

KANNAKOINNIN MERKITYS PROSESSIPUTKISTOJEN SUUNNITTELUSSA

Antti Henell

Opinnäytetyö
Helmikuu 2011

Paperikoneteknologian koulutusohjelma
Tekniikka ja liikenne





Tekijä HENELL, Antti	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 20.2.2011
	Sivumäärä 54+9	Julkaisun kieli suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (x)
Työn nimi KANNAKOINNIN MERKITYS PROSESSIPUTKISTOJEN SUUNNITTELUSSA		
Koulutusohjelma Paperikoneteknologian koulutusohjelma		
Työn ohjaaja SÄLLINEN, Pekka, Lehtori		
Toimeksiantaja Jyväskylän ammattikorkeakoulu PEKKOLA Kari, Kehitysinsinööri		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli perehdyttää lukija putkiston kannakointiin ja auttaa lukijaa ymmärtämään, mitkä kannakoinnin tekijät ja standardit vaikuttavat putkiston suunnitteluun. Kannakointi on osa prosessiputkiston suunnittelua ja työssäni tutkin kuinka kannakointi tulee suorittaa, sekä mitä komponentteja on kulloinkin käytettävä. Työn tilaajana oli Jyväskylän ammattikorkeakoulu.</p> <p>Työssäni keräsin tietoja kannakoinnin toteuttamisesta eri standardeista, projektiokohtaisista tehdasstandardeista ja ohjeista. Käytännön sovellukset perustuvat yli 15 vuoden kokemukseeni metsäteollisuuden suunnitteluprojektista.</p> <p>Putkiston kannakointi on aina osa prosessiputkiston kokonaisuutta. Kannakoinnin ensisijaisena tehtävänä on vastaanottaa putkiston painon aiheuttama kuormitus kannatuspisteessä ja jakaa kuormitus sekundäärikannakkeiden avulla ympäröiviin rakenteisiin. Kannakoinnin on myös vastaanotettava putkistosta tulevat värähtelyt ja liikkeet sekä lämpölaajenemisen aiheuttamat voimat oikein ja estettävä putkistoon liittyvien laitteiden vahingoittuminen. Kannakoinnissa onkin tärkeää valita oikeat primäärikannakkeet ja sijoittaa ne oikeaan kohtaan putkistossa. Kannakkeipisteiden valintaan vaikuttavat myös putkiston käytön ja huollon vaatimukset.</p> <p>Putkiston kannakointi on huomioitava jo layoutsuunnitelmaa tehtäessä. Jos kannakoinnin vaatimukset on huomioitu alusta alkaen, myös putkiston reititys on helpompi toteuttaa. Hyvin suunniteltuna kannakointi mahdollistaa putkiston toimivuuden. Väärin suunniteltuna kannakointi pilaa putkiston toimivuuden ja hankaloittaa huoltoa ja kunnossapitoa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Putket, putkistot, kannake, kannakointi, primäärikannake, sekundäärikannake, standardit		
Muut tiedot		



Author HENELL, Antti	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 20.2.2011
	Pages 54+9	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (x)
Title SUPPORTS IN THE PIPING SYSTEMS		
Degree Programme Paper Machine Technology		
Tutor(s) SÄLLINEN, Pekka, Lecturer		
Assigned by Jyväskylä University of Applied Sciences PEKKOLA, Kari, R&D Engineering		
Abstract <p>The aim of this bachelor's thesis was to help the reader to understand how a pipe support system works and what the right standards and components are. Supporting is a part of process piping design and in the thesis work the purpose was to research how support systems should be designed and what the right support components are.</p> <p>Information was collected about the different standards and project-based factory standards and instructions. The practical applications are based on my 15 years of experience in design projects for pulp and paper industry.</p> <p>Pipe supporting is a vital part of process piping. The main purpose of the support system is to carry the weight load in the support points and divide it to the surrounding structures with the help of secondary supports. It must also withstand vibration, motion and the effects caused by thermal expansion, and prevent damage to other equipment connected to the piping. This is why it is important to use the right kind of primary supports and to position them appropriately. The choice of the support points depends on the purpose and the maintenance needs of the piping.</p> <p>The support system must be taken into account at the layout planning stage. If the requirements of the support system are met from the very beginning, it is also easier to install the piping. A well-planned supporting system ensures the functionality of the piping. If not planned correctly, it prevents the piping from operating as desired and causes difficulties with maintenance.</p>		
Keywords Pipe, piping systems, support, primary supports, secondary supports, supporting, standard		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1	KANNAKOINTI PUTKISTOSUUNNITTELUN OSANA.....	5
2	TEHDAS- JA LAITOSSUUNNITTELU	6
2.1	Suunnittelun osat	6
2.2	Suunnittelujärjestelmät	7
2.3	Dokumenttien luovutus asiakkaalle	8
3	STANDARDIT	8
3.1	Standardien valinta.....	8
3.2	Putkiluokat ja materiaalit.....	11
4	PAINELAITEDIREKTIIVI.....	11
4.1	Putkistojen luokitus.....	12
4.2	Kemikaalien ryhmäjako	12
4.3	Kannakkeiden luokitus.....	14
5	PUTKISTOREITITYS.....	14
5.1	Laitesijoituspiirustus	15
6	KANNAKOINNIN PERUSTEET.....	15
6.1	Kannakoinnin tehtävät.....	15
6.2	Käytettävät komponentit	17
6.3	Primäärikannakkeet.....	18
6.4	Sekundäärikannakkeet	18
6.5	Kannatusvälit	19
7	KANNAKOINNIN TOIMINTA.....	21
7.1	Liukukannake ja kynsiohjattu liukukannake	22
7.2	Kiinteä kannatus.....	24
7.3	Estopalat.....	24
7.4	Tasokannake	25
7.5	Riippukannake	26

7.6	Jousi- ja vakiovoimakannakkeet.....	26
8	PINTAKÄSITTELYT.....	28
9	DOKUMENTOINTI.....	28
9.1	Standardin vaatimukset	28
9.2	Kannakeluettelot	29
9.3	Tyypikannakkeet	29
9.4	Kannakoinnin dokumentit laitossuunnittelun asiakirjoissa.....	30
9.4.1	Merkitseminen piirustuksiin ja isometreihin sekä luetteloihin	31
9.4.2	Putkistopiirustukset	31
9.4.3	Putkistoisometrit	32
9.4.4	Rakennustehtäväpiirustus	33
9.4.5	Säiliöiden mittapiirustus.....	34
10	ERISTYKSET.....	37
10.1	Putkiston eristäminen	37
10.2	Eristyspaksuuden valinta	38
11	LUJUUKSIEN MÄÄRITTÄMIEN.....	40
12	ERIKOISKOHTEET	42
12.1	Putkisilta	42
12.2	L-mutka	43
12.3	Z-mutka	44
12.4	U-tasaimet	44
12.5	Pumput	45
12.6	Venttiilit ja instrumentoinnin kenttälaitteet	47
12.7	Varoventtiilit ja niiden purkuputkisto	48
12.8	Puhdistettavat laitteet	48
12.9	Pitkät pystynousut ja lämpölaajenevat säiliöt	48
12.10	Korkean viskositeetin putkistot	49
12.11	Käytönaikaiset kuormitukset	49

13	KANNAKOINNIN KUSTANNUSVAIKUTUS.....	49
13.1	Suunnittelukustannukset.....	50
13.2	Materiaalikustannukset.....	51
13.3	Asennuskustannukset	51
14	POHDINTA.....	51
15	LÄHTEET	53
16	LIITTEET	55
	Liite 1. Tehdasstandardi	55
	Liite 2. Standardin SFS-EN 13480-3/A3 taulukko N.1 Kannatinten dokumentointi.....	56
	Liite 3. FT-Engineering Oy:n käyttämä kannakeluettelo	57
	Liite 4. FT-Engineering Oy:n käyttämä primäärikannakelista.....	58
	Liite 5. FT-Engineering Oy:n käyttämä sekudäärikannakelista	61
	Liite 6. FT-Engineering Oy:n käyttämäperiaatekuva pumppujen kannakointiin.....	62
	Liite 7. PDMS-ohjelmalla tuotettu putkistoisometri	63

KUVIOT

KUVIO 1.	Paineluokitus vaarattomat kaasut.....	13
KUVIO 2.	Porrastorni.....	16
KUVIO 3.	Putkien etäisyydet.....	17
KUVIO 4.	Vaihtelevat kannakevälit	20
KUVIO 5.	Haaroituksen kannakointi.....	22
KUVIO 6.	Kevyt ja raskas kynsiohjain	23
KUVIO 7.	Tasokannake.....	25
KUVIO 8.	Sankaan hitsattu lattarauta ja riippukannake.....	26
KUVIO 9.	Alapuolinen jousikannatus.....	27
KUVIO 10.	Tyypikuva putken kannakoinnista säiliön kylkeen.	35
KUVIO 11.	Tyypikuva putken kannakoinnista säiliön päälle.....	36
KUVIO 12.	Kannakointi vahvikerautojen väliin.	36

KUVIO 13. Eristetyn ja eristämättömän putken kannakointi.....	38
KUVIO 14. CADMATIC-ohjelmiston jouston laskentamoduuli.....	41
KUVIO 15. Tyhjennysyhteen sijoittaminen.....	41
KUVIO 16. Z-mutka.....	44
KUVIO 17. U-tasain.....	45
KUVIO 18. Pumpun kannakointi	46
KUVIO 19. Venttiilien kannakointi	47

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Kannakkeiden luokittelu	15
---	----

1 KANNAKOINTI PUTKISTOSUUNNITTELUN OSANA

Putkiston kannakesuunnittelu on yksi tehdas- ja laitossuunnittelun osa-alue. Putkiston reititykseen ja sen kannakointiin ei ole olemassa yhtä oikeaa ratkaisua. Prosessiteollisuuden eri toimialat ovat tottuneet tekemään reititykset omalla tavallaan. Eri tehtailla on omia käytäntöjä ja niiden pohjalta laadittuja toimintaohjeita. Suunnittelutoimistot ja niiden suunnittelijat tekevät aina hieman erilaisia ratkaisuja. Jopa samassa projektissa työskentelevillä suunnittelijoilla voivat käytännöt olla erilaiset. Tästä aiheutuu helposti tilanne, jossa hankitaan turhaan eri komponentteja ja materiaaleja, vaikka hyvällä koordinoinnilla selvittäisiin huomattavasti pienemmällä komponentti valikoimalla. Suunnittelu voi tuhjata voimavarojaan myös tekemällä saman standardiratkaisun useaan kertaan.

Suomessa putkistosuunnittelussa käytettäviä standardeja ovat putkiluokat, kannakointi- ja eristysstandardit. Niiden standardit on koottu kirjoihin PSK-käsikirja 7 Putkiluokat osat 1 ja 2, SFS-käsikirja 107 Putkiston kannatus ja SFS-käsikirja 132 Teollisuuseristys.

Kannakepisteidensuunnitteluun ei ole julkaistu varsinaisia oppikirjoja ja tiedot kannakoinnista ovat hajallaan eri lähteissä.

Työni tarkoituksena oli tutkia putkiston reitityksen suunnittelua kannakoinnin lähtökohdista sekä miettiä, mitkä kannakoinnin tekijä määräävät tai rajoittavat putkistosuunnittelua. Työni pohjautuu kirjallisten lähteiden lisäksi yli viidentoista vuoden aikana hankittuun käytännönkokemukseen putkiston kannakoinnista.

Työni toimeksiantajana oli Jyväskylän ammattikorkeakoulun teknologiayksikkö ja tätä materiaalia on tarkoitus kehittää jatkossa luentomateriaaliksi.

Jyväskylän ammattikorkeakoulu (JAMK) on Jyväskylässä ja Saarijärven Tarvaalassa, toimiva kansainvälinen korkeakoulu jossa opiskelee yli 8000 opiskelijaa. Sen yksiköitä ovat ammatillinen opettajakorkeakoulu, hyvinvointi- ja teknologiayksikkö sekä liiketoiminnan- ja palvelut -yksikkö. (Tutustu JAMKiin 2011.)

2 TEHDAS- JA LAITOSSUUNNITTELU

2.1 Suunnittelun osat

Tehdas- ja laitossuunnittelu on prosessiteollisuuden suunnittelun osa, joka voidaan karkeasti jakaa esimerkiksi seuraaviin osiin

1. projektinjohto, joka vastaa projektin aikataulutuksesta, resurssien riittävästä ja budjetista
2. prosessisuunnittelu, joka määrittää prosessin ominaisuudet ja mitoittaa prosessin
3. lujuuslaskija, joka vastaa rakenteiden lujuuksista sekä valitsee putkistossa käytettävät putkiluokat ja laskevat tarvittavat lujuuslaskelmat tai painelaitedi-
rektiivin PED 97/23/EY vaatimat analyysit
4. layoutsuunnittelu, joka suunnittelee laitoksen sijoittumisen valitulle tontille, sekä määrittää päälaitteiden paikat kullekin osastolle ja suunnittelee osastojen väliset yhteydet
5. rakennesuunnittelu, jonka tehtävänä on teollisuuslaitoksen kantavien rakenteiden, kulkuteiden, teräsrakenteiden putkisiltojen yms. suunnittelu
6. putkistosuunnittelu, joka reitittää ja suunnittelee prosessin vaatimat aineiden siirtoon tarvittavat putkistot
7. laitesuunnittelu, joka yhteistyössä laitteiden valmistajien kanssa viimeistelee laitteiden sopivuuden kyseiseen prosessiin ja suunnittelee niiden vaatimat teräsrakenteet.

Putkiston osuudeksi teollisuuslaitoksen kokonaisinvestoinnista arvioidaan 5–15 %. Se vaihtelee teollisuuden alojen mukaan. Sähkö- ja kaukolämpölaitoksissa 5–8 %, voimalaitos- ja selluloosatehdas yhdistelmässä 7–12 % sekä prosessi- ja petrokemianteollisuudessa 10–15 %. Suunnittelun osuus putkiston investointikustannuksista vaihtelee 10–15 %. (Hämäläinen 1999a, 3.)

Metsäteollisuuden uusien suunnittelukohteiden vaatima aika on 4000–10000 työtuntia. Niissä on tyypillisesti 75–300 putkilinjaa, ja niitä kannakoimaan tarvi-

taan 300–1000 kannakepistettä. Yhden putkilinjan suunnitteluun menee noin 15 h ja yhden kannakepisteen suunnitteluun 1–2 tuntia. Putkistosuunnittelun ja kannakoinnin osuus koko projektin tuntimäärästä on 30 - 50 %. (Lindberg 2010.)

2.2 Suunnittelujärjestelmät

Kolmiulotteinen mallinnus eri CAD-ohjelmistoilla alkoi Suomessa 1980-luvun alussa suurten teollisuusyritysten toimesta. CAD/CAM-yhdistyksen tekemän tutkimuksen mukaan laitossuunnittelu jakautuu lähes tasan 2D/3D-ohjelmistojen välillä ja 3D:n osuus on kasvamassa. Yleisimmät käytetyt ohjelmat ovat AutoCAD, Vertex, PDMS, CADS Planner, SolidWorks ja CADMATIC. (Innala, Kallioinen & Saarinen 2009, 25.)

Isot uudiskohteet suunnitellaan nykyään käyttäen 3D-laitossuunnittelu ohjelmistoja. Suomessa käytettyjä 3D-laitossuunnittelun ovat esimerkiksi PDMS, CADMATIC 3D ja Vertex. Näihin ohjelmistoihin kuuluu erillinen kannakointimoduuli, jonka avulla kannakointi on helpointa suorittaa. Ohjelmistot perustuvat tietokantoihin ja ne tuottavat myös piirustusdokumenttien lisäksi tarvittavat kannakelistat ja materiaaliluettelot.

Isojen uudiskohteiden kohteiden lisäksi tehdään vuosittain lukuisia uusintoja, yksittäisten linjojen lisäyksiä ja koneiden siirtoja. Näiden kohteiden koko vaihtelee sadasta tunnista useisiin tuhansiin tunteihin. Projektien lähtötiedot eivät ole aina helposti saatavilla ja niiden oikeellisuutta on tarkasteltava kriittisesti. Samoin käytetyt CAD-järjestelmät voivat olla jo vanhentuneita tai niitä ei ole saatavilla. Tällöin joudutaan turvautumaan usein 2D-CAD-kuviin tai joissakin tapauksissa jopa tulosteista skannattuihin rasterikuviin. (Lindberg 2010.)

2D-suunnittelussa yleisin formaatti on AutoCAD. AutoCADilla suunnittelua helpottamaan tarvitaan jokin putkistosuunnittelu- ja kannakoinninsovellus. Suomessa eniten käytössä oleva kaupallinen sovellus on CADMill Mechanical. CadMill Mecanical 2009 sisältää moduulit tehdaslayout- ja putkistosuunnitteluun sekä teräsrakenne- ja säiliösuunnitteluun. Ohjelmaan sisältyy myös isometrien piirto-osio sekä tietokantayhteydet luetteloiden tuottamiseksi. (CADMill Plant Design-järjestelmä n.d.)

Muita käytössä olevia 2D-ohjelmia ovat mm. MicroStation ja CADS Planner (Innala, Kallioinen & Saarinen 2009, 25).

2.3 Dokumenttien luovutus asiakkaalle

Projektin lähtötietoja määriteltäessä on sovittava, missä muodossa kuvat luovutetaan asiakkaalle. Samoin on myös sovittava, mille tasolle piirrettävät alkioit mallinnetaan. Tasojen nimeäminen on standardisoitu PSK 5821-standardissa. Usein kuitenkin käytetään tehtaan omaa standardia tai jätetään tasojen määrittely kokonaan suunnittelusta vastaavan konsultin vastuulle.

Lähes kaikki ohjelmat pystyvät lukemaan ja tallentamaan kuvat AutoCAD-muotoon. Usein projekteissa sovitaan myös, että kuvat luovutetaan asiakkaalle AutoCAD- tai DXF-muodossa. Tällä hetkellä käytössä on AutoCAD 2010 tallennusmuoto, mutta AutoCAD 2007 ja sitä vanhemmat AutoCAD 2004 ja AutoCAD 2000 ovat vielä käytössä monissa yrityksissä. On tärkeää varmistautua tilaajan käyttämästä versiosta.

3D-ohjelmistot tuottavat myös katselumalleja. Näiden avulla asiakas voi liikkua mallissa ja kommunikoida suunnittelijoiden kanssa hankkimatta mallinnusohjelmaa.

3 STANDARDIT

3.1 Standardien valinta

Putkistosuunnittelun reitityksen ei ole olemassa yhtä ja ainoaa oikeaa standardisoitua tapaa reitittää, vaan ratkaisut voivat olla hyvinkin erilaisia suunnittelukohteesta riippuen. Suunnittelua ohjaavat lait, asetukset ja viranomaismääräykset. Myös nämä määräykset voivat vaihdella eri maissa.

Eurooppalaisella tasolla putkistosuunnittelua ja kannakointia ohjaavia EN-standardeja ovat SFS-EN 13480-3 teollisuusputkistojen suunnittelu ja SFS-EN 13480-4 teollisuusputkistojen asennus. Yhdysvalloissa käytössä on standardit ASME B31.1 Power Piping ja ASME B31.3 Process Piping, ja Japani on standardisoinnut putkistoa omaan JIS-standardiinsa.

