyppi B (PSK 7362 2015, 2.)

6.2 Kannakointivälit

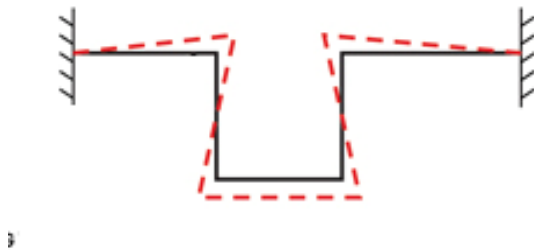
Standardissa esitetään suositeltavat kannatusvälit eri putkiko'uille eri putkiluokissa. Putken sisältö saa olla kuumimmillaan 400 °C. Putkiston laitteiden vaikutus huomioidaan kannakoinnissa erikseen. Kannakeväliin vaikuttaa mm. putken eriste ja eristeen paksuus sekä se, virtaako putken sisällä kaasua vai nestettä. Kannakevälin määrittämisessä käytetään kahta ehtoa: putken maksimitaipuma ja maksimi taivutusjännitys. Sitä ehtoa käytetään kumpi tulee ensin määrääväksi (PSK 7304, 2015, 4.). Putkiston käyrät vaikuttavat kannakointiväleihin tapauskohtaisesti. Käyrän sijainnin mukaan katsotaan PSK standardissa 7304 olevasta taulukosta sopiva korjauskerroin. (Mts. 8-9.)

Pystysuuntaisen putken kannakevälin suuruutta rajoittaa kannakkeisiin kohdistuva kuormitus. Rakennukseen kohdistuvat putkistokuormat on mahdollista hallita, mutta jos pystyputken kannakkeet kiinnitetään korkeaan säiliöön, on kannakevoimia rajoitettava säiliön kestävyys takia. Vaakatasossa kulkevan putken kannakointiväleihin verrattuna pystyputken kannakkeiden välien määrittämisessä voidaan käyttää kerrointa 1,6 tai 1,7, ellei muuta voida osoittaa. (Mts. 10.)

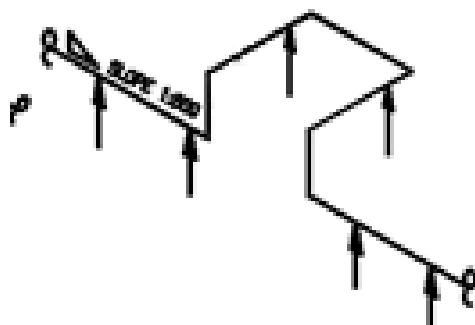
6.3 Lämpölaajenemisen kompensointi

Putkiston lämpöjännitykset pyritään kompensoimaan käyttäen putkistoon suunnitteluvaiheessa tulevia mutkia. Mutkat on nimetty muotonsa mukaan U-, L- ja Z-mutkiksi. L-mutka on yksinkertainen, ja niitä tulee putkistoihin yleensä tahtomattakin. L-mutka on putkistossa oleva 90 °:n mutka.

U-mutka (ks. kuvio 13) on putkistoon tehtävä lenkki. Se kompensoi lämpöliikkeitä mutkatyypeistä parhaiten. Jos tilaa on rajallisesti, U-mutka voidaan tehdä kuvion 14 mukaisesti muiden putkien päälle. U-mutka on hyväksi havaittu suurilla putkilla.

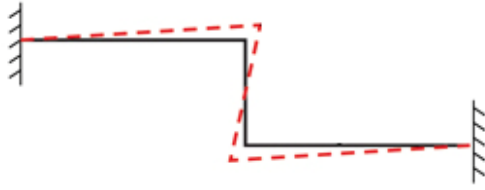


Kuvio 12. U-mutka (Moo-Zung 2013.)



Kuvio 13. U-mutka (Kashyap 2014.)

Z-mutkan symmetrisyys on riippuvainen kannakkeiden asettelusta. Siitä tulee lisää leveyttä putkisiltaan, mutta tietyissä tapauksissa se on toimiva ratkaisu (ks. kuvio 15).



Kuvio 14. Z- mutka (Moo-Zung 2013.)

7 Hoito- ja kulkutasot

7.1 Standardin suositukset

Hoito- ja kulkutasot on suunniteltava siten, että niitä käyttävät henkilöt ovat turvassa niillä kulkiessaan, laitetta säätäessään, korjatessaan tai tehdessään sitä, mitä siltä tasolta tarvitsee tehdä. Myös tasolle kulun ja siltä poistumisen on oltava turvallisia. (SFS-EN ISO 14122-2 +A1 2010, 10.)

Tasojen materiaalin valinnassa on otettava huomioon ympäristö mihin taso sijoitetaan. Materiaalin on kestävä ympäristön olosuhteet. Rakenneseosia mitoitettaessa tulee huomioida tason riittävä jäykkyys, ettei tule liian huteraa tasoa. Tasot on suunniteltava niin suuriksi, että laitteiden osat pystyy poistamaan ilman kaiteiden irrotusta. (Mts. 10.)

Turvallisuuden osalta on huomioitava, että tasojen kävelypinnoilla on liukastumista estävät ominaisuudet. Vaaratilanteen varalta tasoille kulkutiet on suunniteltava niin, että niiltä on turvallista poistua vaaratilanteen sattuessa. Käsijohteet tulee suunnitella siten, että niitä käytetään vaistonvaraisesti esimerkiksi horjahtamisen yhteydessä. (Mts. 10.)

Mahdollisuuksien mukaan tasot on sijoitettava siten, etteivät ne ole haitallisten aineiden päästökohdissa eikä niille pääse kertymään liukastavia aineita. Liikkuvien liikkuvien osien, suojaamattomien kuumien pintojen sekä suojaamattomien sähkölaitteiden kohdalla tulee huolehtia standardin EN 294 mukaisesta turvaetäisyydestä (Mts. 11.). Hoitotasojen suunnittelussa on muistettava

mahdollisuuksien mukaan myös ergonomiset työasennot. Jos mahdollista, työkohteiden olisi hyvä olla 500 mm – 1000 mm:n korkeudella tasosta. (Mts. 12.)

7.2 Suojakaiteet

Hoitotasolle on asennettava suojakaide, jos putoamismatkaa on enemmän kuin 500 mm. Suojakaide koostuu käsijohteesta, vähintään yhdestä välijohteesta ja jalkalistasta. Käsijohteen korkeuden tulee olla minimissään 1100 mm. Mikäli käsijohde ei ole yhtenäinen, tulee johteiden väliin jättää 75 mm – 120 mm:n väli. Välijohteen etäisyys käsijohteeseen sekä jalkalistaan ei saa ylittää 500 mm:ä. Jalkalista on minimissään 100 mm korkea lattarauta, joka kulkee kaiteen kanssa samaa reittiä maksimissaan 10 mm tasosta irti. (SFS-EN ISO 14122-3 +A1 2010, 18, 20.)

7.3 Portaat

Portaissa kulkukorkeuden on oltava vähintään 2300 mm ja vapaan leveyden on oltava ainakin 600 mm, mutta mieluummin 800 mm. Samalla porrasjaksolla nousun on oltava vakio. Ensisijainen nousukulma on 30° - 38°. Portaita suunniteltaessa yhtälön 4 on toteuduttava. (SFS-EN ISO 14122-3 +A1 2010, 14, 16.)

$$600 \leq g + 2h \leq 660 \quad (4)$$

Missä

g on etenemä

h on nousu

(SFS-EN ISO 14122-3 +A1 2010, 14, 16.)

7.4 Kiinteät tikkaat

Kiinteiden tikkaiden suunnittelussa tulisi aina pyrkiä käyttämään kaksi-pystyjohteista tikasta. Tikkaiden suunnittelussa tulee huomioida myös se, ettei tikkaiden rakenteisiin pääse takertumaan eivätkä ne aiheuta muutenkaan vaaraa. Teräviä kulmia ja muita vastaavia tulisi välttää. (SFS-EN ISO 14122-4 + A1, 2010, 16.)

Tikkaissa on käytettävä selkäsuojaa, kun tikasjakson korkeus on yli 3000 mm. Selkäsuojan alimman osan korkeus saa olla 2200 mm – 3000 mm. Suojan kaaren sisähalkaisijan on oltava 650 mm – 800 mm. (Mts. 22.)

Yhden tikasjakson korkeus saa olla maksimissaan 6000 mm. Tämän jälkeen tulee tehdä lepotaso tikasjaksojen väliin. Lepotason tulee olla minimissään 700 mm leveydeltään. (Mts. 34.)