SFS, Suomen standardisointiliitto, on standardisoinnin keskusjärjestö Suomessa. Sen tehtävänä on mm. luoda standardikokoelma, joka vastaa Suomen tarpeita ja sisältää kansainväliset ja eurooppalaiset sopimusten edellyttämät kansalliset standardit. PSK Standardisointiyhdistys on SFS:n jäsen. (SFS Standardisointi n.d.)

PSK Standardisoinnin jäsenistö koostuu monipuolisesti teollisuudesta, sitä palvelevasta liiketoiminnasta ja tutkimus- kehitys- ja koulutuspalveluista. Siihen kuuluvien jäsenyritysten yhteinen liikevaihto on yli 50 miljardia euroa. PSK:n työryhmissä työskentelee vuositasolla noin 200 asiantuntijaa. (PSK:n esittelykalvot n.d.)

PSK laatii yhteistyössä SFS:n kanssa teollisuuden investoinneissa ja kunnossapidossa tarvittavat SFS–Standardit. Käsikirjat ovat kaksikielisiä, (suomi – englanti) ja niitä voi käyttää koti- ja ulkomaisissa hankkeissa. (Putkiluokat 2008, 7.)

SFS-EN 13480-sarjan standardit

Teollisuusputkistojen suunnittelu on määritelty standardissa SFS-EN 13480-3. Tämä standardi ottaa kantaa myös putkiston kannakointiin. Siinä ei kuitenkaan ole esimerkiksi primäärikannakkeiden malleja, tai siitä ei löydy kannakevälejä.

SFS- ja PSK-standardit

Putkiluokkastandardit on koottu PSK Standardisoinnin julkaisemiin PSK-käsikirja 7 Putkiluokat osat 1 ja 2. Ne perustuvat EN-standardeihin ja korvaavat aiemmin käytetyn SFS-käsikirjan 123 Putkiluokat käyttämät standardit. Kirjan uusimmat painokset ovat vuodelta 2008. (Putkiluokat 2008, 7.)

Kannakointi on standardisoitu SFS-standardeilla ja ne on koottu SFS-käsikirjaan 107 Putkiston kannatus. Kirjan perustana on PSK Standardisointiyhdistys ry:n laatimat standardit. Kirjan uusin kuudes painos on marraskuulta 2007 ja se on kaksikielinen (suomi-englanti). Vastaavasti putkien eristysstandardit löytyvät SFS-käsikirjasta 132 Teollisuuseristys. (Putkiston kannatus 2007, 3.)

PSK-käsikirjat Putkiluokat 1 ja 2, SFS-käsikirja 107 Putkiston kannatus sekä SFS-käsikirja 132 Teollisuuseristys, luovat putkistosuunnittelun perustan. (Putkiluokat 2008, 7.)

SSG Standardit

Pohjoismainen standardi SSG tuntee myös kannakoinnin. Vuonna 2009 valmistuneissa SSG-standardeissa 7000 -7270 määritellään myös painelaite direktiivin 97/23/EC:n mukaiset putkiston kannakkeet. (SSG Standard 2009.)

Putkistosuunnittelun ja kannakoinnin kannalta on muistettava, että SSG-standardissa putkien halkaisijan määrittää sisämitta. Siinä putken seinämän kasvaessa putken ulkohalkaisija kasvaa virtaustilavuuden pysyessä samana. Tämä vaikeuttaa myös kannakointia, sillä eri seinämän vahvuisille putkille tarvitaan erikokoiset kannattimet. Myös SSG-standardin putkikäyrät ovat erikokoisia kuin esimerkiksi SFS- ja DIN-standardien putkikäyrät.

Muut standardit

Vientiprojektin putkistosuunnittelua varten on erittäin tärkeää selvittää kohteen standardit heti projektin alussa. Eri maissa hyväksyttävät putkimateriaalit, tarkistus- ja ainetodistusvaatimukset voivat aiheuttaa yllätyksen taloudellisesti tai ajallisesti. Standardien käyttö vaihtelee eikä kaikissa projekteissa välttämättä ole standardeja suunnittelijan tukena. Tällöin toimitaan paikallisten tehdasstandardien tai esimerkiksi primäärikannakkeiden valmistajien antamien mittojen mukaan. (Hämäläinen 1999b, 3.)

Metsäteollisuusprojekteissa tehdasstandardit usein ovat hyvin samanlaisia kuin PSK- standardit. Tähän on vaikuttanut Jaakko Pöyry Oy:n vahva suunnittelu-panos ja tietämys.

Usein Aasian teollisuusmaihin tehtävissä projekteissa hyväksytään EN-standardit, mutta myös ASME standardeja tai omia tehdasstandardeja käytetään.

Liitteessä 1 Tehdasstandardi on esitelty espanjalaisen ENCE Celulosas de Asturias tehtaan käyttämä primäärikannake standardi. Primäärikannake toiminnaltaan hyvin samanlainen kuin PSK standardin vastaavat, mutta suunnitteluun olennaisesti vaikuttava mitta kannakkeen korkeus on erilainen.

3.2 Putkiluokat ja materiaalit

Putkiluokissa siirryttiin uuteen merkitsemistapaan vuonna 2008 PSK-standardin korvatessa aiemmin käytetyt standardit.

Putkiluokilla tarkoitetaan samaan putkilinjaan kuuluvien suorien putkien ja putkenosien valikoimaa. Putkenosia ovat putkikäyrät, putkikäyrät, T-putket, T-haarat, laipat, päädyt, kierteelliset putkenosat, ruuvit, mutterit, aluslaatat ja tiivisteet. Standardi määrittää osien mitat ja materiaalit. Suunnittelija valitsee putkiluokan virtaavan aineen, korroosio-olosuhteiden, paineen ja lämpötila tietojen mukaan. (Putkiluokat 2008, 9.)

Täydellisenä putkiluokat merkitään seuraavasti: sana putkiluokka, putkiluokkastandardin, kirjaimen E nimellispaineen lukuarvon (bar), materiaalitunnuksen ja lisätunnuksen.

Esimerkiksi metsäteollisuudessa yleisesti käytetty putki, jonka paineenkesto on 10 bar ja materiaalina ruostumatonta terästä merkittäisiin

Putkiluokka PSK E 10 H1 A

Lyhennettyä tunnusta E10H1A voidaan käyttää kaavioissa, luetteloissa ja vastaavissa. (Putkiluokat 2008, 10.)

Prosessiteollisuudessa yleisimmät materiaalit ovat kuumalujat teräkset, joiden tunnus kirjain on C, sekä ruostumattomat teräkset, joiden tunnus kirjain on H. Lisäksi käytetään jonkin verran lujitemuovi- ja kestumuoviputkia, joiden tunnukset ovat S ja L. (Putkiluokat 2008, 11.)

4 PAINELAITEDIREKTIIVI

Painelaitedirektiivi 97/23/EY, josta käytetään lyhennystä PED (Pressure Equipment Directive) tuli voimaan 29.11.1999, ja sen siirtymäkausi päättyi 29.5.2002. Suomessa kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaitteista (938/1999) sisältää painelaitedirektiivin (97/23/EY) menettelyt painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien suunnittelulle, valmistukselle ja vaatimustenmukaisuuden arvioinnille. (Painelaitteet n.d, 5.)

4.1 Putkistojen luokitus

PED jakaa painelaitteet neljään eri luokkaan. Luokituksen määrittävät putkiston nimellisuuruus, suurin sallittu käyttöpaine ja sisältö. Nämä tiedot on määriteltävä kaikkiin suunniteltaviin putkiin. Painelaitesäädöksen 938/1999 liite 2 määrittää, mitä luokituskuvaa on käytettävä luokaa valittaessa. Valintakriteerit ovat kemikaalin vaarallisuus ja aineen olomuoto. Vaarallisuuden mukaan määritetään kuuluko kemikaali ryhmään 1 vai 2 ja aineen olomuoto voi olla kaasu tai neste. (Kemikaaliputkistot 2007, 8.)

Luokituskuvista saadaan nimellisuureen ja paineen avulla määritettyä putkiston luokkaa. Rajaviivalla luokitus valitaan alemman luokan mukaan. Luokitus on kasvavan vaaran mukainen

- 0-luokka, josta käytetään myös nimitystä 6§ tai hyvä konepajakäytäntö.
- luokka I
- luokka II
- luokka III. (Painelaitteet n.d, 6.)

Jos putkisto on luokassa 0 tai ns. 6§, se on valmistettava hyvän konepajakäytännön mukaisesti, eikä siltä edellytetä vaatimustenmukaisuuden arviointinnettelyä. Siihen ei myöskään saa merkitä CE-merkintää. Luokissa I, II ja III putkistot tulee CE-merkitä. Niiden on täytettävä päätöksen 938/1999 olennaiset turvallisuusvaatimukset. (Kemikaaliputkistot 2007, 10.)

4.2 Kemikaalien ryhmäjako

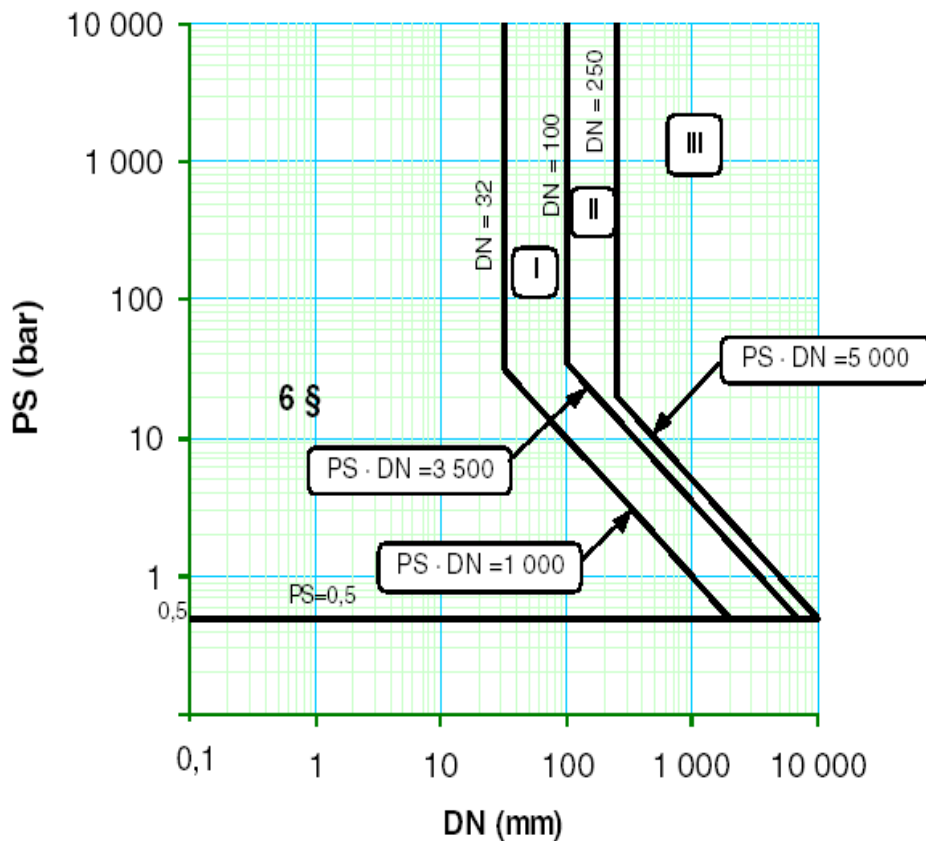
Kemikaalit jaetaan 1 ja 2 ryhmän kemikaaleihin virtaavan aineen mukaan. Putkistossa virtaava aineet voivat olla kaasuja, nesteitä tai höyryjä sekä näiden seoksia. Joissakin tapauksissa esim. paperiteollisuuden massaputkissa sisällössä voi olla myös kiinteitä ainesosia. Kemikaaliasetuksen 3§ mukaan ryhmään 1 kuuluu sisällöltään vaaralliset aineet, joita ovat

- räjähtävä (E)
- erittäin helposti syttyvä (F+)
- helposti syttyvä (F)
- syttyvä (R) (jos korkein sallittu lämpötila on korkeampi kuin leimahduspiste)
- erittäin myrkyllinen (T+)

- myrkyllinen (T)
- hapettava. (O)

Ryhmää 2 kuuluvat kaikki muut sisällöt, kaikki myös voimakkaasti syövyttävät aineet. (Kemikaaliputkistot 2007, 8.)

Kuviossa 1 on esitetty vaarattoman kaasun valinta. Poikkeuksen valintaan tekevät yli 350 asteen lämpötilassa olevat aineet. Kuviota luettaessa ne nostetaan II luokasta III luokkaan. Esimerkiksi hyvään konepajakäytäntöön kuuluvat putket toteuttavat ehdon $PS \times DN = 1000$. Silloin DN 100 kokoa oleva putki (10 bar) tai DN 200 kokoa oleva putki (5 bar) paineessa toteuttaa sen.



KUVIO 1. Paineluokitus vaarattomat kaasut

(Kemikaaliputkistot 2007, 13.)

4.3 Kannakkeiden luokitus

Standardi SFS-EN 13480-3 jakaa kannakkeet kolmeen eri luokkaan putkilinjan luokituksen mukaisesti. Vastaavasti kannakeluokka määräytyy putkilinjan luokituksen mukaisesti. Jos samalla sekundäärikannakkeella on kannakoituna useita putkia, luokka määräytyy vaativimman putkilinjan mukaan.

TAULUKKO 1. Kannakkeiden luokittelu

Putkistoluokka	Kannattimen luokka
III	S 3
II	S 2
I ja 0	S 1

(SFS-EN 13480-3 + A1 2006, 284–286.)

5 PUTKISTOREITITYS

Putkistosuunnittelussa pohja suunnittelulle saadaan PI-kaaviosta. Putkiston tulee vastata kaikilta osin PI-kaaviota. Jotta saataisiin kaavion mukaisen toimivan putkiston, tulee putkistosuunnittelijan hankkia lähtötietoja eri tahoilta. Esimerkiksi Sweco Industryn Oy:n sisäisten ohjeiden laatijan Tapani Kosken mukaan

Projektin vastaavan tulee huolehtia, että putkistosuunnittelijalla on käytössä ainakin seuraavat lähtötiedot:

- *projekti-ohjeet*
- *virtauskaaviot*
- *PI-kaaviot*
- *putkiluokat*
- *putkilinjaluetelo*
- *varusteiden tekniset erittelyt*
- *putkivarusteluettelot*
- *kannakointiohjeet*
- *eristysmäärittelyt*

- *aluekartta*
- *tehdassijoituspiirustus*
- *laitesijoituspiirustukset*
- *rakennustehtäväpiirustukset*
- *laitteiden mittapiirustukset*
- *teräsrakennepiirustukset.*

5.1 Laitesijoituspiirustus

Laitesijoituspiirustus eli layoutkuva on suunnittelun ensimmäinen tehtävä.

Layoutkuvassa tulee PSK 5806-standardin mukaan esittää muun muassa ilmansuunnat, rakenteet, laitteet, putket ja kanavat sekä turvallisuuteen liittyvät tiedot. (PSK 5806, 2–3.)

Layoutin valmistuttua voidaan aloittaa putkistosuunnittelu. Suunnittelu aloitetaan suurimmista ja vaativimmista linjoista, jotka ovat yleensä putkisillan linjoja. Myös prosessin mahdolliset kuumat höyrylinjat, korkeiden säiliöiden tulo- ja paluulinjat, pumppujen imu- ja painelinjojen sekä päälaitteiden alueella sijaitsevat linjat kuuluvat ensimmäisinä suunniteltaviin linjoihin. Näiden linjojen sijainti on syytä lukita mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Lisäksi erityistä lujuustarkastelua vaativat linjat kuuluvat ensimmäisiin suunniteltaviin linjoihin.

Layoutin teon yhteydessä luodaan laitoksen päälinjojen suunnat sekä sovitaan putkilinjojen peruskorot. Putket suunnitellaan kulkemaan mahdollisimman tarkasti näitä suuntia ja korkoja käyttäen. Layoutkuvan tietojen avulla voidaan aloittaa putkistojen suunnittelu siten, että kannakointi on mahdollista.

6 KANNAKOINNIN PERUSTEET

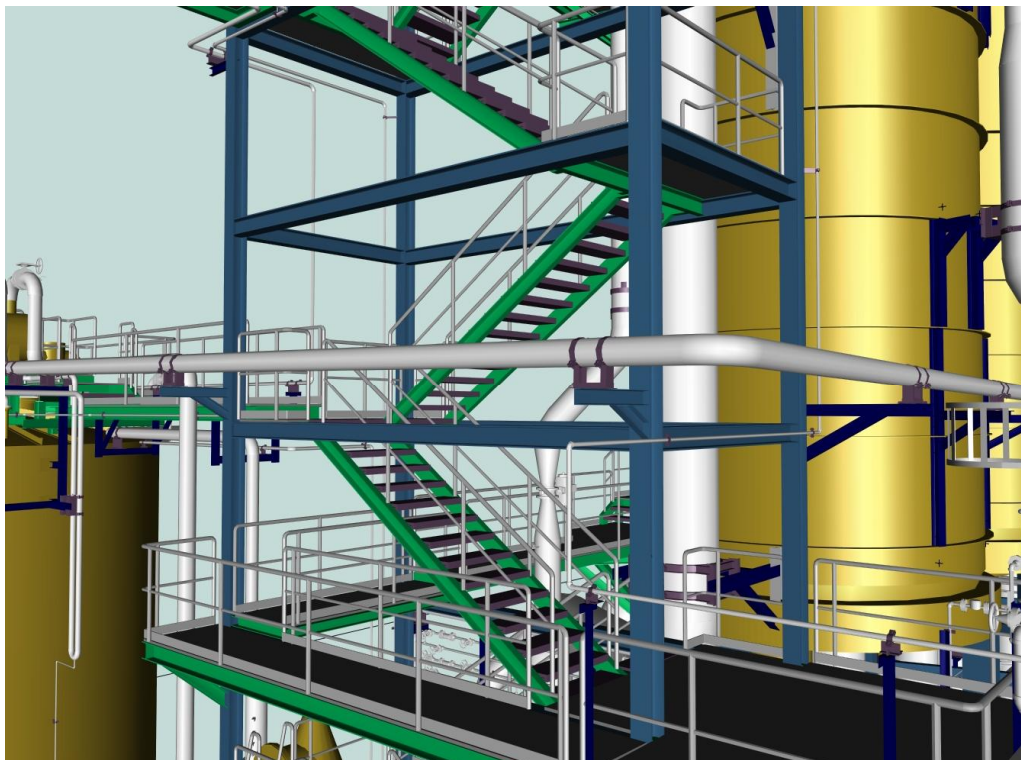
6.1 Kannakoinnin tehtävät

Kannakoinnin tehtävänä on putkiston aiheuttaman painokuorman vastaanottaminen kannakointipisteessä. Kannakointi koostuu putkiin kiinnitettävistä primäärikannakkeista sekä sekundäärikannakkeista, joiden avulla kannake kiinnitetään ympäröiviin rakenteisiin. Putkiston kannatus tulee ennakoida jo putkiston sijoitussuunnitelmaa tehtäessä. Putkiston ja sen sisällön aiheuttama paino on suu-

rin sekundäärikannakkeisiin kohdistuva voima. Standardia SFS 5363 käytetään tämän kuormituksen laskemiseen. Usein putkistolle tulee tehdä vesipainekoe ennen käyttöönottoa. Lujuustarkastelussa tulee näiden kuormien lisäksi huomioida ohjaus- ja kiintopisteisiin putken liikkeistä kohdistuvat voimat. (Putkiston kannatus 2007, 12–14.)