8 Suunnittelun dokumentointi

8.1 Rakennustehtäväpiirustukset

Rakennustehtäväpiirustuksessa esitetään perustusten kuormitukset, lattiakorot, laitteet mitoitettuina pilarilinjoista, kanaalit, laitteiden perustukset ja sijoitukset sekä rakennustehtäväpiirustukseen liittyvät piirustukset. Liitteessä 5 on hyvä esimerkki rakennustehtäväpiirustuksesta. Layout-tyyppinen piirustus on mittakaavassa 1:100 ja tarkempia asennuksia varten on tehty suurennos tai leikkauskuva, jonka avulla esimerkiksi pumpun perustukset voi valmistaa. (Laaksonen 2016.)

8.2 Taso- ja leikkauspiirustukset

Tasopiirustuksissa tietyn alueen putkistot ja laitteet kuvataan ylhäältä päin.

Leikkauspiirustuksissa (ks. liite 2) putkistot ja laitteet kuvataan edestä tai sivulta.

Taso- ja leikkauskuvista saa yleiskuvan prosessin putkistoista ja niiden vaatimasta

tilantarpeesta. Tasopiirustuksia tehdään selvyyden vuoksi eri korkotasoisissa. Tämä vähentää yhden kuvan putkien määrää ja siten selkeyttää kuvaa. (Pere 2009, 14-62.)

Taso- ja leikkauspiirustusten mittakaava on yleensä 1:50. Putkistojen ja laitteiden sijainnit mitoitetaan pilarilinjoihin, ei pilarin reunaan. Jos piirustuksesta tulee liian sekava, mitoitetaan putkiston ja laitteiden sijainnit eri piirustuksiin. (Pere 2009, 14-62.)

8.3 Isometrit

Aksonometrisistä esitystavoista isometrinen on yleisin esitystapa putkistopiirustuksissa. Putki-isometrissä esitetään putkiston osat ja kaikki varusteet sekä primäärikannakkeet ja niiden tyypit. (Pere 2009, 14-47,14-78.)

Isometrit voidaan jakaa neljään osaan, alue-, ryhmä-, linja sekä linjaosaisometreihin. Alueisometrissä näytetään tietyn alueen, esimerkiksi jonkun osaston putkilinjat sekä niihin liittyvät laitteet. Ryhmäisometreissä näytetään tietyn prosessin osan putkilinjat. Linjaisometrissä esitetään yksi putkilinja, linjaosaisometrissä kuvataan yhden putkilinjan osa. Tätä käytetään pitkissä linjoissa, jotka eivät mahtuisi yhdelle arkille selkeästi luettavassa muodossa (Mts. 14-78.)

8.4 Luettelot

Ennen asennusvaiheen alkua urakoitsijalle toimitetaan hankintaa varten luettelot, joissa on eriteltyinä putkiston laitteet, osat ja instrumentit. Luetteloissa eritellään valmistettavan putkiston kaikki osat. Eriteltäviä osia ovat suorat putket, eriateiset käyrät, t-putket ja t-haaroitukset, laippaliitokset ja niiden tyypit, laippojen määrä, tiivisteet, pulttien, aluslevyjen sekä mutterien määrät, venttiilit sekä kaikki muut laitteet, jotka täytyy hankkia asennusta varten. Myös eristepaksuus ja eristettävien osien määrät ilmoitetaan. (Kajander 2016.)

Yleensä luettelot saadaan ajettua suoraan 3D-mallista, mutta joissakin tapauksissa luetteloita tehdään myös käsin kirjoittamalla esimerkiksi Excel- taulukkoon. Tällainen erikoistapaus voidaan tehdä esimerkiksi pienissä projekteissa, joissa ei tehdä 3D-mallia, tai jos putkiston osia on vähän. (Mt.)

8.5 Katselumallit

Mallinnusohjelmalla tuotetusta 3D-mallista ajetaan kevyempi katselumalli. Katselumalli on tiedostokooltaan pienempi, kuin 3D-tietomalli eikä kuormita tietokonetta niin paljoa. Katselumallista voi jättää kaiken ylimääräisen pois käyttötarpeesta riippuen. Katseluohjelmista saa yleensä ilmaisversion, jonka avulla voi liikkua 3D-mallissa. Lisenssillä mallista pystyy mittaamaan etäisyyksiä ja kommentoimaan suunnitelmia. Katseluohjelman lisenssin hinta on yleensä noin kymmenesosan 3D-suunnitteluohjelman lisenssistä. (Pere 2012, 14-37.)