Layoutkuivissa esitettävät rakenteet, pilarit, tasot, seinät, aukot, tunnelit, putkisilvat ovat kannakoinnin perusta. Näiden lisäksi sekundäärikannakkeita voidaan kiinnittää hoitosiltojen, porrastornien, säiliöiden ja laitteiden rakenteisiin. Usein onkin edullisempaa rakentaa kannakepisteet jo valmiiksi, jolloin kannakesuunnittelussa ei tarvita sekundäärirautoja, vaan primäärikannakkeet kiinnitetään suoraan valmiisiin kohteisiin.

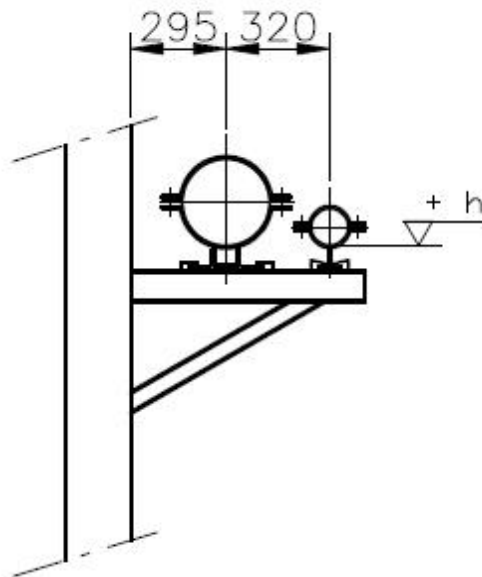
Kuviossa 2 on etualalla olevien porrastornin väristen orsien paikat tiedetty jo porrastornin suunnittelun aikana. Nämä orret on pystytty valmistamaan jo porrastornin teon yhteydessä. Tällä on vähennetty asennustyömaalla tapahtuvaa sekundäärirautojen hitsausta ja maalaamista huonoissa olosuhteissa. Aina ei kannakepaikkoja voida rakentaa etukäteen, mutta niiden aiheuttama kuormitus on pystyttävä arvioimaan riittävän tarkasti.



KUVIO 2. Porrastorni

Kannakointia varten putket tulee sijoittaa alapintakorkoon. Käytettäessä matalaa liukukannatinta DN 100–DN 1200 koon putkilla, on alapintakorko 76 mm sekundäärikannattimen yläpuolella. Näin saadaan putket asennettuna samalle sekundäärikannattimelle eikä erillisiä korotuspaloja tarvita. Putkistosuunnittelijan on varmistettava kannakkeiden mitoista alapintakorot ja niiden ryhmittely ennen reitityksen tekemistä.

Kuviossa 3 on esitetty DN 250 ja DN 100 koon putket asennettuna samalle sekundäärikannattimenorrelle. Putken etäisyys pilarista ja putkien välinen etäisyys ovat standardin SFS 5364 mukaisia (Putkiston kannatus 2007, 48,52).



KUVIO 3. Putkien etäisyydet

6.2 Käytettävät komponentit

Putkiston kannakkeet jaetaan tyypinsä mukaan primääri- ja sekundäärikannakkeisiin. Primäärikannakkeet ovat putkistoon suoraan kiinnitettäviä komponentteja. Primäärikannakkeita ovat putkisangat, liukukannattimet, riippukannattimet ja jousikannattimet sekä estopalat ja kynsihjaimet. Sekundäärikannakkeet ovat taas rakenteisiin kiinnitettäviä rautoja, joiden päällä primäärikannakkeet sijaitsevat. (Putkiston kannatus 2007, 13.)

Sekundäärikannattimiksi valitaan erilaisia putkipalkkeja ja levyjä sekä kiinnitysrautoja. Sekundäärikannattimien raudat on syytä määrittellä jo heti projektin alussa. Tällä mahdollistetaan materiaalien järkevä käyttö. Ei ole tarkoituksenmukaista, että projektissa on käytössä useita eri seinämän vahvuuksia ja profiileja.

Putkistojen kannakointi ja kannakepisteet määräytyvät alustavasti jo putkistoreitityksen yhteydessä. Jo layoutvaiheessa layoutsuunnittelijan on tiedostettava putkiston kannakoinnin vaatimukset. Putkistolle on järjestettävä kokoluokasta, lämpötilasta ja virtaavasta aineesta riippuen tasaisin välein mahdollisuuksia kiinnittyä ympäröiviin rakenteisiin. Jos tämä ei ole mahdollista, on erikseen rakennettava putkisilta tai muu rakennelma, johon kiinnittäminen on mahdollista.

6.3 Primäärikannakkeet

Primäärikannakkeet ovat putkistoon suoraan liitettäviä komponentteja. SFS-standardin mukaan niihin kuuluvat

- putkisangat SFS 5370–SFS 5372 ja SFS 5856–SFS 5857
- liukukannattimet SFS 5373–SFS 5378 ja SFS 5858–SFS 5860
- putkeen hitsattava liukukannatin SFS 5879
- tasokannattimet SFS 5396
- riippukannakkeet SFS 5861–SFS 5862, SFS 5380–5381, SFS 5384–5392 ja SFS 5394
- kevyt- ja raskaskynsi ohjain SFS 5366 ja SFS 5367
- estopala SFS 5368
- jousikannattimet SFS 5393.

Primäärikannakkeet tulisi aina sijoittaa putkeen eikä siihen liittyviin laitteisiin. Suomessa prosessiteollisuudessa ei suositella käytettäväksi standardin SFS 5879 mukaista putkeen hitsattavaa liukukannatinta eikä standardin SFS 5369 mukaista U-sankaa (Lindberg, 2010).

6.4 Sekundäärikannakkeet

Sekundäärikannake on ympäröivään rakennuksen pilareihin tai lattiaan, putkisiltaan, laitteiden tukirakenteisiin yms. paikkoihin kiinnitettävä uloke, portti tms. rakennelma, johon primäärikannattimet kiinnitetään. Ensisijainen kiinnitys tapa on

hitsaus. Joissakin tapauksissa voidaan joutua käyttämään ruuviliitoksia tai betonirakenteisiin liitettäessä kiinnitysankkureita. Niitä käytettäessä on tarkistettava valmistajan määrittelemät minimi etäisyydet betonirakenteen reunoista ja sallittu reikäväli. (Putkiston kannatus 2007, 15.)

Määriteltäessä kiinnityspisteen paikkaa suunnittelijan on muistettava tarkistaa, että rakenteet kestävät kannakoinnin aiheuttaman rasituksen. Tarvittaessa kuormat on lisättävä rakennustehtäväpiirustukseen.

Standardisoidut sekundäärikannakkeet

Standardeissa SFS 5397–SFS 5398 on määritelty kaksi tyyppikannatinta, jotka ovat uloke- ja porttikannatin. Näitä standardiratkaisuja käytetään DN 10–DN 500 kokoisten putkilinjojen kannakointiin. Nämä eivät riitä teollisuusputkiston kannakoinnin tekemiseen. Näiden lisäksi tarvitaan projektikohtaisesti suunniteltuja yksilöllisiä kannakeratkaisuja. (Putkiston kannatus 2007, 25.)

Muut sekundäärikannakkeet

Standardi SFS-EN 13480–3 edellyttää tiettyjen linjojen kannakkeille lujuuslaskuja tai viittauksia standardisoituihin tyyppikannattimiin. Kaikissa kolmessa luokassa S1–S3 on suunnittelun toimitettava dokumentti, esim. piirustus, aikataulu tai muu tapa jokaisen kannan tunnistamiseksi. Luokissa S2 ja S3 tarvitaan piirustus tai viittaus tyyppitestattuun standardiratkaisuun. Samoin on suunnittelijalla oltava saatavilla tarkistettavaksi todistus mekaanisesta lujuudesta analyysillä, testauksella tai viittauksella tyyppitestattuun vakiorakenteeseen. (SFS-EN 13480-3 + A1 2006, 532.)

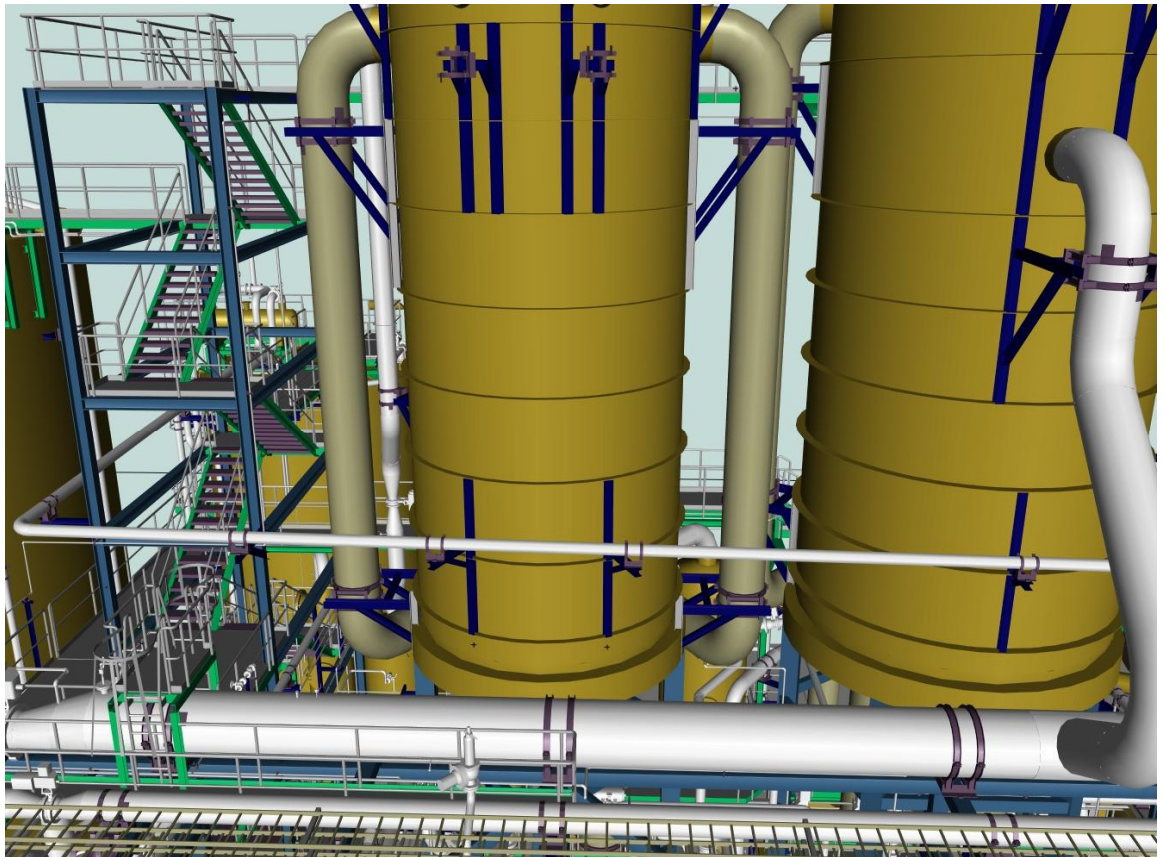
6.5 Kannatusvälit

Putkiston suositeltavat kannatusvälit on määritelty standardissa SFS 5363. Siinä mitoitusperusteeksi on otettu taipuma. Se ei saa ylittää 3 mm:ä, kun nimellispaksuus on \leq DN 50. Nimelliskoon ylittäessä koon DN 50 taipuma saa olla enintään 6 mm:ä. (Putkiston kannatus 2007, 38.)

Alustavassa reitityksessä voi käyttää standardin SFS 5363 taulukkoa 5. Taulukko on tarkoitettu käytettäväksi kaasua tai nestettä sisältävien ruostumattomien eristettyjen teräsputkien kannatusvälin määrittämiseksi lämpötilassa 120 °C.

Koska lähes aina kaasulinjoille tehdään vesipainekoe, on syytä käyttää taulukon vedelle laskettuja etäisyyksiä.

Kuviossa 4 ei ole pystytty käyttämään tasaisia maksimi kannakevälejä vaan välillä on jouduttu käyttämään lyhyempää väliä. Syynä voi olla, että kannakeväli kasvaisi liian suureksi tai etteivät rakenteet pysty kantamaan putkiston painoa maksimiväleillä.



KUVIO 4. Vaihtelevat kannakevälit

Varsinaisen putkistosuunnittelun yhteydessä putkistosuunnittelijan pitäisi määrittää lopulliset kannakointipisteet, niiden sijainti ja tyyppi, sekä suunnitella tarvittavat joustot. Tästä on erilaisia käytäntöjä. Usein osa kannakepisteiden määrittelystä jää kuitenkin kannakesuunnittelijan vastuulle. Tällöin on oleellista hyvä yhteistyö ja tiedonkulku putkistosuunnittelijan ja kannakesuunnittelijan välillä.

Joissakin projekteissa kannakointi on jätetty loppuasiakkaan tai asennusvalvojan vastuulle. Tällöin kannakoinnin vaarana on ollut, että kannakointi estää putkiston lämpölaajenemista varten suunnitellut joustot.

Lopullinen kannakointi on lähes aina viimeisiä putkistosuunnittelun työvaiheita. Koska lopullista kannakointia ei voida tehdä, ennenkuin kaikki projektin putkilinjat on suunniteltu, tarvitaan putkistosuunnittelijoiden avuksi erillisiä kannakesuunnittelijoita. Heidän tehtävänä on viimeistellä kannakesuunnittelu. He suunnittelevat tarvittavat sekundäärikannakkeet sekä tekevät listaukset projektiin hankittavaista primäärikannakkeista ja sekundääri-raudoista.

Käsin piirrettäessä ja 2D-CAD-suunnittelussa käytettiin lähes yksinomaan tyyppikannakkeita. Uusimpiin 3D-putkisto- ja laitossuunnittelu ohjelmiin sisältyy kannakointimoduuli. Tällöin putkistosuunnittelija lisää suurimman osan putkilinjan primäärikannakkeista, ja kannakesuunnittelija viimeistelee sekundäärikannakkeet.

7 KANNAKOINNIN TOIMINTA

Kannakoinnin tarkoituksena on putkiston riittävän tukemisen lisäksi suunnata lämpölaajenemisen aiheuttamat voimat oikein ja estää haitalliset värähtelyt sekä suojata putkistoon liittyviä arkoja komponentteja. (Putkiston kannatus 2007, 12.)

Standardissa SFS 5362 Kannatuksen yksinkertaistettu esittäminen on kannakkeet jaettu seuraavasti: liukukannatus, kynsiohjaus, U-sankaohjaus, 2- 3- ja 4-puolinen ohjaus, 1- ja 2- puolinen aksiaalirajoitin, 1- ja 2-puolinen kiintopiste, U-sankakiintopiste riippukannatus ja jousikannatus ja tasokannatus. (Putkiston kannatus 2007, 31–35.)

Näin kannakkeet voidaan toiminnan kannalta jakaa neljään eri tyyppiin

- liukukannattimet
- riippukannattimet
- ohjauspisteet
- kiintopisteet.

Lisäksi voidaan käyttää jousikannakkeita ja vakiovoimakannakkeita

7.1 Liukukannake ja kynsiohjattu liukukannake

Liukukannake ja tarvittaessa kynsiohjattu liukukannake ovat suositeltavin kannatusmuoto prosessiputkistoille. Ne sallivat putken liikkeet aksiaalisuunnassa. Kynsiohjauksella estetään putkiston liikkeet poikittaissuunnassa. Putkistojen kulmakohdissa ei kynsiohjausta voida käyttää, vaan putken on pystyttävä liikkumaan vapaasti. Silloin on sekundäärikannake suunniteltava sellaiseksi, ettei putki voi pudota kannattimeltaan. (Putkiston kannatus 2007, 17, 21.)

Putken haaroituskohdassa ei kynsiohjainta saa myöskään käyttää. Putken on pystyttävä kompensoimaan mahdollinen lämpölaajenemisen aiheuttama siirtyminen. Joustavuustarkistelulla määritetään ensimmäisen mahdollisen kiinteän kannattimen paikka. Koska kynsiohjain estää putkiston liikkeen poikittaissuunnassa, voi linjan ensimmäinen kannake olla myös pelkkä liuku ilman kynsiohjaimia. Standardissa SFS 5363 on esitetty likiarvokaava yhdeksikohdan jännitysten laskemiseksi.

$$\delta = \frac{6 E I f}{W L^2}$$

Missä

δ = jännitys N/mm²

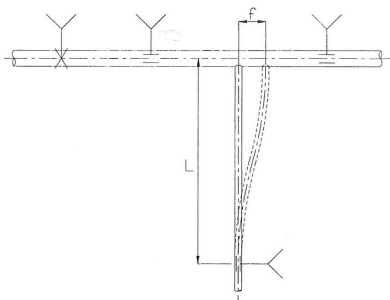
E = kimmomoduli N/mm²

I = haaraputken pintahitausmomentti mm⁴

f = runkoputken lämpöpitenevä

W = haaraputken taivutusvastus mm³

L = haaraputken vapaasti joustava pituus mm



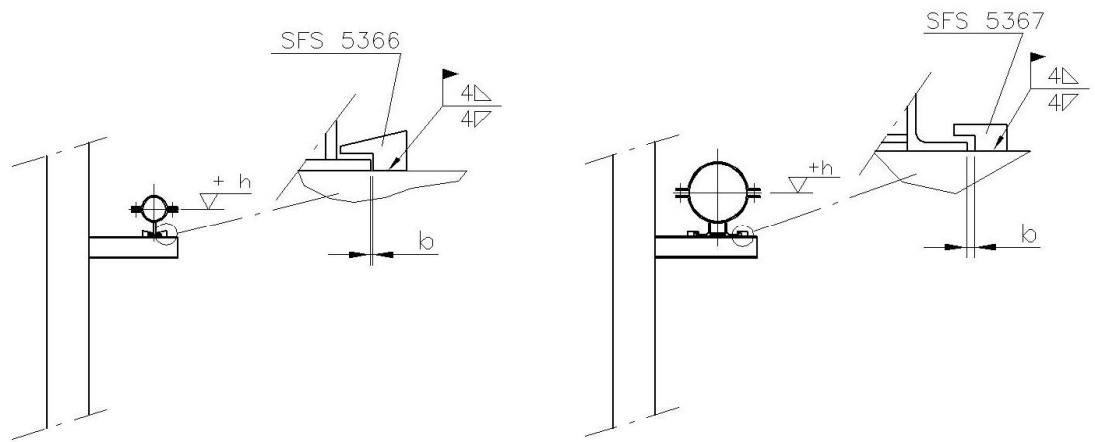
KUVIO 5. Haaroituksen kannakointi

Ratkaisemalla kaavasta haaraputken vapaasti joustavan pituuden L suunnittelija voi arvioida, kuinka kauas haaraputken liittymästä voidaan asettaa ensimmäinen ohjaus tai kiintopiste. (Putkiston kannatus 2007, 45.)