Nykypäivänä suunta on muuttumassa siihen, että katselumalli on loppukäyttäjälle tärkeämpi, kuin 3D-tietomalli. Jos ennen joku asia mitattiin layout- tai leikkauspiirustuksesta, niin nykyään se mitataan 3D-katselumallista. (Mts. 14-37)

9 Asennusvalvonta

9.1 Suunnittelun vaikutus asennusvalvontaan

Putkistosuunnittelua silmällä pitäen on syytä selvittää tarkasti ja merkitä piirustuksiin minkä paineluokan osia käytetään ja hankitaan, että venttiilit ja muut laipalliset laitteet ovat liitettävissä toisiinsa. Suunnittelussa on käytettävä putkiluokkajärjestelmää, jonka mukaan kaikki komponentit ovat materiaalin ja mitoituksen mukaan sopivia keskenään. (Kajander 2016.)

9.2 Urakoitsijan valinnan merkitys

On tärkeää, että urakoitsijalla on käytettävissä riittävästi ammattitaitoista työvoimaa. Näin on yleensä asia jos laitetoimittaja hoitaa myös asennustyön. Jos tilaaja kilpailuttaa asennustyön ja valitsee halvimman mahdollisen urakoitsijan, on mahdollista, että asennusta suorittava työvoima on kokematon, ja tämä asettaa asennusvalvontaan lisäpaineita. (Kajander 2016.)

Kokeneella urakoitsijalla on käytettävissä ammattitaitoisen työvoiman lisäksi myös kokenut ja ammattitaitoinen työnjohto, joka on saanut soveltuvan teknisen koulutuksen. Tämä helpottaa myös asennusvalvojan työtä. Halvimman tarjouksen jättäneellä urakoitsijalla on yleensä kokemattaman työvoiman lisäksi kokematon työnjohto, jolloin myös asennusvalvojan rooli korostuu entisestään. (Mt.)

Asennusvalvojan on myös pystyttävä tunnistamaan, mikä on mahdollista lisätyötä, joka ei kuulu varsinaisen urakan piiriin. Tällä pystytään minimoimaan ylimääräinen lisälaskutus urakoitsijan taholta. (Mt.)

10 Dokumentoinnin selkeyttäminen

10.1 Ongelma

Nykyään asennusvalvojalla on käytössään putkiston isometrit ja 3D-malli. Näistä pitäisi pystyä seuraamaan projektin kulkua ja varmistaa, että projekti etenee ohjeiden ja vaatimusten mukaisesti. Urakoitsija, jolla on riittävästi ammattitaitoista työvoimaa, saa riittävät tiedot isometreistä, mutta ongelmatilanteissa ei isometreissä ja 3D-mallissa ole asennusvalvojalle riittävää informaatiota.

Yleisiä ongelmatilanteita ovat esimerkiksi putkistojen ja laitteiden tai rakenteiden päällekkäisyydet sekä väärintyyppiset yhteydet tai putkiston osat. Nämä voivat johtua huolimattomasta suunnittelutyöstä tai huonosta informaation kulusta ja huomaamalla ne ajoissa pystyttäisiin välttymään asennusvaiheen ongelmilta.

10.2 Haastattelut

Toteutin haastattelut vapaamuotoisina eli strukturoimattomina kasvotusten tehtyinä haastatteluina. Strukturoimattoman haastattelun etuna on se, että siinä pystyy syventämään haastateltavan vastauksia.

Hain vastauksia tutkimuskysymyksiin haastatteleamalla viittä asennusvalvojana toiminutta suunnittelijaa. Haastateltavat olivat työkavereitani eräässä suunnittelutoimistossa. Haastateltavien tietoja listattuna heidän kertomuksensa perusteella:

Asiantuntija 1

Ikä 46 vuotta

Kokemus asennusvalvojana noin 8 vuotta

Suunnittelu ja asennusvalvonta yhteensä noin 20 vuotta

Asiantuntija 2

Ikä 55 vuotta

Kokemus asennusvalvojana noin 13 vuotta

Suunnittelu ja asennusvalvonta yhteensä noin 30 vuotta

Asiantuntija 3

Ikä 41 vuotta

Kokemus asennusvalvojana noin 3 vuotta

Suunnittelu ja asennusvalvonta yhteensä noin 14 vuotta

Asiantuntija 4

Ikä 62 vuotta

Kokemus asennusvalvojana noin 15 vuotta

Suunnittelu ja asennusvalvonta yhteensä noin 34 vuotta

Asiantuntija 5

Ikä 52 vuotta

Kokemus asennusvalvojana noin 6 vuotta

Suunnittelu ja asennusvalvonta yhteensä noin 25 vuotta

10.3 Kehityskohteet

Haastattelutuloksista tein yhteenvedon, jonka hyväksyin vielä haastateltavilla henkilöillä. Alla parannusehdotukset.

Rakennustehtäväpiirustukset

Rakennustehtäväpiirustukset (ks. liite 5) olisi hyvä saada asennusvalvojalle, koska niistä selviää säiliöiden, pumppujen sekä muiden laitteiden sijainnit x, y ja z suunnissa. Myös lattiakaadot ja kanaalit sekä niiden sijoitukset ja mitat näkyvät rakennustehtäväpiirustuksissa. Ilman rakennustehtäväpiirustusta asennusvalvoja ei pysty huomaamaan laitteiden mahdollisia päällekkäisyyksiä tai putkiston törmäyksiä riittävän ajoissa. Myös suunnitelmiin tehtävät muutoksien päätökset helpottuvat rakennustehtäväpiirustusten avulla.

2D-taso- ja leikkauspiirustukset

Asennuksen kannalta olisi myös tarvetta 2D taso- ja leikkauspiirustuksille, mikäli on tarvetta tarkastella tilan käyttöä. Liitteen 1 isometristä putkikuvaa voi verrata liitteen 2 leikkauspiirustukseen, joista huomaa selvän eron liitteiden informaatioarvosta. Pelkästä isometrisestä putkikuvasta ei selviä ympäristössä olevia laitteita ja muita putkilinjoja.

Kaapelihyllyjen asennusta varten pitäisi olla mitoitettut piirustukset, joissa näkyisi myös putket, laitteet ja rakennuksen rakenteet. Myös sadevesiviemärit olisi esitettävä kuvissa. Liitteiden 3 ja 4 valokuvista näkee todellisen kaapelihyllyjen

sijoituksen. Liitteen 2 leikkauskuva on tehty liitteiden 3 ja 4 valokuvissa näkyvien pilarien väliin. Liitteen 2 leikkauskuvan piirtämistä edeltävässä suunnittelussa oli hankaluuksia, koska kaapelihyllyjä ei oltu esitetty asiakkaalta saaduissa leikkauspiirtustuksissa. Aluksi niiden kanssa tuli päällekkäisyyksiä,. Pällekkäisyydet saimme korjattua, kun kävimme paikanpäällä mittaamassa kaapelihyllyjen viemän tilan. Tässä meni työtunteja hukkaan.

Suunnittelun parannukset

Kaikkien suunnitelmien osalta olisi huolehdittava törmäystarkastelu, jossa on huomioitava myös lämpölaajeneminen ja kulkuteiden tilantarve.

Törmäystarkastelussa huomataan putkistojen ja laitteiden päällekkäisyydet ja kun suunnittelija tekisi tämän mallinnuksen jälkeen, siitä huomaisi heti osien päällekkäisyydet. Suunnittelija voisi korjata virheet ennen asennuksen alkua.

3D-suunnittelua olisi hyvä kehittää siten, että eri toimijoiden tekemien mallien yhdistäminen hoidettaisiin siten, että raskaiden kokonaisuuksien tilalle kehitettäisiin kevyet pintamallit, jotka olisivat muiden suunnittelualojen nähtävillä ikään kuin referenssinä. Näin pystyttäisiin paremmin estämään mahdolliset törmäykset, joka on kuitenkin yksi 3D-suunnittelun päätavoitteista.

Isoissa projekteissa monien eri suunnittelutoimistojen yhteisten tiedostojen säilytykseen tulisi kehittää järkevä systeemi. Nykyisellään tiedostojen säilyttäminen ja nimeäminen on sekavaa eikä tiedostoja meinaa löytää.