Kynsiohjaus komponentit

Kynsiohjauksen komponentteina käytetään standardien SFS 5366 Kevyt kynsiohjain ja SFS 5367 Raskas kynsiohjain. Standardissa ei ole yksiselitteisesti määritetty, kumpaa kynsiohjainta tulee käyttää. Sen mukaan kevyttä kynsiohjainta voi käyttää liukukengissä SFS 5373–SFS 5379 ja ohjaimia voi olla tarvittaessa useita. Raskasta kynsiohjainta taas käytetään kokoa DN 200 suuremmille liukukengille, sekä korkealle, että matalalle tyypille. (Putkiston kannatus 2007, 65–68.)

Kuviossa 6 on esitetty kevyen ja raskaan kynsiohjaimen mallit.



KUVIO 6. Kevyt ja raskas kynsiohjain

Muut ohjaus tyypit

Standardi SFS 5365 määrittelee kynsiohjauksen lisäksi seitsemän muuta ohjaustyyppiä.

2-, 3- ja 4-puolisessa ohjauksessa liikerajoitukset tehdään sekundäärirautojen avulla. Yksi- ja kaksipuolisessa aksiaalirajoittimessa liukukenkään hitsataan

kiinni L-rauta, joka ohjaa kannakkeen liikettä. U-sankaohjauksessa putki kiinnitetään pannan avulla sekundäärirautaan. Kevyessä ohjauksessa puki on suoraan sekundääriraudan päällä ja sitä ohjaavat lattatangot. (Putkiston kannatus 2007, 57–62.)

7.2 Kiinteä kannatus

Putkiston luonnollisia kiinteitä kannatuspisteitä ovat laitteisiin laipoilla tai hitsaamalla liittyvät kohdat. Kiintopiste estää putken kaiken liikkeen sekundäärirakkeeseen nähden. (Putkiston kannatus 2007, 16–17.)

Kiinteässä kannatuksessa liukukenkä hitsataan kiinni sekundäärirautoihin ja putken liike liukukengässä sidotaan kiinni estopaloilla. Kiintopiste voi olla 1- tai 2-puolinen ja kiintopisteiksi lasketaan myös standardin SFS 5396 mukaiset tasokannattimet.

Koska putkistossa tapahtua aina lämpöliikettä, on kahden kiinteän pisteen väliin aina sijoitettava jousto. Pitkillä suorilla osuuksilla, jossa on useita kannakkeita, on jokin kannake määritettävä kiinteäksi. Kiinteä kannake ei aina ole linjan keskellä, vaan se sijoitetaan putkiston liikkeen suhteen tarkoituksenmukaisimpaan kohtaan. Usein se on keskellä suoraa linjaa, jolloin lämpölaajeneminen voi purkautua molempiin suuntiin.

7.3 Estopalat

Estopalojen tehtävänä on estää putken liikkuminen kiintopisteessä ja pystyputkilla. Estopaloja on kahta eri tyyppiä, L-teräksestä valmistettuja tai putken ulkohalkaisijan mukaan taivutettuja, kaarevia, 5 mm:n lattateräksestä valmistettuja 40 tai 60 mm pitkiä paloja. Koska estopalat hitsataan kiinni putkeen, on niiden materiaalin oltava sama kuin putken tai estopalan on oltava putkeen hitsattavaksi sovelluttavaa ainetta. Käytettävien estopalojen määrä ja sijainti on ratkaistava tapauskohtaisesti. (Putkiston kannatus 2007, 69–71.)

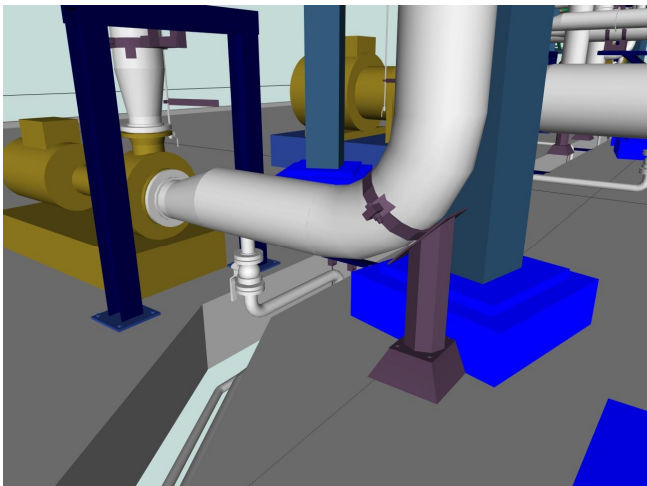
Estopalojen määrä voi vaihdella 2–8 kappaleeseen, ja palat voidaan sijoittaa aksiaalissuunnassa liukukannattimen sankojen molemmille puolille tai vain toiselle puolelle. Jos esimerkiksi halutaan pystyputken joustavan ylöspäin, mutta putkesta ei saa tulla räsitusta alapuolen laitteisiin, sijoitetaan estopalat vain

sangan yläpuolelle. Estopalari sijoitetaan aina ensin liukukannattimen alaosan puolelle ja vasta käytettäessä useita pareja se voidaan laittaa yläosaan sanganpuolelle. L-teräksestä valmistetut A-tyyppin estopalat ovat yleisimmin käytössä, sillä sen käyttö ei rajoitu yhteen putkikokoon, vaan käyttö on mahdollista useilla erikokoisilla DN-koon putkilla.

7.4 Tasokannake

Tasokannake on kiinteän kannakkeen sovellus ja se on määritelty standardissa SFS 5396. Tasokannake voi olla putkisankaan SFS 5370 kiinnitettävä U-tanko tai putkipalkki sekä mahdollinen kiinnityslevy. Tasokannake voi myös olla myös esimerkiksi pystyputken käyrään suoraan hitsattu putki. (Putkiston kannatus 2007, 219–225.)

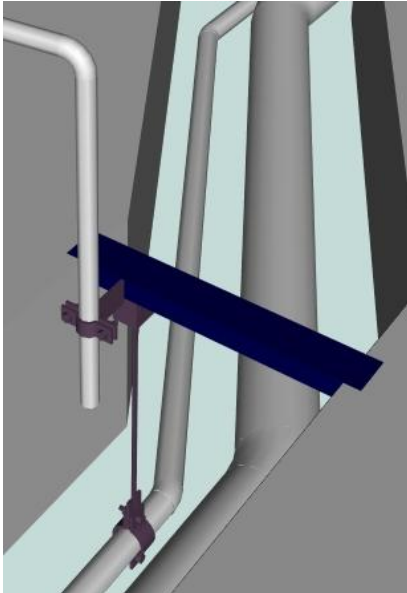
Tasokannakkeista on usein tehdasstandardeissa erilaisia muunnelmia. Kuviossa 7 on erään tehdasstandardin mukainen tasokannake.



KUVIO 7. Tasokannake

Yleisesti käytetty ja useissa tehdasstandardeissakin mainittu tasokannakkeen käytännön sovellus on putkisankaan hitsattu lattarauta. Lattaraudan koko voi olla esimerkiksi 5x30 mm. Kannake toimii samalla tavalla kuin riippukannake, mutta se on halvempi valmistaa ja jäykempi lattaraudan leveämmässä suunnassa.

Kuviossa 8 on lattiakanaalin reunavahvistukseen hitsattu kanaalin ylittävä palkki. Siihen on kiinnitetty riippukannake kannakoimaan kanaalissa kulkevaa kerääjäputkistoa ja tasokannake tyhjennysputkelle.



KUVIO 8. Sankaan hitsattu lattarauta ja riippukannake

7.5 Riippukannake

Riippukannakkeet ovat edullisin tapa kannakoida pieniä yleensä alle DN 50–ko-koisia linjoja. Riippukannakkeet eivät kestä niin suuria kuormia, kuin alhaalta tuetut liukukannattimet. Kannatus muoto on myös herkkä värähtelyille. Toisaalta edullisuutensa johdosta niillä voidaan asentaa tiheämmin. (Putkiston kannatus 2007, 22.)

Ulos asetettavissa eristetyissä putkissa riippukannake on huono. Eristystä ei voida toteuttaa niin, ettei eristemateriaali kastuisi.

Riippukannattimien rakenteet on määritelty standardissa SFS 5380.

7.6 Jousi- ja vakiovoimakannakkeet

SFS 5361 standardin mukaan jousi- tai vakiovoimakannakkeita voidaan joutua käyttämään tilanteissa, joissa putkella on kannatuskohdassa pystysuuntaisia liikkeitä. Jousikannaketta käytetään, jos pystyliikkeen aiheuttaman suurimman ja pienimmän jousivoiman suhde on 25 %. Tämän ylittyessä on käytettävä vakiovoimakannatusta. Jos näitä kannatustapoja käytetään putkilla, joissa on viet-

toa, on tarkistettava vieton säilyminen kaikissa prosessin käyttötilanteissa. Jousto voi sijaita joko riippuvarressa tai putken alla olevassa kannatusorrossa. Alapuolelta tulevaa jousikannatusta ei ole standardisoitu. Tällaiset sekundääri-rakenteet on suunniteltava tapauskohtaisesti. Valittaessa jousikannaketta on mitoitustilanteesta riittävä kannatusvoima jousen pituuden ollessa suurimmillaan. Jouset asennetaan yleensä kohteeseen lukittuina. Lukituksen on vastattava tarvittavaa kannatusvoimaa. Lukitus poistetaan käyttöönoton yhteydessä. (Putkiston kannatus 2007, 23–24.)

Kuviossa 9 putkilinja on kannakoitu jousikannakkeella alhaaltapäin.



KUVIO 9. Alapuolinen jousikannatus

Vakiovoimakannaketta ei ole standardisoitu, vaan se valmistetaan lähtötietojen perusteella. Tarvittavat lähtötiedot ovat liikkeen suunta ja suuruus asennustilasta käyttötilaan sekä kannakkeeseen kohdistuva kannatusvoima. Vakiovoimakannakkeen kannatusvoiman on pysyttävä vakiona koko kannakkeen liikealueella. Myös vakiovoimakannakkeet toimitetaan lukittuina asennusta varten ja lukitus poistetaan käytön yhteydessä. (Putkiston kannatus 2007, 24.)

8 PINTAKÄSITTELYT

Pintakäsittelymenetelmän määrittävät olosuhteet, joissa kannakkeiden tulee toimia. Pintakäsittelymenetelmä pitäisi määrittää jo hankintasopimuksessa tai tehdasstandardeissa. Jos niitä ei ole määritetty, käytetään usein insinööritoimistojen sisäisiä ohjeita.

Pintakäsittelyä ei ole määritelty kannakestandardeissa, vaan ne sovitaan tilauskohtaisesti. Suositeltavin menetelmä on kuumasinkitys. (Putkiston kannatus 2007, 15.)

Usein primäärikannakkeet ovat kuumasinkittyjä ja sekundäärikannakkeet maalattuja. Sinkitys- ja maalausohjeet on yleensä määritelty tehdasstandardissa. Suunniteltaessa sekundäärikannakkeet on muotoiltava siten, että maalaus on mahdollista, ja minimoitava asennuspaikalla tapahtuva paikkamaalaus.

9 DOKUMENTOINTI

9.1 Standardin vaatimukset

SFS-EN 13480-3 +A3 standardin liite N määrittelee kannatinten dokumentointia. Liite on päivitetty A3-versiossa. Liitteessä todetaan, että ostajalle on toimitettava tarvittavat dokumentit ja kannakkeiden on vastattava standardin kohdan 13 vaatimuksia. Suunnittelun on toimitettava kaikissa luokissa piirustus, aikataulu tai muu tapa jokaisen kannatintyyppin tunnistamiseksi. Ylemmissä luokissa S2 ja S3 on lisäksi toimitettava piirustus jokaisesta kannatuksesta. Se voi olla myös viittaus luetteloon tai valmistajan tyyppitestatuista vakiorakenteista. Tarvittaessa on esitettävä todistus kannakkeiden lujuudesta. Liite N on velvoittava eikä suositus. (SFS-EN 13480-3 +A1, 532 & SFS-EN 13480-3/A3, 20.)

Liitteessä 2 on standardin SFS-EN 13480-3/A3 taulukko N.1 Kannatinten dokumentointi.

9.2 Kannakeluettelot

3D-putkistosuunnittelussa primäärikannake on samanlainen komponentti kuin venttiili tai yhde. Tämä mahdollistaa kannakepisteiden sijoittumisen putkistokuviin ja isometrisiin kuviin. Nykyään myös sekundääriraudat mallinnetaan 3D-laitossuunnitteluohjelmiin kuuluvalla erillisellä kannakointimoduulilla. Tämä mahdollistaa yksilöllisen kannakesuunnittelun ja primääri- sekä sekundäärikannakkeiden määrälaskennan. (Teivas 1999, 7.)

Asiakkaalle luovutettavat dokumentit määritellään projektin alussa. Kannakointin luetteloita ovat kannakeluettelo, primäärikannakkeiden summalista ja sekundäärikannakkeiden materiaalista.

Kannakeluettelossa on eriteltyinä putkilinjannumero, johon primäärikannake kiinnitetään, kannakkeennumero, kannakkeentoimintaperiaate ja komponentit, joista primäärikannake koostuu.

Primäärikannakkeiden summalista lasketaan kannakeluettelosta, johon lisätään tarvittavat ylimääräiset komponentit varalle. Tätä listaa käytetään hankittaessa primäärikannakkeita.

Sekundäärikannakkeiden materiaalista avulla ostetaan tarvittavat sekundääriraudat. Myös tähän listaan on lisättävä riittävästi ylimääräisiä metrejä katkaisuja ja hukkapaloja varten.

2D-projekteissa määritettyään kannakkeen sijainnin suunnittelija täyttää kannakkeen tiedot usein Excel-pohjaiseen luetteloon. 3D-projekteissa tiedot tallentuvat tietokantaan, josta saadaan tarvittavat listaukset.

Liitteissä 3–5 on FT-Engineering Oy:n projekteissaan käyttämiä kannakeluetteloita.

9.3 Tyypikannakkeet

Tyypikannakkeita käytetään 2D-CAD-ohjelmalla toteutettavissa projekteissa. Siinä putkisto- tai kannakesuunnittelija merkitsee kannakkeen numeron putkistopiirustukseen. Sekundäärikannakkeita ei piirretä putkistosta laadittaviin tasotai leikkauskuviin, eikä niistä myöskään tehdä valmistuskuvia. Sekundäärikan-

nakkeiden lopullinen suunnittelu ja mitoittaminen jäävät putkiston asentajien ja asennusvalvojen tehtäväksi. Kannakesuunnittelija valitsee kohteeseen sopivan tyyppikannakkeen ja määrittää käytettävän sekundääriraudan koon.

Liitteessä 6 on esitetty FT-Engineering Oy:n projekteissaan käyttämiä kannaketyyppejä.

3D-laitosmallinnusohjelmilla toimittaessa tyyppikannakkeet ovat valmiiksi parametrisesti mallinnettuja. Niiden teosta ja ylläpidosta vastaa erikseen nimetty kannakoinnin vastaava. Mallinnettaessa sekundääräkannakkeita suunnittelija valitsee kohteeseen parhaiten soveltuvan kannakkeen ja antaa tarvittavat parametrit. Usein tämä ei riitä, vaan suunnittelija jatkaa lisäämällä tarvittavat lisäraudat.

Vaikka uudet laitokset nykyään suunnitellaankin lähes aina 3D-laitosohjelmalla, on suunnittelutoimiston syytä pitää valmiudet myös 2D suunnitteluun. Kaikkia saneeraus ja uudiskohteita ei ole järkevää toteuttaa 3D-ohjelmalla niiden korkeiden aloitus- ja käyttökustannusten vuoksi. (Lindberg 2010.)

Jo projektin alussa on mietittävä sekundääräkannakkeiden taloudellista suunnittelutapaa. Esimerkiksi Sweco Industry Oy:n ohjeissa Koski ja Joronen painottavat, että suunniteltaessa on hyödynnettävä mahdollisimman paljon standardeja ja projektiin valittuja tyyppikannakkeita. On vältettävä kannakkeiden paljon aikaa vievää piirtävää detalji suunnittelua.

9.4 Kannakoinnin dokumentit laitossuunnittelun asiakirjoissa

Laitoksen suunnittelu edellyttää hyvää dokumentointia. PSK Standardin mukaisia laitossuunnittelun dokumentteja, joihin kannakointi liittyy, ovat

- putkistopiirustusten taso- ja leikkauskuvat, PSK 5801 ja 5802
- putkistoisometrit, PSK 5803
- rakennustehtäväpiirustukset, SFS 4965
- säiliöidenmittapiirustukset, PSK 5808.

Lisäksi joissakin kohteissa vaaditaan putkistopiirustuksen pohjalta laadittava erillinen kannakekarttapiirustus.

9.4.1 Merkitseminen piirustuksiin ja isometreihin sekä luetteloihin

Standardissa SFS 5362 määritetään kannakkeiden merkitseminen kaksiviivapiirustuksiin eli taso- ja leikkauskuviin ja isometrisiin piirustuksiin. Kannakepiste voidaan merkitä piirustuksiin myös tunnusnumerolla. Silloin osaluettelossa esitetään kannakkeiden osien rakenteet, standardit ja lukumäärä. Standardissa annetaan myös kannakkeille numero, jolla kannakkeen toiminta tapa voidaan esittää luettelossa. (Putkiston kannatus 2007, 29–36.)

9.4.2 Putkistopiirustukset

Putkistopiirustukset laaditaan kaikista tasoista ja niistä tehdään tarpeellinen määrä leikkauksia. Kuvissa esitetään

- kaikki putket linjatunnuksineen
- putket, putkivarusteet ja yhteiden paikat
- putkien ja laitteiden korot leikkauspiirustuksessa
- vietot
- laitteet tunnuksineen
- putkivarusteet ja instrumentit tunnuksineen
- kannakkeet numeroituna
- kaapelihyllyt
- putkien ja makaavien laitteiden keskiviivojen korot
- eristykset riittävässä määrin
- pilarit ja perustukset
- hoitotasot, portaat, tikkaat ja muut teräsrakenteet
- taso- ja seinäaukot ja läpiviennit
- nosturit ja nostopalkit
- laajennusvarat
- LVIS- tilavaraukset
- liittyvien putkistopiirustusten numerot
- paikannuskaavio (key plan)
- muut erikseen sovittavat asiat.

Piirustusten piirtämissuunnan on oltava yhtenäinen koko projektin ajan. Vanhoissa laitoksissa piirtämissuunnan on oltava sama jo aiemmin sovitun käytännön kanssa. (PSK 5802 2003, 3.)