10.4 Johtopäätökset

Haastattelutuloksiksi saatiin tietoa asennusvalvojan työtä helpottavista piirustuksista. Myös suunnittelutyöhön ja mallinnusohjelmaan sekä tiedostojen säilyttämiseen tuli parannusehdotuksia.

Rakennustehtäväpiirustus (ks. liite 4) on tarpeen vaatiessa hyvä olla tietokoneella Autocad versiona, jossa sitä voi tarkastella ja mitailla tarkempia etäisyyksiä. Myös

tulostusmahdollisuus olisi hyvä olla, sillä paperiversiota on helpompi kuljettaa tiettyihin paikkoihin ja siihen voi tehdä helposti merkkauksia muutoksista.

2D-leikkaus- ja tasopiirustukset (leikkauspiirustus liitteessä 2) menevät samaan kategoriaan rakennustehtäväpiirustusten kanssa. Nekin on mielestäni hyvä olla tietokoneella, josta niitä voi tarkastella ja tarpeen vaatiessa tulostaa.

Kaapelihyllyjen piirustukset voisi laittaa 2D-leikkauspiirustuksiin. Tämä toimenpide vaatisi enemmän kommunikointia sähkösuunnittelijoiden kanssa, mutta helpottaisi työtä myöhemmin. Hankaluuksia tässä tuo se, että jos mitoitukseen tulee muutoksia, niitä ei välttämättä muista ilmoittaa jokaiselle sitä tietoa tarvitsevalle.

Jos on käytettävissä katseluohjelma Navisworksin lisenssiversio, pystyy 2D-piirustukset tulostamaan suoraan 3D-katselumallista. Tällöin edellämainitut Autocadissa toimivat dwg-piirustukset ovat periaatteessa turhia. Valitettavasti työmaalla on yleensä vain ilmaisversio Navisworksista, jolloin mallissa pystyy vain liikkumaan ja visuaalisesti katselemaan mallia. Ilmaisversiossa ei siis pysty edes mitoittamaan tarvittavia kohteita.

Törmäystarkastelut auttaisivat varmasti päällekkäin suunniteltujen laitteiden löytämistä riittävän ajoissa. Tämä parannusehdotus liittyy lähinnä mielestäni suunnittelijan huolellisuuden parantamiseen eikä siihen välttämättä ole aikaa projektin kiireisen aikataulun vuoksi. Lämpölaajeneminen täytyy tottakai huomioida tässä, koska se tulee viemään jokatapauksessa tilaa tehdasalueella. Tosin lämpölaajeneminen on myös asia, joka tulisi suunnittelijan huomioida jo suunnitteluvaiheessa, kuten rinnakkaisten putkien välissä ja putken ja tukirakenteen väliin jäävässä tilassa.

Kevyet pintamallit on mahdollista saada näkyviin esimerkiksi Autodeskin Navisworks-katseluohjelmalla, mutta katselumallit täytyy ajaa erikseen 3D-tietomallista. Kevyet pintamallit olisi saatava suunnittelijan nähtäville reaaliaikaisina refrensseinä 3D-tietomallissa suunnittelun aikana. Näin voisi huomata väärin suunnitellut kohdat heti suunnitteluvaiheessa ja korjata ne samantien.

11 Pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää millä tavoin 3D-tehdassuunnittelun dokumentointia voisi selkeyttää asennusvalvojan työn helpottamiseksi. Työ suoritettiin haastattelemalla asiantuntijoita. Haastattelutyypiksi valittiin strukturoimaton haastattelu, joka tarkoittaa vapaamuotoista haastattelua.

Haastatteluiden tekemiseen olisi pitänyt perehtyä paremmin. Jälkeenpäin ajatellen haastattelut olisi pitänyt äänittää, jotta vastaukset eivät olisi olleet pelkästään paperille nopeasti kirjoitettuna. Tämä olisi helpottanut ja nopeuttanut tulosten analysointia. Haastattelut olisi kannattanut pitää tiheämmässä tahdissa ja vastaukset olisi kannattanut kirjoittaa heti haastattelun jälkeen puhtaaksi, ettei myöhemmin olisi tarvinnut arvuutella, mitä haastateltava tai minä itse olin tarkoittanut.