Kannakkeiden dokumentoinnin ongelmana putkipiirustuksissa on kannakkeiden numeroinnin vaihtuminen. Suunnittelun edetessä tulee väkisin eteen tilanteita, joissa putkilinjaan kohdistuvia kannakepisteitä poistetaan tai väliin joudutaan lisäämään uusia. Kannakesuunnittelijan on huolehdittava, että nämä muutokset tulevat korjattua putkistokuvaan ja tarvittaessa kuvat on revisioitava, eli merkittävä kuvaan tapahtuneet muutokset. Usein putkilinjojen väliin kannattaa jättää tyhjiä numeroita käytettäväksi kannakoinnin tarkentuessa.

9.4.3 Putkistoisometrit

Putkistoisometri on yksinkertaistettu ja havainnollinen työpiirustus, joka antaa putkistosta kolmiulotteisen vaikutelman. Isometrissä esitetään

- putkiston sijainti mitoitettuna sivu- ja korkeussuunnassa peruslinjoista
- putkisto varusteineen mitoitettuna
- putkiston laiteliitännät
- tunnistustiedot, kuten putkilinja- putkivaruste-, instrumentti- ja laitetunnukset
- varusteiden asennot
- vietot
- putkiston toimitusrajat
- kannakointi tunnuksineen ja sijaintimitoituksineen
- putkiston esijännitykset ja hitsaukseen ja lämpökäsittelyyn liittyvät tiedot
- virtaussuunnat
- putkiston viranomais- ja tarkistusvaatimukset, kuten NTD menetelmä
- eristys ja pintakäsittely
- koeponnistuspaine ja käytettävä väliaine
- putkiluokat
- toisiin piirustuksiin liittyvien asiakirjojen numerot
- yksityiskohtaisia kuvantoja tarpeen mukaan
- muu erikseen sovittavat asiat
- yleensä yksi putkilinja/isometri.

(PSK 5803 2003, 2–3.)

Putkistoisometrejä tehtiin yleisesti 1970- ja 1980-luvulla. 2D-CAD-suunnittelun alettua 1990-luvulla niiden käyttö väheni. Nykyään taas 3D-järjestelmästä voidaan isometri generoida suhteellisen helposti, usein alle tunnissa, ja isometrit ovat taas tulleet käyttöön. (Lindberg 2010.)

Isometreihin merkataan myös kannakkeiden tyypit, eli se kuinka kannakkeen on tarkoitus toimia. Kannakkeen merkitsemiseen käytetään standardin SFS 5362 mukaisia merkintöjä. (Putkiston kannatus 2007, 35.)

Kaikki projektin isometrit pitää tehdä samasta suunnasta. Suositus on sama kuin mitä käytetään putkiston tasokuvissa. Putkistoisometreissä on käytettävä samaa tehdaskoordinaatistoa kuin putkistokuvissa.

Liitteessä 7 on PDMS-ohjelmalla tuotettu putkistoisometri.

9.4.4 Rakennustehtäväpiirustus

Rakennustehtäväpiirustuksen tarkoituksena on välittää tietoa laitossuunnittelijan ja rakennussuunnittelijan välillä.

Standardin SFS 4965 mukaan rakennustehtäväpiirustuksessa esitetään

- peruslinjat
- mitoituslinjat tunnistuneen mitoitettuna
- rakennus ja rakennusosa päämittoineen
- tasojen korkeusasemat ja kaltevuudet
- lattiakanaalit ja -kaivot kansineen mitoitettuina
- taso- ja seinäaukot mitoitettuna
- laiteperustukset tunnuksineen mitoitettuina
- laitteiston pää- ja ääriimitat tarvittaessa
- tasokuormat
- putkistojen, koneiden ja laitteiden rakenteille aiheuttamat kuormat, kiintopisteet ja kitkavoimat, jotka eivät sisälly ilmoitettuihin tasokuormiin
- kone- ja laiteasennusten aiheuttamat kuormat
- laitteiden huomattavasti ympäristöstään poikkeavat lämpötilat (esim. kuuma-vedisäiliö)
- putkistojen, koneiden ja laitteiden sekä kaapelihyllyjen ja nostopalkkien vaatimat kiinnityslevyt

- nosto- ja haalauskoukut
- laatoitukset, pinnoitukset ja pintakäsittely
- varauskolot ja läpiviennit
- portaat, hissit ja nosturit
- asennus- ja nostoaukot
- liittyvien piirustusten ja luetteloiden piirustusnumerot
- muut konstruktiossa huomioon otettavat tiedot.

(SFS 4965 1993, 3–4.)

Kannakojan on huolehdittava, että rakennustehtäväpiirustukseen tulevat tarpeelliset tiedot pilareihin ja lattiaan kiinnitettävistä tartuntalapuista sekä kannatuspisteistä rakenteisiin välittyvät voimat.

9.4.5 Säiliöiden mittapiirustus

Mittapiirustus on säiliön tilaajan tekemä piirustus, jonka avulla voidaan tehdä lopullinen kokoonpano- ja työpiirustus. Mittapiirustus antaa toiminnalliset päämita- ja mitoitus tiedot sekä muut tekniset vaatimukset. Mittapiirustus ei ota kantaa säiliön lujuusmitoituksiin tai valmistusmenetelmiin.

Kuvassa esitetään mm.

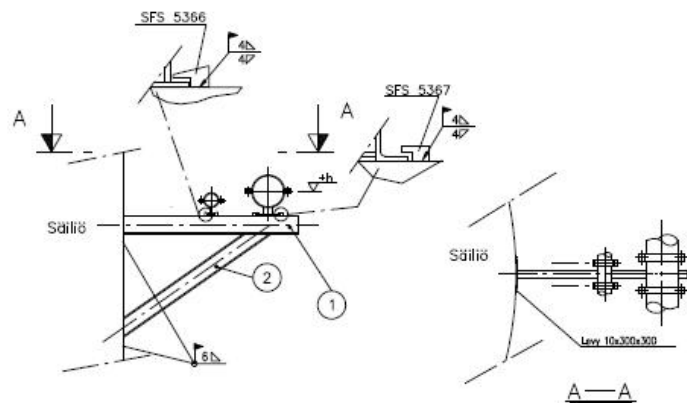
- yhteiden koko, sijainti, korko ja suunta mitoitettuna
- mies- ja tarkistusluukut ja niiden tarvitsemat huoltotiet
- kattokulma ja vahvistukset
- pohjaratkaisu
- ulkoiset kuormitukset esim. tartuntalaput tikkaita ja kannakointia varten
- yhdeluettelo
- säilytettävät aineet / käyttötarkoitus / paine
- eristyspaksuus
- laitteiden erityisvaatimukset ja kuormat
- vahvistusrenkaat alipaineelle.

(PSK 5808 2000, 1–2.)

Kannakointia varten säiliöihin on kiinnitettävä tartuntalaput. Tämä edellyttää layout- ja putkistosuunnittelijalta hyvää prosessin tuntemista ja kokemusta. Tyyppillisesti säiliöiden mittapiirustukset valmistuvat suunnittelun alkuvaiheessa, kun

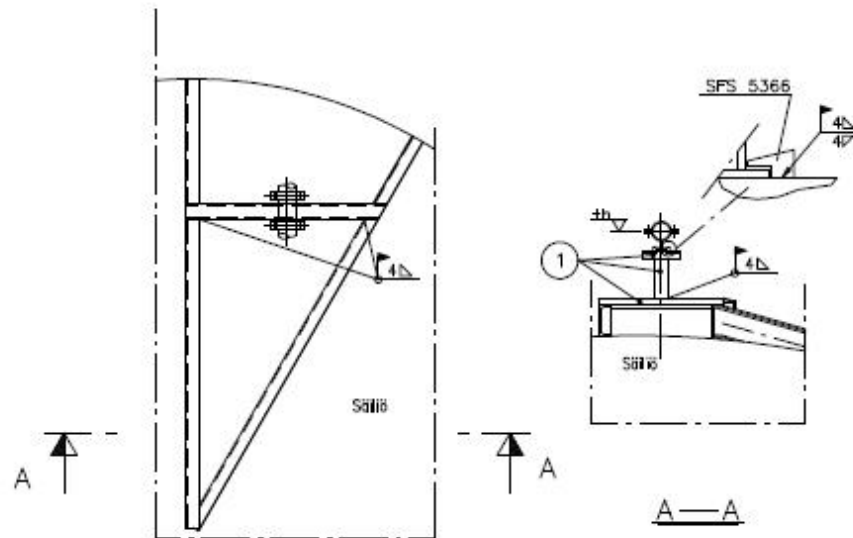
putkistosuunnittelua vasta aloitetaan. Tässä vaiheessa kaikki putkilinjat eivät vielä ole saaneet lopullista sijaintia. Usein säiliöiden mittapiirustukset joudutaan revisiomaan juuri kannakkeiden vaatimien tartuntalappujen takia.

Koska sekundäärikannakkeita ei saa hitsata suoraan kiinni säiliöön, on aina kiinnitettävä tartuntalappuihin. Tartuntalapun kiinnittäminen säiliöön sen jo valmistuttua on aina työläs ja kallis toimenpide. Kuviossa 10 on FT-Engineering Oy:n projekteissaan käyttämä tyyppikuva kannakoinnista säiliön kylkeen.



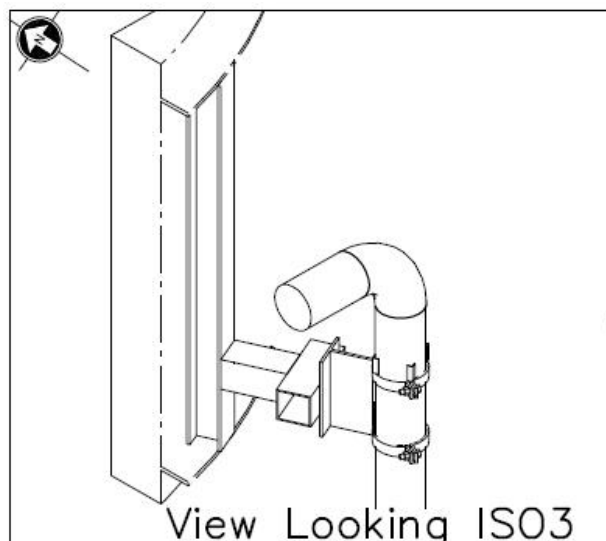
KUVIO 10. Tyyppikuva putken kannakoinnista säiliön kylkeen.

Putkien kulkiessa säiliöiden päällä voidaan sekundääriraudat myös kiinnittää säiliön päällä olevien vahvikerautojen päälle, kuten kuviossa 11 on esitetty.



KUVIO 11. Tyypikuva putken kannakoinnista säiliön päälle.

Jos säiliössä on vahvikerengaat, on kannakointi myös mahdollista tehdä niiden väliin. Silloin sekundääriraudat hitsataan kiinni vahvikerenkaisiin ja kannatin rakennetaan niiden avulla. Vahvikerengaat ovat lähes aina paineestioissa ja kannakoinnin aiheuttamat kuormat on ehdottomasti huomioitava laskettaessa laitteen lujuuksia. Kuviossa 12 on PDMS-ohjelmalla tehty isometrinen havainnekuva, putken kannakoinnista haihdutinyksikönvahvikerautojen väliin.



KUVIO 12. Kannakointi vahvikerautojen väliin.

10 ERISTYKSET

10.1 Putkiston eristäminen

Putkisto tulee eristää käyttötarkoituksenmukaisesti. Eristyksellä estetään lämmön siirtymistä erityiskohteesta ympäristöön. SFS-käsikirjan 132 Teollisuuseristys mukaan erilaisia eristysvaihtoehtoja ovat lämpö- tai kylmäeristys, suojaeristys, jäätymissuojaeristys ja kaste- eli hikoilueristys. (Teollisuuseristys 2007, 11–12.)

Putkiston eristyksen paksuus määrittää käytetäänkö liukukannattimena matalaa vai korkeaa liukukannatinta. Liukujalan tulee jäädä eristyksen ulkopuolelle, jottei sen liike riko eristystä.

Lämpöeristyksen tarkoituksena on estää lämpöenergian häviäminen putkistosta. Eristyksen paksuus määritellään SFS 3977 standardin avulla. Eristyksen paksuus on verrannollinen energian hintaan. Tästä johtuen eristyspaksuudet ovat kasvaneet. Vuoden 1973 energiakriisi oli ratkaiseva eristyspaksuuden kasvattamiselle. Tällöin otettiin käyttöön korkeat liukukannattimet. Korkeassa liukukannattimessa liukuosa jää eristyksen ulkopuolelle ja mahdollistaen liikkeen eristystä rikkomatta. (Lindberg 2010.)

Kuviossa 13 on ylemmällä kannatusorrella eristetty putki, jossa on käytetty korkeita liukukannattimia. Liukukannattimien jalkaosa on eristyksen ulkopuolella. Silloin kannakkeen liikkuminen orrella ei riko eristystä. Jos kyseisissä putkissa olisi käytetty matalaa liukukannatinta, olisi eristys jouduttu loveamaan. Alemmalla orrella on eristämättömiä putkia ja liukukengät ovat kokonaan näkyvissä. Välissä oleva putki on mahdollisesti asennettu jälkeinpäin, sillä putki on kannakoitu ylhäältäpäin, eikä sitä ole sijoitettu kannatinorrelle muiden putkien viereen. Tätä kannakointi tapa ei suositella suurille putkille. Myöskään ulkona ei eristetyille putkille saa käyttää ylhäältä päin tulevaa riippukannatusta eristeen kastumisvaaran vuoksi.



KUVIO 13. Eristetyn ja eristämättömän putken kannakointi

10.2 Eristyspaksuuden valinta

Eristyspaksuudet määritetään projektin lähtöarvoja määriteltäessä. Taloudellisen eristyspaksuuden vaikuttavat eristyksen pääomakustannukset ja lämpöhäviön energiakustannukset. Laskettaessa eristyspaksuutta standardin SFS 3977 mukaan on tiedettävä seuraavat lähtöarvot

- investoinnin pitoaika
- laskentakorkokanta
- energian vuotuinen hinnannousu
- lämmön hinta

- vuosittainen käyttöaika
- eristettävän kohteen tyyppi: voimalaitosputkisto, prosessiputkisto vai putkisil-
lalla kulkeva putkisto.

(Teollisuuseristys 2007, 34–35.)

Tällä hetkellä prosessiputkille yleisimmin käytetty eristyspaksuustaulukko on standardin SFS 3977 taulukko B.5. Myös standardin SFS 5363 mukaiset suositeltavat kannatusvälit on laskettu taulukon B.5 paksuuksilla. Näillä eristyspaksuuksilla käytetään standardien SFS 5376–SFS 5378 mukaisia kannattimia lämpötilan ollessa alle 300°. Jos lämpötila on välillä 300°–480°, käytetään standardeja SFS 5858–SFS 5860.

Kylmä- ja hikoilueristyksessä käytetään noin 20 mm solukumieristystä. Lämpötilaero on yleensä niin pieni, ettei paksumpaa eristystä tarvita. Reilusti alle nollasteen lämpötilassa oleviin putkiin käytetään paksumpaa eristystä. Silloin virtaava aine on yleensä jokin nesteytetty kaasu.

Suojaeristys tarvitaan estämään kosketus yli 70 asteen lämpötilassa oleviin putkiin. Suojaeristystä ei tarvitse asentaa koko putken matkalle. Riittää kun eristetään ne kohdat, joissa kosketus on mahdollinen.

Matala liukukannatin toimii vielä 50 mm eristyspaksuudella. Ohuesti eristetyillä ja eristämättömillä putkilla käytetään standardien SFS 5373–SFS 5375 mukaisia matalia liukukannattimia.

Paksummilla eristyksillä käytetään standardien SFS 5376–SFS 5378 mukaista korkeaa liukukannatinta. Siinä on määritetty suurin eristyspaksuus, jolloin eriste ei ulotu mahdollisiin kynsiohjaimiin. Koska eristyspaksuus vaihtelee kokoluokittain, ei korkealla liukukannattimella voida suunnitella kaikkia putkikokoja samaan alapintakorkoon vaan niiden välillä on eroja. Esimerkiksi sijoitettaessa DN 80- ja DN 100-koon putki samalle orrelle, on DN 80-koko sijoitettava 35 mm alemmas.

Aina ei ole mahdollista tai tarkoituksenmukaista eristää putkistoa riittävästi. Silloin vaihtoehdoksi jää lisäenergian tuonti sähkösaatoilla. Niiden tehtävänä on estää prosessin jähmettyminen esimerkiksi huoltoseisokkien aikana tai estää

jäätyminen ulkotiloissa ilman lämpötilan laskettua riittävän alas. Näiden termostaattiohjattujen sähkösaatoilla varustettujen linjojen eristepaksuudet lasketaan tapauskohtaisesti.

Laitteiden ja putkistojen eristys tehdään viimeiseksi putkilinjojen valmistuttu ja osa sekundääriraudoista voi jäädä eristyksen sisäpuolelle. Jos ulkotiloissa sekundäärirakennus rikkoo eristeen, on eriste suojattava kastumiselta.

11 LUJUUKSIEN MÄÄRITTÄMIEN

Virtaustekninen mitoitus määrittää käytettävän putkikoon. Putkikoko, suunnitelupaine ja virtaava-aine määrittävät putkiluokan, kuten jo kohdassa 4.1 mainittiin. Linjan putkiluokka määrittää tarvitaanko linjalle jännitysanalyysi. Linjoilla on oltava tietty joustavuus, eikä kannakointi saa estää joustoja.

Jännitysanalyysin tekee yleensä analyysien tekoon erikoistunut ryhmä, käyttäen luotettavaa analyysiohjelmaa. Jännitysanalyysin tekeminen voidaan aloittaa kun linja on alustavasti kannakoitu ja kiintopisteiden sekä ohjauksien paikat on määritetty. Näiden tietojen perusteella laskentaryhmälle toimitetaan tarvittavat tiedot. Usein paras vaihtoehto on aksonometrinen tai isometrinen piirustus tarvittavine mittoineen.

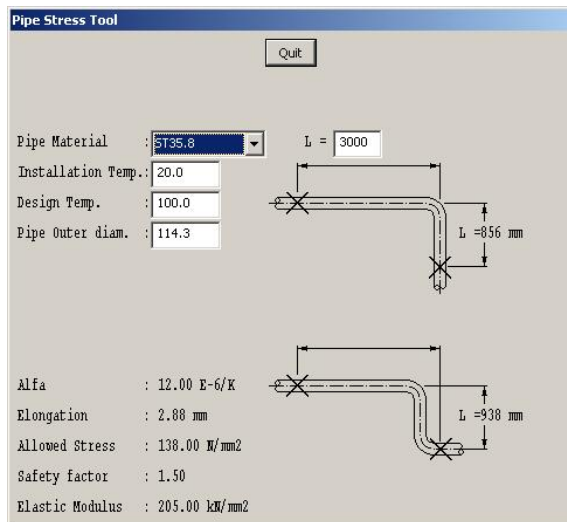
Suunnittelijan on osattava reitityksen yhteydessä tehdä tarvittavat joustot estämään lämpölaajenemisen vaikutusta. Höyryputket ja muut putket, joilla on huomattava lämpölaajeneminen, on mikäli mahdollista suunniteltava kulkemaan pääakselien suuntaisesti. Näin voimat ovat hallittavissa ja laskenta on mahdollista.

Joustojen saamiseksi palkeiden käyttöä on aina vältettävä. Palkeet ovat aina huono ratkaisu. Niiden asentaminen on kalliimpaa. Ne vaativat ylimääräisen kannakoinnin palkeiden ympärille. Lisäksi ne vaativat ylimääräisiä huoltoja käytön aikana. (Lindberg 2010.)

Jos palkeita kuitenkin joudutaan käyttämään, on paljetasain sijoitettava kahden kiintopisteen väliin, mieluummin kiintopisteen viereen. Sen toiselle puolelle on

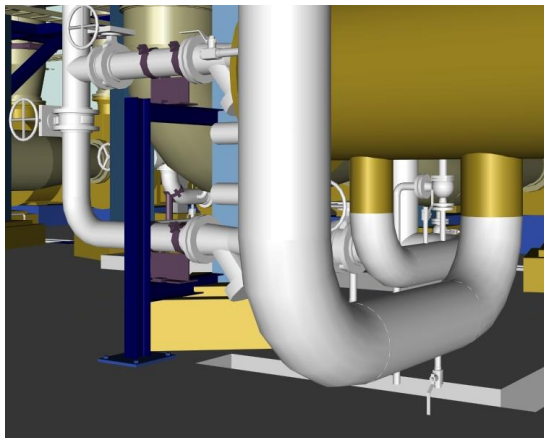
asennettava ohjaus estämään nurjahdusta. Kiintopisteiden on oltava samalla linjalla paljetasaimen kanssa. (SFS käsikirja 107 2007, 18.)

Kannakkeiden paikkaa määriteltäessä joustojen laskenta tapahtuu käyrästöjen tai suuntaa-antavien laskentaohjelmien avulla. Esimerkkisi CADMATIC-putkiston suunnitteluohjelmaan kuuluu putkiston jouston tarkastelu.



KUVIO 14. CADMATIC-ohjelmiston jouston laskentamoduuli.

Yksittäisillä putkilla joustot syntyvät usein luonnollisesti, mutta pitkillä suorilla osuuksilla voidaan joutua tekemään ylimääräisiä mutkia tarvittavien joustojen aikaansaamiseksi. Jouduttaessa muuttamaan putkiston korkeussuuntaa on huolehdittava, ettei putkistoon pääse syntymään pussia, johon virtaava-aine voisi kasaantua esim. seisokkien aikana. Jos näin joudutaan toimimaan, on alimpaan kohtaan järjestettävä tyhjennys.



KUVIO 15. Tyhjennysyhteen sijoittaminen

12 ERIKOISKOHTEET

Joidenkin laitteiden tai rakennelmien yhteyteen tehtävät kannakoinnit voivat vaatia kannakoinnissa erityisiä järjestelyitä.

12.1 Putkisilta

Putkisillalla kulkevien putkien suunnittelu on aloitettava heti layoutvaiheen jälkeen. Putkisillalle tulevien putkien lukumäärä ratkaisee kuinka monikerroksinen putkisillasta tulee.

Putkisillan käyttö ja kannakointi on toimiva kun putket sijoitetaan seuraavasti:

1. Sijoita suuret erityisesti nestelinjat mahdollisimman lähelle putkisillan pystypilareita. Tämä vähentää orren ja pilarin kuormitusta.
2. Putkisillalle on varattava vähintään 25 % varaus orren pituudesta putkille, jotka lisätään projektin edistyessä tai ensimmäisten prosessin muutosten aikana laitoksen jo käynnistyttyä.
3. Paisuntalenkkejä vaativat linjat on sijoitettava samalle orrelle vierekkäin, suurimman jouston vaatimat uloimmiksi. Sijoita höyry- ja lauhdelinjat vierekkäin, vaikka paisuntalenkkiä ei tarvittaisikaan.
4. Samansuuntaiset vieton vaativat putket vierekkäin. Silloin vieton vaatimat korotukset voidaan tehdä yhdellä kertaa
5. Primäärikannakkeena käytetään matalaa tai korkeaa liukujalkaa eristyspaksuuden mukaan.
6. Käyttöhyödykkeet on sijoitettava rinnakkain. Silloin kyseiset linjat voidaan kannakoida yhteisille sekundäärikannakkeille.
7. Jos mahdollista, käytä yksiorsista putkisiltaa.
8. Monikerroksisissa putkisilloilla painavimmat putket on sijoitettava alimmalle tasolle. Myös syövyttäviä nesteitä sisältävät linjat on hyvä sijoittaa alimmalle tasolle. (Kesti 1992, 37.)

Putkisilloilla yleinen yhden moduulin pituus on 6 metriä. Pitkillä suorilla osuuk-silla, jossa kannakkeita on asennettu useita peräkkäin, voidaan kannatustapa tulkita kiinteäksi. Silloin standardin SFS 5363 mukaan ruostumattomien teräs-putkien suositeltava kannakeväli DN 50-koon putkella ja nestetäytöllä on 5,9 m. Sitä pienemmät putket on koottava samalle orrelle ja niille on järjestettävä oma tuenta. Nämä ovat suosituksia ja lopullisen päätöksen kannakeväleistä tekee lujuuslaskija.

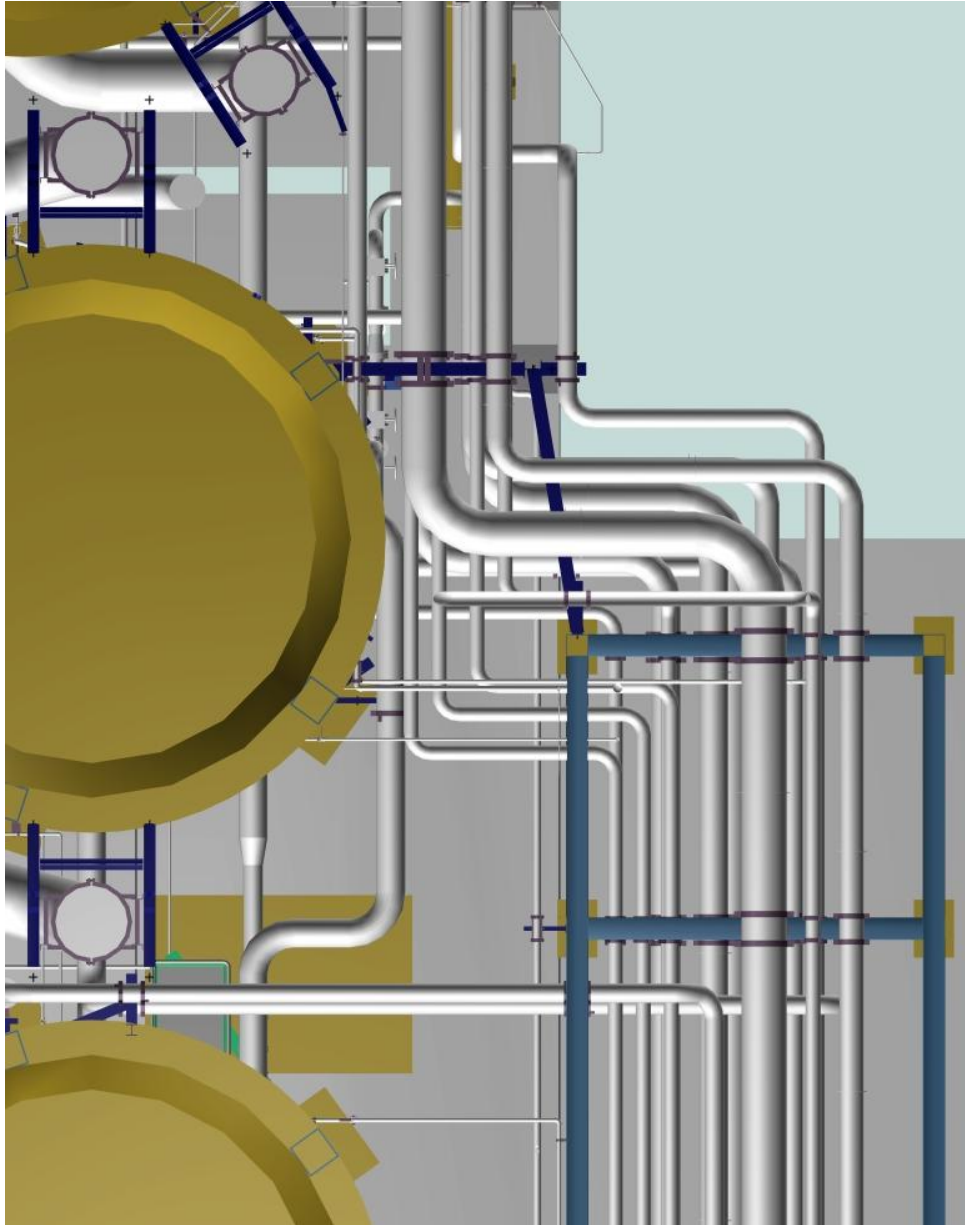
Putkisillalla olevat putket ovat usein pisin yhtenäinen suora linja. Näihin linjoihin kohdistuu suurin lämpölaajenemisen aiheuttama voima ja pituuden lisäys. Putkisillalla olevalla suoralla osuudella yksi kannatin on määritettävä kiinteäksi. Usein se sijaitsee suoran osuuden keskellä, mutta vasta tapauskohtainen lujuustarkastelu määrittää kannakkeen paikan. Kiinteästä kannakkeesta seuraava on liuku ja sen jälkeen vuorottelevat liukukannatus ja kynsiohjaus. Tällaisella kannakkeiden sijoittelulla estetään putken nurjahtaminen. Suoran osuuden viimeistä ohjausta ei saa asettaa liian lähelle putken käyräkohtaa. (Putkiston kan-natus 2007, 17.)

12.2 L-mutka

L-mutka syntyy usein jo layoutvaiheessa putkisillan yhdistäessä eri osastoja toi-siinsa. L-mutkia ovat myös yksittäisten putkien tai putkiryhmien tulot ja lähdöt putkisillalta. Jos etäisyydet kuitenkin ovat pitkiä, eivät L-mutkat yksinään riitä, vaan on käytettävä Z-mutkia tai U-tasaimia.

12.3 Z-mutka

Joissakin tilanteissa ei riittävää joustoa saada syntymään ilman ylimääräistä sivuttaissiirtoa. Tilanne on huomioitava jo layoutvaiheessa, etteivät putket ja putkisilta jää liian kauas laitteista, johon on tarkoitus liittyä.



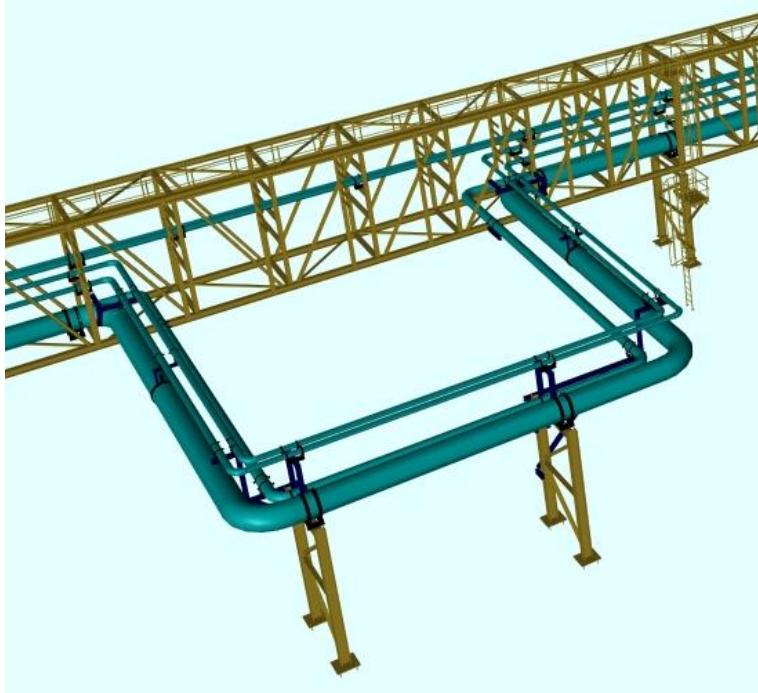
KUVIO 16. Z-mutka

12.4 U-tasaimet

U-tasaimet eli paisuntalenkit ovat yleensä vapaasti liikkuvia. Paisuntalenkin molemmilla puolilla tulee olla kiintopiste, joka mahdollistaa hallitun lämpölaajene-

misen. Ohjauspisteen etäisyydeksi paisuntalenkistä suositellaan 32 x putken nimelliskoko. U-tasaimille täytyy aina tehdä lujuustarkastelu. (Putkiston kannatus 2007, 18.)

Kuviossa 17 on esitetty putkisillalle tehty U-tasain eli paisuntalenkki.



KUVIO 17. U-tasain

Putkisillan kiintopisteet on huomioitava laskettaessa putkisillan lujuuksia. Suunnittelijan on varmistauduttava, että kyseinen kohta pystyy kantamaan putkiston siihen aiheuttamat voimat. Myös liukukannakkeet voivat ruostua kiinni alustansa ja muuttua hetkellisesti kiinteäksi kannakkeeksi. (Kesti 1992, 111.)

Putkisillalta haarautuu usein linjoja. Kannakoitaessa näitä linjoja on ensimmäisen kynsiohjauksen tai kiintopisteen paikka tarkistettava Standardin SFS 5363 mukaan. Linjojen haarautumista on aikaisemmin käsitelty kohdassa 7.1 Liukukannake ja kynsiohjattu liukukannake.

12.5 Pumput

Putkistosta ei saa kohdistua voimia pumppuihin. Tällöin pumpun imu- ja painepuolen kannatin on oltava kiinteä. Imupuolelle pyritään rakentamaan lattiaan hitsattava kiinteä kannatin esimerkiksi standardin SFS 5365 mukainen 1-

puolinen kiintopiste. Jos linjassa eli ole riittävää suoraa osuutta liukujalalle, voidaan myös käyttää standardin SFS 5396 tasokannatinta. Painepuolelle rakennetaan joko 1- tai 2-puolinen kiintopiste, riippuen kannakoitavan linjan koosta ja pumppuun kohdistuvista voimista.

Pumppujen sekundäärikannakkeet kiinnitetään usein lattiaan. Rakennustehtäväpiirustukseen pitää muistaa laittaa riittävän kokoiset tartuntalaput pumppujen imu- ja painelinjan kannakointia varten.

Kuviossa 17 on pumpun imu- ja painelinjaa varten on lattiaan lisätty tartuntalaput, johon sekundäärikannakkeet voidaan hitsata tukevasti kiinni. Kannatus-tyyppinä on yksipuolinen kiintopiste.



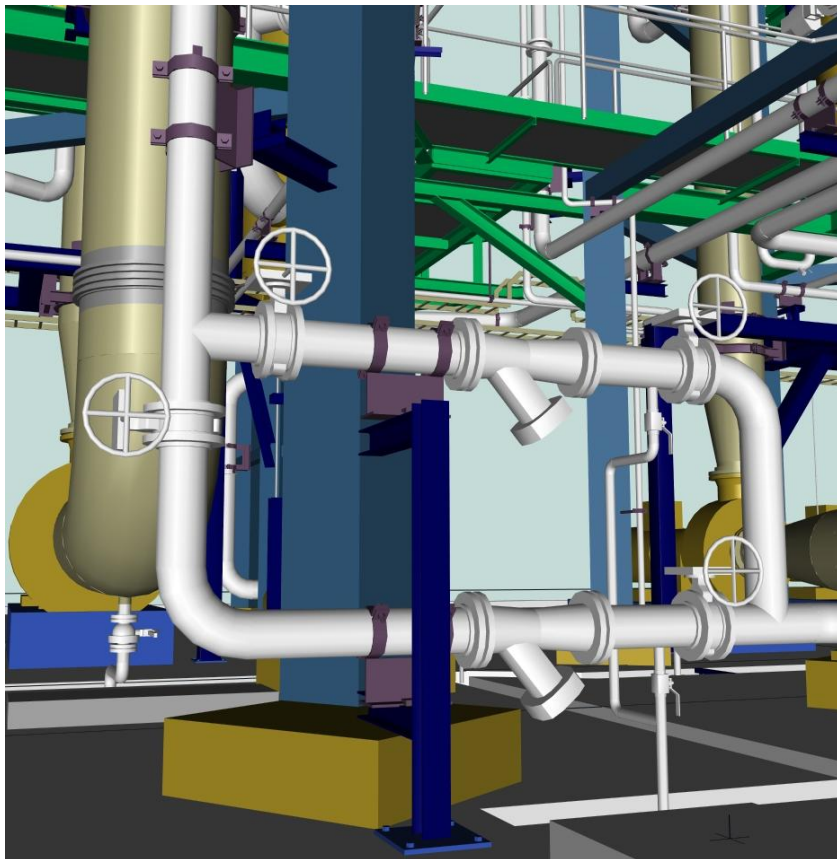
KUVIO 18. Pumpun kannakointi

12.6 Venttiilit ja instrumentoinnin kenttälaitteet

Standardin SFS 5363 kannatusvälit on tarkoitettu suorille putkille, joihin ei liity paikallisia kuormia. Niitä ovat esimerkiksi raskaat venttiilit ja niiden toimilaitteet. Silloin kannake tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle venttiiliä jännitysten pienentämiseksi. (Putkiston kannatus 2007, 16.)

Venttiilit ja anturit on kannakoitava hyvin niiden käytön ja huollon takia. Useat anturit vaativat toimiakseen häiriöttömän tasaisen virtauksen ja tärinättömän sijoituspaikan. Putkisto tulee kannakoida siten, että venttiilit ja anturit voidaan irrottaa putkistosta ja niille on oltava esteetön pääsy. Huollon vaatimat rakenteet ovat hyviä kannakointi kohtia ja ne voidaan hyödyntää kannakkeiden sijoitusta mietittäessä. (Kangas H. 1999, 12–14.)

Kuviossa 19 on kannakoinnin perustana ollut venttiilien tukeminen eikä suositeltavat kannatusvälit.



KUVIO 19. Venttiilien kannakointi

12.7 Varoventtiilit ja niiden purkuputkisto

Höyryputkistojen varoventtiilit ovat pakollinen turvalaite. Auetessaan venttiiliin kohdistuu huomattavia rasituksia ja purkuputki tai putket lämpölaajenevat huomattavasti. Varoventtiilin lähistölle on sijoitettava kiintopiste ottamaan vastaan varoventtiilin aukeamisesta aiheutuvat reaktivoimat. (Putkiston kannatus 2007, 16–17.)

Purkuputket on myös ohjattava tilaan, jossa ne eivät avautuessaan aiheuta vaaraa. Yleensä linja johdetaan rakennuksen katolle ja näin kannakointikin kohdistuu pystyputkeen. Koska lämpölaajenemisen takia ei voida käyttää kiinteää kannaketta, on linja tuettava vain ohjauksilla. Purkuputki on avonainen eikä siihen voi kohdistua painetta. Tämä mahdollistaa ohuen seinämän vahvuuden ja se vähentää varoventtiiliin kohdistuvaa painoa.