Haastatteluosuutta hankaloitti se, että haastattelut tehtiin työajalla. Haastattelut eivät tietenkään olleet suunnittelijoille tärkeämpiä kuin heidän omat projektinsa ja tästä johtuen haastatteluihin tuli välillä katkoja.

Lähteet

- Bendapudi, K. 2010. Structural design of steel pipe support structures. Internetjulkaisu putkisilloista. Viitattu 12.2.2016. www.wermac.org/pdf/steel1.pdf
- Design of piping systems. 2009. Mansfield, CT: Martino Publishing.
- Enventure. 2015. The Various Fundamentals of Pipe Rack Design That Are Used In the Engineering Industry. <http://www.enventure.com/blog/the-various-fundamentals-of-pipe-rack-design-that-are-used-in-engineering/>
- Kajander, O. 2016. Tietoja opinnäytetyön teoriaosuuteen. Sähköpostiviesti 13.4.2016. Vastaanottaja M. Kajander. Suunnitteluinsinööritä saatuja tietoja asennusvalvonnasta, layout- suunnittelusta sekä luetteloista.
- Kashyap. H. 2014. Flare system piping. Viitattu 2.4.2016. <https://epcengineering.wordpress.com/category/piping-stress-analysis-2/>.
- Kesti, M. 1992. Teollisuusputkistot. Oulu: VAPK-kustannus.
- Laaksonen, R. 2016. Tietoja opinnäytetyön teoriaosuuteen. Suullinen tiedonanto 20.5.2016. Asiantuntijan tiedonanto rakennustehtäväpiirustuksista.
- Laiho, A. 2011. Prosessin perustana on kaavio. Tietotekniikan tuoteuutiset. Viitattu.13.4.2016. <http://www.tuoteuutiset.fi/pdf/TIE211s32-33.pdf>.
- Mitä standardisointi on?. N.d. Suomen standardointiliitto SFS ry. Viitattu 7.5.2016. www.sfs.fi/standardien_laadinta/mita_standardisointi_on
- Moo-Zung L. 2013. Primer on pipe supports. Viitattu 2.4.2016. <http://machine-design.com/hydraulics/primer-pipe-supports>.
- Pere, A. 2009. Koneenpiirustus 1 & 2. Espoo: Kirpe Oy.
- Pere, A. 2012. Koneenpiirustus 1 & 2. Espoo: Kirpe Oy.
- PSK 4201. 2013. Putkiluokat. Määrittely. Helsinki: PSK standardisointiyhdistys ry. Viitattu 8.5.2016.
- PSK 7302. 2015. Putkiston kannatus. Kannakestandardin käyttö. Helsinki: PSK standardisointiyhdistys ry. Viitattu 8.5.2016.
- PSK 7304. 2015. Putkiston kannatus. Teräsputket. Putkien suositeltavat kannakevälit. Helsinki: PSK standardisointiyhdistys ry. Viitattu 8.5.2016.
- PSK 7306. 2015. Putkiston kannatus. Ohjaukset ja kiintopisteet. Helsinki: PSK standardisointiyhdistys ry. Viitattu 8.5.2016.
- PSK 7360. 2015. Putkiston kannatus. Kynsiohjain. Helsinki: PSK standardisointiyhdistys ry. Viitattu 8.5.2016.
- PSK 7361. 2015. Putkiston kannatus. Ohjain. Helsinki: PSK standardisointiyhdistys ry. Viitattu 8.5.2016.
- PSK 7362. 2015. Putkiston kannatus. Estopala. Helsinki: PSK standardisointiyhdistys ry. Viitattu 8.5.2016.

PSK 7503. 2013. Suunnittelun tunnusluvut. Helsinki: PSK standardisointiyhdistys ry. Viitattu 8.5.2016.

PSK standardi. Putkiston kannatus. 2015. Helsinki: Copy-set Oy

SFS-EN ISO 14122-2 +A1. 2010. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 2: työskentelytasot ja kulkutasot. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 8.5.2016.

SFS-EN ISO 14122-3 +A1. 2010. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 3: portaat, porrastikkaat ja suojakaiteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 8.5.2016.

SFS-EN ISO 14122-4 + A1. 2010. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 4: kiinteät tikkaat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 8.5.2016.

Sölken, W. 2016. Introduction to pipe racks. Internet julkaisu putkisilloista. Viitattu 14.2.2016. <http://www.wermac.org/steel/piperacks.html>