Höyryputkistot kuuluvat usein vaarallisuusluokkaan III ja kannakeluokkaan s3. Standardin SFS-EN 13480-3 mukaisesti näihin linjoihin on aina tehtävä lujuus-tarkastelu.

12.8 Puhdistettavat laitteet

Puhdistettavien laitteiden esimerkiksi lämmönvaihtimien ja suotimien putkisto on suunniteltava siten, että huoltotoimet pystytään tekemään. Yleensä virtaukset näihin laitteisiin tapahtuu päädyn kannen kautta ja laite voi olla asennettu vaaka- tai pystyasentoon. Pääty on pystyttävä irrottamaan lämmönvaihtimen puhdistusta tai suodattimen vaihtoa varten. Myös putkisto on suunniteltava ja kannakoitava siten että kannen irrotus ja huollettavien osien ulosvetäminen on mahdollista.

12.9 Pitkät pystynousut ja lämpölaajenevat säiliöt

Suosittelvat kannake etäisyydet eivät koske pystyputkia. Esimerkiksi Sweco Industry Oy:n kannakointiohjeiden laatijan Jorosen mukaan pystyputkilla voidaan käyttää 1,3 kertaa suurempaa kannakeväliä. Samaa arvoa on käytetty myös FT-Engineering Oy:n Andriz Heat Engineering Oy:lle suunnittelemissa putkistoissa.

Pystyputkelle suositellaan laitettavaksi yksi kiinteä kannake. Jos putki pystyy laajenemaan vapaasti molempiin suuntiin, on oikea paikka linjan keskellä. Muissa tapauksissa on kannakointi mietittävä tapauskohtaisesti.

Lämpölaajenevien säiliöiden ongelmana on, että säiliö ja putki laajenevat eri tahtiin. Esimerkiksi säiliötä täytettäessä sen lämpötila nousee ja samalla korkeus kasvaa. Säiliön ylijuoksuputki pysyy kuitenkin vakiolämpötilassa eikä lämpölaajenemista tapahdu. Tässä tapauksessa kiintopiste on sijoitettava lähelle ylijuoksun lähtöpistettä, silloin putken aiheuttama rasitus saadaan kohdistettua kannakkeeseen, eikä putken ja säiliön liitoskohtaan. Samoin on toimittava myös muilla säiliön kylkeen kannakoituilla linjoilla, joissa jousto ei ole mahdollinen.

12.10 Korkean viskositeetin putkistot

Korkean viskositeetin putkistoja ovat esimerkiksi paperiteollisuuden massaputket tai sellutehtaiden haihduttamoiden lipeäputkistot. Niiden käyttöpaineet voivat olla korkeampia kuin nesteputkilla ja kuljetettavalla massalla on suurempi viskositeetti. Suurempi viskositeetti lisää putkiston painoa ja kannakeväliä pitää olla pienemmät kuin standardin SFS 5363 määrittelemät suositeltavat kannatusvälit, jossa putkiston paino on laskettu nesteen tiheydellä 1000 kg/m^3 .

12.11 Käytönaikaiset kuormitukset

Putkistoon ja sen kannakointiin voi laitoksen käytön yhteydessä kohdistua isku- maisia kuormituksia. Näitä syntyy höyryputkien lauhdeiskuissa ja pitkissä vesiputkissa venttiilin avautuessa tai sulkeutuessa äkillisesti. Putkistoon liittyvät laitteet on suojattava näiltä iskuilta riittävän tukevalla kiintopisteellä, joka ottaa kuormituksen vastaan. Kiintopisteen sijaan voidaan käyttää ohjausta, joka suuntaa voimat oikein. Laitoksen oikea käyttö ja ajotapa vähentävät näitä kuormituksia. (Putkiston kannatus 2007, 17.)

13 KANNAKOINNIN KUSTANNUSVAIKUTUS

Kannakoinnin kustannukset syntyvät suunnittelu-, materiaali- ja asennuskustannuksista. Hyvällä ja tarkoituksenmukaisella kannakesuunnittelulla voidaan vaikuttaa näihin kaikkiin kustannuksiin. Koska kannakointi on aloitettava putkisto-

suunnittelun vielä ollessa käynnissä, pääsuunnittelijan on uskallettava tehdä mahdollisimman paljon päätöksiä heti projektin alkuvaiheessa ja hyväksyttävä ne asiakkaalla. Näin vältetään loppuvaiheessa tehtäviltä korjauksilta, jotka voivat vaikuttaa hyvinkin suureen kannakemäärään.

13.1 Suunnittelukustannukset

Kannakesuunnittelu on tyypillisesti suunnittelua, jossa ei pyritä luomaan uusia ratkaisuja, vaan käytetään mahdollisimman paljon standardiratkaisuja tai tyyppikannakkeita. Kannakepisteiden lukumäärä on myös suuri muutamasta sadasta useisiin tuhansiin. Yhden kannakepisteen suunnitteluun käytettävä keskimääräinen aika on 1-2 tuntia. Kannakkeiden suuresta lukumäärästä johtuen on tärkeää hankkia projektiin sopivat ohjelmat sekä huolehdittava suunnittelijoiden riittävästä koulutuksesta.

Uusien tehtaiden suunnitteluprojektit lähes aina toteutetaan kiinteähintaisina. Projektisopimuksessa määrittään kannakoinin vaatimustaso. Siinä voidaan esimerkiksi määrittää, että alle DN 65-koon putkiin suunnitellaan vain primäärikannakkeiden sijainti. Tällä vähennetään oleellisesti sekundäärikannakkeiden suunnittelua ja siirretään suunnitteluvastuuta asennusvalvojille tai urakoitsijoille.

Yllättävää suunnittelun lisääntymistä voi aiheuttaa painelaitedirektiivin (PED) luokitus. Linjat, joiden kannattimen luokka on S2 tai S3, vaativat tarkempaa suunnittelua, kuin luokan S1 kannakointi. Projektipäällikön on valvottava, ettei kiinteähintaisessa projektissa suunnittelutoimistolle aiheudu ylimääräisiä kustannuksia toimeksiannon muutoksesta.

Suunnittelun edetessä voi muutoksia tulla myös lähtötietoihin. Näitä ovat esimerkiksi reitityksen tai putken halkaisijan muuttuminen ja eristyspaksuuden muutos. Putken halkaisijan tai reitityksen muuttuessa kannakeväli voi muuttua ja koko linjan primääri- ja sekundäärikannakkeet on tarkistettava uudelleen. Eristepaksuuden muutos voi vaikuttaa primäärikannakkeen muuttumiseen matalasta korkeaksi tai päinvastoin. Nämä kaikki muutokset on hyväksyttävä asiakkaalla ja suunnittelijan on pidettävä tuntikirjanpitoa muutoksista.

Suunnittelija voi vaikuttaa kokonaiskustannuksiin eniten oikealla kannakevälillä. Liian tiheä kannakointi lisää kaikkia kolmea kustannusta. Kannakoinnin tihey-

den oikeellisuutta voidaan arvioida säännöllä, jossa primäärikannakkeiden painon on oltava 17–20 % putkiston painosta. (Lindberg, 2010.)

13.2 Materiaalikustannukset

Materiaalikustannukset syntyvät primääri- ja sekundäärikannakkeiden määrästä. Primäärikannakkeet ovat standardikomponentteja, joiden hintaan suunnittelija ei voi vaikuttaa. Sekundäärikannakkeiden kustannus on suoraan verrannollinen niiden painoon. Suunnittelun on pyrittävä löytämään heti projektin alussa tarkoituksenmukaiset teräsprofiilit, joita käytetään koko projektin ajan. Varsinaista painon optimointiin perustuvaa laskentaa ei tehdä sekundäärikannake suunnittelun yhteydessä.

13.3 Asennuskustannukset

Myös asennuskustannukset ovat suoraan verrannollisia kannakepisteiden määrään. Suunnittelulla voidaan kuitenkin merkittävästi pienentää asennuskustannuksia. Esimerkiksi reittivalinnat, jossa kannakepiste on helposti tavoitettavissa, sekä sekundäärikannakkeen mahdollinen korkeussäätö ja asennuspaikalla tehtävän hitsaustyön minimointi pienentävät asennuskustannuksia.

Merkittävä asennuskustannusten pienentäjä on ennakkosuunnittelu. Vaikka putkireittejä ei vielä ole suunniteltukaan, voidaan rakennusta ja laitteita suunniteltaessa huomioida kannakoinnin vaatimukset. Esimerkiksi lattiaan ja betoniin pilareihin voidaan asentaa tartunnat sekundäärikannattimille jo rakennusvaiheessa. Ne ovat oleellisesti halvempia ja vahvempia kuin valmiiseen rakenteeseen kemiallisilla- tai lyöntiankkureilla kiinnitettävät tartunnat.

14 POHDINTA

Kannakointi on usein mielletty osaksi putkistosuunnittelua, joka syntyy itsestään muun suunnittelun sivussa tai aivan loppuvaiheessa usean suunnittelijan toimesta. Vain harvoin päästään tilanteeseen, jolloin kannakkeet valmistuisivat yhdessä putkiston kanssa. Kannakesuunnittelu antaa uudelle suunnittelijalle hyvät valmiudet aloittaa kehittyminen putkistosuunnittelijana. Hän näkee silloin putkiston valmiina kokonaisuutena. Sekundäärikannakkeidensuunnittelu onkin

usein ollut nuoren suunnittelijan ensimmäinen putkistosuunnitteluun liittyvä tehtävä.

3D-suunnittelu antaa nyt ensimmäisen kerran suunnittelijalle mahdollisuuden sijoittaa putkistokomponentit osaksi putkistokokonaisuutta. Tällöin kannake on samanarvoinen kuin muutkin putkistokomponentit. Tämä etu on hyödynnettävä, ja 3D-putkistosuunnitteluun on liitettävä myös kannakekoulutus. Tämä vaatii myös asenteellista muutosta suunnitteluun. Putkistosuunnittelijan on vähintään asennettava primäärikannakkeet putkilinjoihin. Näin varmistetaan että putkisto toimii kannakoinnin jälkeenkin alkuperäisen suunnitelman mukaisesti. Kannakesuunnittelija voi tehdä sekundäärikannakkeet, jotka poikkeavat standardiratkaisuista. Myös kannakkeiden vaatimien luetteloiden ja piirustusten tekijä voi olla jokin muu henkilö kuin putkistosuunnittelija.

Putkisto- ja kannakesuunnitteluun on uusien käyttöönotettujen standardien mukana tullut paljon vaatimuksia, joita ei aiemmin ole dokumentoitu. SFS-EN 13480-3 standardi vaatii myös joissakin tapauksissa piirustuksen kannakkeesta ja tarvittaessa on esitettävä dokumentit kannakkeiden lujuudesta. Tämä tulee lisäämään kannakesuunnitteluun käytettäviä työtunteja ja tekee sen yhä vaativammaksi. Toisaalta 3D-suunnittelu on mahdollistanut siirtymisen periaatekuvista yksilöllisiin kannakekohtaisiin kuviin, mikä mahdollistaa yksityiskohtaisen lujuustarkastelun.

Hyvin suunniteltuna kannakointi mahdollistaa putkiston toimivuuden ja on edullisempi toteuttaa. Väärin suunniteltuna kannakointi pilaa putkiston toimivuuden ja hankaloittaa huoltoa ja kunnossapitoa.

15 LÄHTEET

- CADMill Plant Design-järjestelmä. n.d. PROFOX Oy:n sivusto. Viitattu 4.8.2010 http://www.profox.fi/index_fin.html, CADMill Mechanic.
- Hämäläinen, J. 1999a. Putkistosuunnittelun avainalueet. Luentomateriaalissa Teollisuusputkistojen suunnittelu. INSKO-seminaarit Vantaa 10-11.2.1999: AEL, V0644/99 I.
- Hämäläinen, J. 1999b. Yleiskatsaus ulkomaisiin putkistosuunnittelunormeihin. Luentomateriaalissa Teollisuusputkistojen suunnittelu. INSKO-seminaarit Vantaa 10-11.2.1999: AEL, V0644/99 II.
- Innala, Kallioinen & Saarinen. 2009. CAE/PLM tutkimuksen tulokset. Valokynä 2/2009, 23–31
- Lindberg, V. 2010. Specialist, Process, Energy, Pulp&Paper. Sweco Industry Oy. Haastattelut elokuu 2010.
- Kangas, H. 1999. Putkistosuunnittelu ja instrumentointi. Luentomateriaalissa Teollisuusputkistojen suunnittelu. INSKO-seminaarit Vantaa 10-11.2.1999: AEL, V0644/99 XI.
- Kemikaaliputkistot. 2007. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Viitattu 12.9.2010 <http://www.tukes.fi/>, tietopalvelut, oppaat, kemikaalit.pdf.
- Kesti, M. 1992. Teollisuusputkistot. Helsinki: VAPK-Kustannus.
- Painelaitteet. n.d. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Viitattu 12.9.2010 <http://www.tukes.fi/>, tietopalvelut, oppaat, painelaitteet.pdf.
- PSK 5802. 2003. Putkistopiirustukset. Taso- ja leikkauspiirustus. PSK Standardisointiyhdistys ry.
- PSK 5803. 2003. Putkistopiirustukset. Isometrinen piirustus. 3.p. PSK Standardisointiyhdistys ry.
- PSK 5808. 2000. Tehdassuunnitteluasiakirjat. Laitteiden ja metallirakenteiden mittapiirustus. PSK Standardisointiyhdistys ry.

PSK:n esittelykalvot. n.d. PSK Standardisoinnin sivusto. Viitattu 23.8.2010
<http://www.psk-standardisointi.fi>, info, PSK:n esittelykalvot.

Putkiluokat. 2008. PSK-käsikirja 7. Helsinki: Copy-Set Oy.

Putkistonkannatus. 2007. SFS-käsikirja 107. 6. uudistettu painos. Helsinki: SFS.

SFS Standardisointi. n.d. SFS Standardisoimisliiton sivusto. Viitattu 23.8.2010
http://www.sfs.fi/sfs_lyhyesti/tehtavat.

SFS 4965. 1993. Rakennustehtäväpiirustus. 2.p. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 10.10.2010 <http://jamk.fi/kirjasto>, Nelli-portaali, SFS Online.

SFS-EN 13480-3 + A3. 2006, Metalliset teollisuusputkistot. Osa 3: Suunnittelu ja laskenta. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 10.10.2010
<http://jamk.fi/kirjasto>, Nelli-portaali, SFS Online.

SSG Standard n.d. SSG standard for pipe supports is now PED-Compliant. Viitattu 5.8.2010. <http://www2.ssg.se/en>, press, news.

Teivas, T. 1999. Putkistosuunnittelu ja instrumentointi. Luentomateriaalissa Teollisuusputkistojen suunnittelu. INSKO-seminaarit Vantaa 10-11.2.1999: AEL, V0644/99 X.

Teollisuuseristys. SFS-käsikirja 132. 2007. 5. uudistettu painos. Helsinki: SFS

Tutustu JAMKIin. 2011. Jyväskylän ammattikorkeakoulun sivut. Viitattu 12.2.2011. <http://www.jamk.fi/tutustu>.

16 LIITTEET

Liite 1. Tehdasstandardi

	PIPING BRACKETS	ESP-402	Rev. 0
		Celulosas de Asturias	
		13 (163)	

SHOE FOR SPECIAL MATERIALS PIPING

TYPE **S-21** ≤ DN200 PIPE.

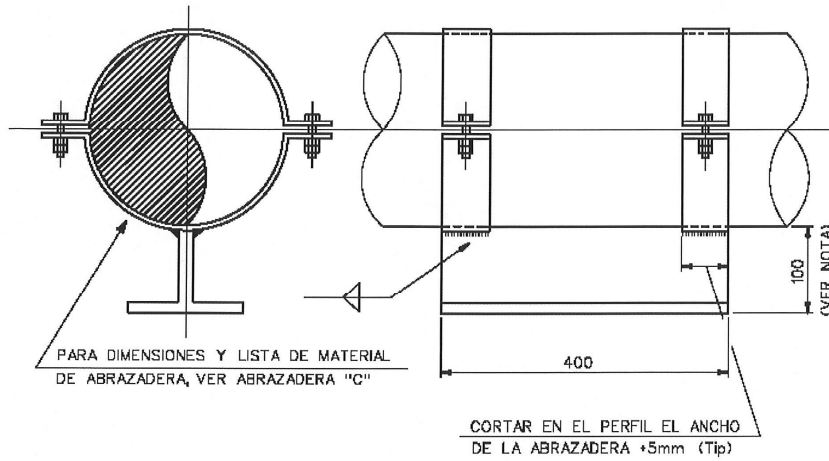


Figura 8

NOTE: SHOE HEIGHT SHALL BE

- DN80 Max. INSULATION THICKNESS = 100 mm
- DN125 Max. INSULATION THICKNESS = 150 mm
- INSULATION THICKNESS HIGHER THAN DN125 Max. = 150 mm
THICKNESS DECREASED TO DN125 Max. IN AREA AROUND SHOE

S-21	----	----
	1/2 IPE 200	m. 0.35
TYPE	DESCRIPTION	QUANTITY
MATERIAL LIST		

Liite 2. Standardin SFS-EN 13480-3/A3 taulukko N.1 Kannatinten dokumentointi

	Dokumentit	Kannatuksen luokitus		
		S1	S2	S3
Materiaali	Sertifikaatti standardin EN 10204-3.1B mukaisesti			Y
	Sertifikaatti standardin EN 10204-2.1 mukaisesti		Y	
	Sertifikaatti hitsausmateriaaleille (hitsauslisäaineet)		Y	Y
Suunnittelu	Piirustus, aikataulu tai muu tapa jokaisen kannatintyyppin tunnistamiseksi	X	X	X
	Piirustus jokaisesta kannatuksesta		X	X
	Todistus mekaanisesta lujuudesta analyysillä, testauksella tai viittauksella vakiorakenteeseen		Y	Y
Valmistus	Hitsaajan lupatodistukset standardin EN 287-1 mukaisesti		Y	Y
	Hitsausmenettelyn hyväksymisraportit standardin EN 288 mukaisesti		Y	Y
Tarkistus	Standardin EN 13480-5 mukaisen tarkastuksen tarkastusraportti		Y	Y
Sertifiointi	Standardissa EN 13480-5 asetetut vaatimukset	X	X	X
X = Toimitettavat dokumentit Y = Dokumentit, joiden on oltava saatavilla tarkistettavaksi				

Liite 3. FT-Engineering Oy:n käyttämä kannakeluettelo

PO57254.xls

Page 1/1

AHLSTROM	PIPE SUPPORT SPECIFICATION		PO 57254		REVISION		PIPE SUPPORT SPECIFICATION
	JSC Syktyvkar Forest Enterprise 2-EFFECT CONCENTRATOR		DATE:	19.10.2000	DATE:	SIGN.:	
			SIGN.:	FTE/EL			
						REG.NO.	
PIPE LINE POSITION	SUPPORT NUMBER	SUPPORT TYPE	SUPPORT COMPONENTS		ATTACHMENT		
			PIPE SLIDE	FUNCTION	DRAWING NO.		
001-LBH-250	S001	ANCHORAGE	SFS 5377		SFS 5368A2 4pcs		
001-LBH-250	S002	CLAMP	SFS 5370				
001-LBH-250	S003	ANCHORAGE	SFS 5377		SFS 5368A2 4pcs		
	S004	RESERVE					
	S005	RESERVE					
002-LBH-200	S006	ANCHORAGE	SFS 5377		SFS 5368A2 4pcs		
002-LBH-200	S007	ANCHORAGE	SFS 5377		SFS 5368A2 4pcs		
002-LBH-200	S008	GUIDE	SFS 5377	SFS5367 2pcs			
002-LBH-200	S009	GUIDE	SFS 5377	SFS5367 2pcs			
	S010	RESERVE					
003-LBH-150	S011	ANCHORAGE	SFS 5376		SFS 5368A2 4pcs		
003-LBH-200	S012	ANCHORAGE	SFS 5377		SFS 5368A2 4pcs		
004-LBH-200	S013	GUIDE	SFS 5377	SFS5367 2pcs			
004-LBH-200	S014	ANCHORAGE	SFS 5377		SFS 5368A2 4pcs		
	S015	RESERVE					
	S016	RESERVE					
005-LBH-150	S017	ANCHORAGE	SFS 5376		SFS 5368A2 4pcs		
005-LBH-150	S018	GUIDE	SFS 5376	SFS5366 2pcs			
005-LBH-150	S019	CLAMP	SFS 5370				
006-LBH-150	S020	GUIDE	SFS 5376	SFS5366 2pcs			
006-LBH-150	S021	GUIDE	SFS 5376	SFS5366 2pcs			
	S022	RESERVE					
	S023	RESERVE					
007-LBH-200	S024	GUIDE	SFS 5377	SFS5367 2pcs			
007-LBH-200	S025	ANCHORAGE	SFS 5377		SFS 5368A2 4pcs		
007-LBH-200	S026	ANCHORAGE	SFS 5377		SFS 5368A2 4pcs		
008-LBH-150	S027	ANCHORAGE	SFS 5376		SFS 5368A2 4pcs		
008-LBH-150	S028	ANCHORAGE	SFS 5376		SFS 5368A2 4pcs		
008-LBH-150	S029	GUIDE	SFS 5376	SFS5366 2pcs			
008-LBH-150	S030	ANCHORAGE	SFS 5376		SFS 5368A2 4pcs		
008-LBH-150	S031	ANCHORAGE	SFS 5376		SFS 5368A2 4pcs		
008-LBH-150	S032	GUIDE	SFS 5376	SFS5366 2pcs			
008-LBH-150	S033	GUIDE	SFS 5376	SFS5366 2pcs			
008-LBH-150	S034	ANCHORAGE	SFS 5376		SFS 5368A2 4pcs		
008-LBH-150	S035	GUIDE	SFS 5376	SFS5366 2pcs			
008-LBH-150	S036	ANCHORAGE	SFS 5376		SFS 5368A2 4pcs		
008-LBH-150	S037	GUIDE	SFS 5376	SFS5366 2pcs			
008-LBH-150	S038	ANCHORAGE	SFS 5376		SFS 5368A2 4pcs		
008-LBH-150	S039	GUIDE	SFS 5376	SFS5366 2pcs			
008-LBH-150	S040	GUIDE	SFS 5376	SFS5366 2pcs			
	S041	RESERVE					

Liite 4. FT-Engineering Oy:n käyttämä primäärikannakelista

ANDRITZ OY		SUPPORT LIST PRIMARY SUPPORTS Evaporation Plant			35102093T			
		PROJECT: Kerinci FINAL			SIGN.: FTE/AH			
					DATE : 10.8.2006			
					REV.: b 9.11.2006			
LINE NO	PART	SIZE	TOTAL PCS.	STAND.	WEIGHT	TOTAL WEIGHT	Amount 21.9.2006 pcs	Change 9.11.2006 + / -
1	PIPE CLAMP A	DN10	0	370-016	0,09	0,00	0	0
2	PIPE SLIDE, HIGH	DN10	0	370-010	1,00	0,00	0	0
3	PIPE CLAMP A	DN15	200	370-016	0,10	20,00	80	120
4	PIPE SLIDE, HIGH	DN15	0	370-010	1,00	0,00	0	0
5	PIPE CLAMP A	DN20	0	370-016	0,33	0,00	0	0
6	PIPE SLIDE, HIGH	DN20	0	370-010	1,00	0,00	0	0
7	PIPE CLAMP A	DN25	330	370-016	0,35	115,50	240	90
8	PIPE SLIDE, HIGH	DN25	50	370-010	1,00	50,00	140	-90
9	PIPE CLAMP A	DN32	7	370-016	0,38	2,66	0	7
10	PIPE SLIDE, HIGH	DN32	0	370-010	0,38	0,00	0	0
11	PIPE CLAMP A	DN40	68	370-016	0,41	27,88	50	18
12	PIPE SLIDE, HIGH	DN40	22	370-010	1,10	24,20	55	-33
13	PIPE CLAMP A	DN50	178	370-016	0,79	140,62	140	38
14	PIPE SLIDE, HIGH	DN50	90	370-011	4,72	424,80	100	-10
15	PIPE CLAMP A	DN80	23	370-016	0,96	22,08	20	3
16	PIPE SLIDE, HIGH	DN80	47	370-011	7,57	355,79	65	-18
17	PIPE CLAMP A	DN100	6	370-016	2,06	12,36	8	-2
18	PIPE SLIDE, HIGH	DN100	54	370-011	9,77	527,58	55	-1
19	PIPE SLIDE, HIGH	DN125	1	370-011	11,70	11,70	0	1
20	PIPE CLAMP A	DN150	30	370-016	2,60	78,00	30	0
21	PIPE SLIDE, HIGH	DN150	218	370-011	12,28	2677,04	200	18
22	PIPE SLIDE, HIGH 2-SIDED	DN150	0	370-011	20,00	0,00	2	-2
23	PIPE CLAMP A	DN200	11	370-016	3,10	34,10	6	5
24	PIPE SLIDE, HIGH	DN200	145	370-012	11,70	1696,50	130	15
25	PIPE SLIDE, HIGH 2-SIDED	DN200	0	370-012	21,00	0,00	2	-2
26	PIPE CLAMP A	DN250	2	370-016	4,40	8,80	0	2
27	PIPE SLIDE, HIGH	DN250	50	370-012	19,50	975,00	50	0
28	PIPE SLIDE, HIGH 2-SIDED	DN250	0	370-012	38,00	0,00	1	-1
29	PIPE CLAMP A	DN300	2	370-016	5,25	10,50	1	1
30	PIPE SLIDE, HIGH	DN300	129	370-012	20,80	2683,20	129	0
31	PIPE SLIDE, HIGH 2-SIDED	DN300	0	370-012	39,00	0,00	1	-1
32	PIPE CLAMP A	DN350	0	370-016	5,70	0,00	0	0
33	PIPE SLIDE, HIGH	DN350	4	370-012	30,30	121,20	4	0
34	PIPE SLIDE, HIGH 2-SIDED	DN350	0	370-012	35,00	0,00	0	0
35	PIPE CLAMP A	DN400	3	370-016	9,60	28,80	1	2

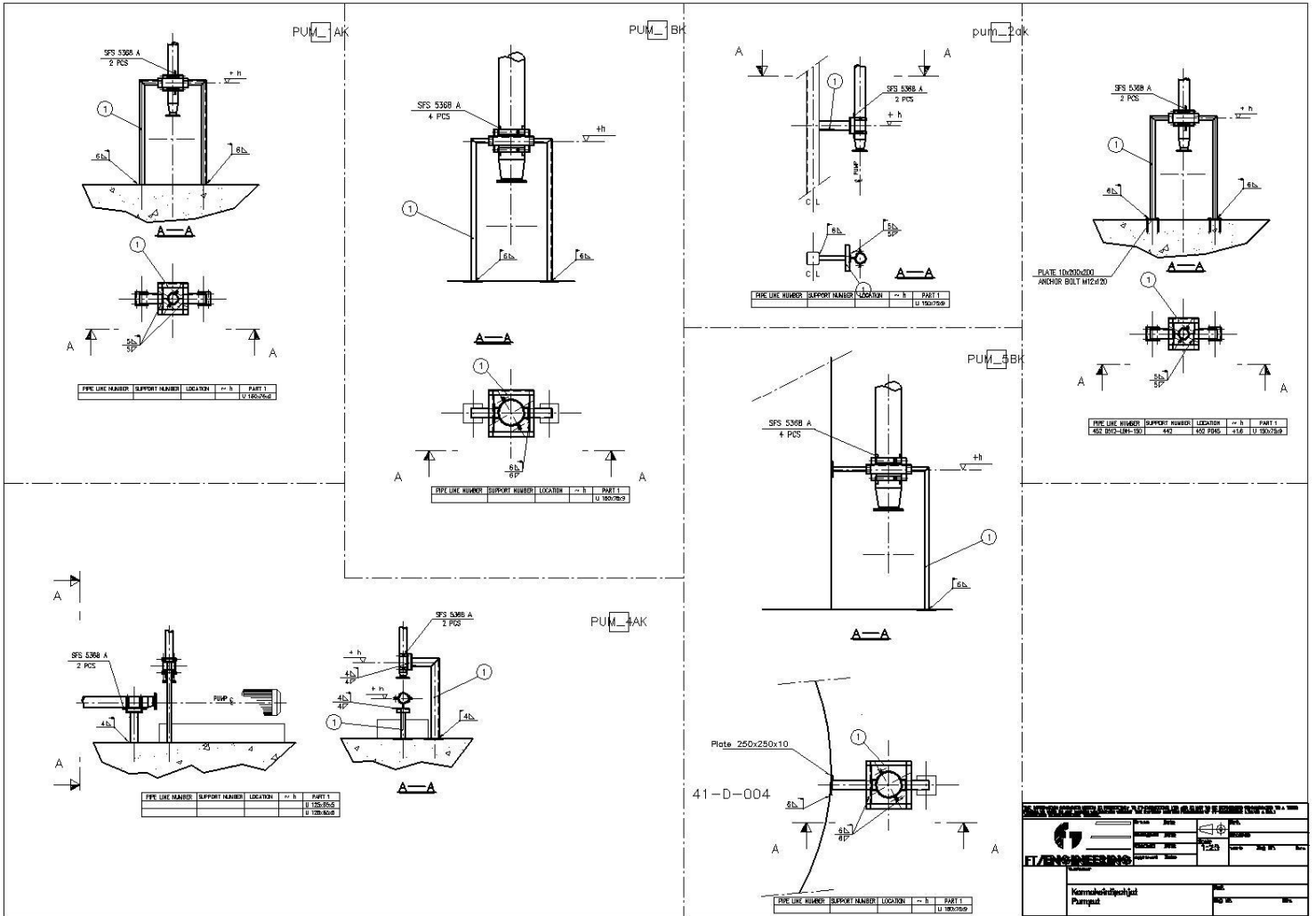
ANDRITZ OY		SUPPORT LIST			35102093T			
		PRIMARY SUPPORTS						
		Evaporation Plant						
		PROJECT:			SIGN.: FTE/AH			
		Kerinci			DATE : 10.8.2006			
		FINAL			REV.: b 9.11.2006			
LINE NO	PART	SIZE	TOTAL PCS.	STAND.	WEIGHT	TOTAL WEIGHT	Amount 21.9.2006 pcs	Change 9.11.2006 +/-
36	PIPE SLIDE, HIGH	DN400	54	370-012	37,30	2014,20	47	7
37	PIPE CLAMP A	DN500	1	370-016	11,45	11,45	0	1
38	PIPE SLIDE, HIGH	DN500	38	370-012	49,90	1896,20	39	-1
39	PIPE CLAMP A	DN600	1	370-017	24,00	24,00	0	1
40	PIPE SLIDE, HIGH	DN600	11	370-013	52,40	576,40	10	1
41	PIPE SLIDE, HIGH 2-SIDED	DN600	2	370-014	53,40	106,80	2	0
42	PIPE SLIDE, HIGH	DN 700	0	370-014	58,00	0,00	0	0
43	PIPE SLIDE, HIGH 2-sided	DN 700	0	370-014	100,00	0,00	0	0
44	PIPE CLAMP A	DN800	0	370-017	30,50	0,00	0	0
45	PIPE SLIDE, HIGH	DN800	6	370-014	62,00	372,00	7	-1
46	PIPE SLIDE, HIGH 2-SIDED	DN800	2	370-014	120,00	240,00	2	0
47	PIPE CLAMP A	DN 900	0	370-017	37,50	0,00	0	0
48	PIPE SLIDE, HIGH	DN 900	0	370-014	80,20	0,00	0	0
49	PIPE CLAMP A	DN1000	0	370-017	37,50	0,00	0	0
50	PIPE SLIDE, HIGH	DN1000	5	370-014	80,20	401,00	5	0
51	PIPE SLIDE, HIGH 2-SIDED	DN1000	1	370-014	85,00	85,00	1	0
52	Elbow anchorage	DN200	0	373-021		0,00	1	-1
53	Elbow anchorage	DN250	1	373-021		0,00	1	0
54	Elbow anchorage	DN300	0	373-021		0,00	1	-1
55	Elbow anchorage	DN400	6	373-021		0,00	4	2
56			1798		Material		1630	
57	Stopper		30	372-013	GR S32205, ASTM A 790M, 3.1B		30	0
58	Stopper		420	372-013	Gr B, ASTM A106/API 5L, 3.1B		420	0
59	Stopper		650	372-013	TP 304, ANSI/ASTM A312, 3.1B		450	200
60	Stopper		50	372-013	TP 316, ANSI/ASTM A312, 3.1B		50	0
61	Guide type A		525	372-015			525	0
62	Guide type B		350	372-015			350	0
63	Hanger rod	10	5	372-004			10	-5
64	Hanger rod	12	58	372-004			50	8
65	Hanger rod	16	35	372-004			30	5
66	Hanger rod	20	3	372-004			2	1
67	Hanger rod	24	3	372-004			2	1
68	Threaded rod	10	5	372-008			10	-5
69	Threaded rod	12	58	372-008			50	8
70	Threaded rod	16	35	372-008			30	5

ANDRITZ OY		SUPPORT LIST PRIMARY SUPPORTS Evaporation Plant			35102093T			
		PROJECT: Kerinci			SIGN.: FTE/AH			
		FINAL			DATE : 10.8.2006			
					REV.: b 9.11.2006			
LINE NO	PART	SIZE	TOTAL PCS.	STAND.	WEIGHT	TOTAL WEIGHT	Amount 21.9.2006 pcs	Change 9.11.2006 + / -
71	Threaded rod	20	3	372-008			2	1
72	Threaded rod	24	3	372-008			2	1
73	Rod eye	10	5	372-009			10	-5
74	Rod eye	12	58	372-009			50	8
75	Rod eye	16	35	372-009			30	5
76	Rod eye	20	3	372-009			2	1
77	Rod eye	24	3	372-009			2	1
78	Attachment D	10	5	372-025			10	-5
79	Attachment D	12	58	372-025			50	8
80	Attachment D	16	35	372-025			30	5
81	Attachment D	20	3	372-025			2	1
82	Attachment D	24	3	372-025			2	1

Liite 5. FT-Engineering Oy:n käyttämä sekudäärikannakelista

ANDRITZ OY		SUPPORT LIST			FINAL					
		SECONDARY SUPPORTS			35102095T					
		Evaporation Plant,			DATE: 10.8.2006					
		PROJECT: KERINCI			SIGN.: FTE/AH					
		PROJECT NO:			REV.: c 9.11.2006 / AH					
ITEM NO.	NAME	SIZE	TOTAL PCS./ M	MATERIAL	STANDARD	NOTE	Kg/m or pcs.	Weight	Amount 5.10.2006 pcs	Change 9.11.2006 + / -
1	I-profile	100x100x16.9H	60	A36			16,9	1014,0	42	18
2	I-profile	125x125x23.6H	378	A36			23,6	8920,8	324	54
3	I-profile	150x150x31.1H	630	A36			31,1	19593,0	474	156
4	I-profile	150x75x14H	12	A36			14	168,0	0	12
5	I-profile	175x175x40.4H	12	A36			40,4	484,8	12	0
6	I-profile	200x200x49.9H	72	A36			49,9	3592,8	60	12
7	I-profile	250x250x82.2H	48	A36			82,2	3945,6	42	6
8	U-profile	75x40C	54	A36			6,92	373,7	150	-96
9	U-profile	100x50C	108	A36			9,36	1010,9	120	-12
10	U-profile	125x65C	258	A36			13,4	3457,2	180	78
11	U-profile	150x75C	96	A36			24	2304,0	132	-36
12	U-profile	180x75C	36	A36			27,1	975,6	42	-6
13	U-profile	200x90C	12	A36			30,3	363,6	18	-6
14	L-Bar	L65x65x6	12	A36			5,91	70,9	0	12
15	L-Bar	L80x80x8	18	A36			9,66	173,9	12	6
16	L-Bar	L100x65x8	6	A36			8,77	52,6	0	6
17	L-Bar	L100x100x10	6	A36			10	60,0	0	6
18	Flat bar	6x50	132	A36			2,36	311,5	180	-48
19	Flat bar	12x150	6	A36			3,36	20,2	0	6
20	Flat bar	16x150	6	A36			4,36	26,2	0	6
21	Flat bar	20x65	6	A36			5,36	32,2	0	6
22	Pipe	26.9x2.3	54	A36			1,4	75,6	84	-30
23	Hollow section	200x200x8	168	A36			46,5	7812,0	168	0
24	Plate	12x150x300	1	A36			4,3	4,3	0	1
25	Plate	12x180x100	2	A36			1,7	3,5	0	2
26	Plate	12x200x200	3	A36			3,8	11,5	0	3
27	Plate	12x200x250	1	A36			4,8	4,8	0	1
28	Plate	12x250x250	4	A36			6,0	24,0	0	4
29	Plate	12x250x350	3	A36			8,4	25,2	0	3
30	Plate	12x300x300	1	A36			8,6	8,6	0	1
31	Plate	12x350x150	2	A36			5,0	10,1	0	2
32	Plate	16x250x250	4	A36			8,0	32,0	0	4
33	Plate	16x300x200	2	A36			7,7	15,4	0	2
34	Plate	300x300x16	55	A36			10,2	561,0	55	0
35	Anchor bolt	M16x300	300	A36					160	140
36	UNP	240x85	78	S235JRG2			33	2574,0	78	0
37	Plate	150x90x15	28	S235JRG2			2	56,0	28	0
38	Plate	229x75x15	28	S235JRG2			2	56,0	28	0
39	Threaded bar	M36x265	56	8.8/Zn	DIN975	Threaded lenght 140 mm			56	0
40	Hex nut	M36	112	8/Zn	DIN934				112	0
41	Washer	A37	112	Fe/Zn	DIN125A				112	0
42	L-Bar	L50x50x6	18				5	90,0	18	0
43										
44							Total weight	57301		

Liite 6. FT-Engineering Oy:n käyttämäperiaatekuva pumppujen kannakointiin



Liite 7. PDMS-ohjelmalla tuotettu putkistoisometri

