

Joonas Männistö

**TEOLLISUUSPUTKISTON KANNAKOINNIN
TEKNILLISTALOUDELLINEN VERTAILU**

Opinnäytetyö

KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Helmikuu 2012



TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Tekniikka ja liiketalous, Kokkola	Aika Helmikuu 2012	Tekijä Joonas Männistö
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka		
Työn nimi Teollisuusputkistojen kannakoinnin teknillistaloudellinen vertailu		
Työn ohjaaja Rauli Koistinen	Sivumäärä 31 + 2	
Työelämäohjaaja Markus Heikkilä		
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Scancool Oy:lle teollisuusputkistojen kannakoinnin valintaan liittyvät teknilliset sekä taloudelliset vaikutukset, sekä näiden vaikutus projekteista syntyviin kokonaiskustannuksiin.</p> <p>Työssä käytiin läpi kannakoinnin tarkoitus prosessiputkistojen suunnittelussa sekä sijoittelussa. Kannakoinnista syntyvät kustannukset jaettiin suunnittelukustannuksiin, asennuskustannuksiin sekä materiaalikustannuksiin. Työn tarkoituksena oli selvittää pystyykö yritys kilpailemaan itse valmistamallaan kannakointiratkaisuillaan jo markkinoilla oleville kannakointijärjestelmille.</p>		
Asiasanat Teollisuusputkisto, Kannakointi, Teknillinen, Taloudellinen, Vertailu		

ABSTRACT

CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	Date February 2012	Author Joonas Männistö
Degree programme Mechanical and Production Engineering		
Name of thesis Technical and financial comparison of supports for industrial piping		
Instructor Rauli Koistinen	Pages 31 + 2	
Supervisor Markus Heikkilä		
<p>The goal of the thesis was to clarify for Scancool Oy the influence of the technical and financial effects of selection of supports for industrial piping, and their influence on the total costs created by projects.</p> <p>The thesis collected the information regarding the planning and layout of supports for industrial piping. The costs created by the piping were separated into planning-, installation- and material costs. The goal was to find out if the company could compete with their self-made supports against support systems already out on the market.</p>		
Key words Technical, Financial, Comparison, Supports, Industrial piping		

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
LYHENTEITÄ JA AVAINKÄSITTEITÄ
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO	1
2 TOIMEX OY	2
3 HILTI OY	3
4 KANNAKOINTI	4
4.1 Kannakoinnin tehtävä	4
4.2 Kannaketyypit	5
4.2.1 Liukukannake ja kynsiohjattu liukukannake	6
4.2.2 Riippukannake	7
4.2.3 Kiinteä kannakointi	8
4.2.4 Ohjaustyypit	8
4.3 Sekundäärikannakkeiden kiinnitys	9
4.4 Putken liikkeet sekä kannakkeisiin ja tukirakenteisiin kohdistuvat kuormitukset	9
4.5 Kuormitukset	11
4.6 Kannatusvälit	11
5 SUUNNITTELUN KULKU	14
6 KANNAKOINNIN KUSTANNUKSET	16
6.1 Suunnittelukustannukset	16
6.2 Materiaalikustannukset	17
6.3 Asennuskustannukset	17
7 CASE – PROSESSIPUTKISTO	18
7.1 Tutkimus	18
7.2 Hitsattu teräsporttikannatin	20
7.3 Hilti MI-järjestelmän porttikannatin	21
7.4 Vertailu	22
8 TULOKSET	26
9 POHDINTA	29

LÄHTEET

31

LIITTEET

1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena on tutkia ja verrata kahtaa eri ratkaisua auttamaan valitsemaan soveltuva kannakointijärjestelmä. Scancool Oy:llä on mahdollisuus joko itse valmistaa tarvitsemaansa kannakkeita, tai sitten valita valmis ratkaisu joltain markkinoilla toimivista kannakointin toimittajista. Esimerkkinä kannakointin toimittajista käytetään kansainvälistä Hilti Oy sekä suomalaista Toimex Oy:tä. Toisena vaihtoehtona käytetään yrityksen itse suunnittelemaa sekä valmistamia kannakkeita. Kannakkeet käsittävät kolmea tyyppiä; lattiaan asennettavat, seinään asennettavat sekä kattoon asennettavat kannakkeet. Putkikoot rajataan DN50 ... DN500:n. Yritykselle haasteena ovat mm. sekundääriskannakkeiden puuttuminen kokonaan, jolloin asentajat joutuvat useimmiten itse suunnittelemaan ja valmistamaan omat kannakkeensa.

Opinnäytetyössä käydään läpi kannakointi, sen pääasiallinen tehtävä, eri kannaketyypit joita useimmiten käytetään, kannakointin jakautuminen primääriskannakkeisiin sekä sekundääriskannakkeisiin sekä tärkeimpänä myös kannatusvälit. Työssä käydään myös läpi kannakointin suunnittelun kulku, eli miten koko suunnittelu lähtee liikkeelle pelkästä ideasta, joka johtaa tarkkaan putki- instrumenttikaavioon, ja tästä putkireittien suunnitteluun. Tärkein osa työstä käsittelee kannakointista syntyviä kustannuksia, eli suunnittelukustannukset, materiaalikustannukset sekä asennuskustannukset.

Työn loppuosassa käydään läpi esimerkkitutkimus jossa vertaillaan itse valmistettua kannakointijärjestelmää valmiiseen markkinoilla tarjolla olevaan kannakointijärjestelmään. Tässä huomioidaan materiaalikustannukset, asennuskustannukset sekä näistä syntyvät eroavaisuudet sekä niiden vaikutus kannakointin kokonaiskustannuksiin.

2 TOIMEX OY

Toimex Oy on suomalainen yritys joka valmistaa ja markkinoi LVI-putkikannakkeita. Yritys on yli 30 vuoden ajan kehittänyt ja toimittanut kannakkeita asuin-, julkis- ja teollisuusrakentamiseen, asiakkaina LVI- ja teknisen alan tukkuliikkeet sekä yritykset. Yrityksellä on pääkonttori ja tuotantolaitos Tampereella (KUVIO 1) ja myyntikonttori Helsingissä. (Toimex Oy 2012.)

Vuonna 1974 perustettu Toimex Oy on erikoistunut LVI-putkikannakkeiden valmistamiseen. Yhtiön tuotevalikoima on kattava niin käyttökohteiden, materiaalien kuin viimeistelyjen osalta. Omien tuotteiden lisäksi yritys edustaa alan tunnettuja tuotemerkkejä. Rakentamisen huippuvauhti ja kiinteistöjen kasvava saneeraustarve ovat tietäneet hyvää myös Toimexille. Kotimaisen tasaisen kasvun lisäksi yritys on hankkinut pitävää tukijalkaa viennistä (TAULUKKO 1). (Panostaja 2008.)



KUVIO 1. Toimex Oy:n pääkonttori.

TAULUKKO 1. Toimex Oy:n avainluvut

1.000€	2007 IFRS	2008 IFRS	2009* IFRS	2010 IFRS	2011 IFRS
Liikevaihto	4 860	5 189	3 301	3 615	4 005
Liikevoitto	756	764	1 058	322	377
Henkilöstömäärä, kpl	17	17	16	16	16
Omistusosuus 31.10.2011					70,4%

*Sisältää myyntivoittoa kiinteistöstä 0,8 milj. euroa

3 HILTI OY

Hilti-konserni valmistaa ja markkinoi maailman johtavia, korkealaatuisia laitteita ja tarvikkeita rakennusalan ammattilaisten käyttöön.

Martin Hilti perusti yrityksen vuonna 1941 Liechtensteinin Ruhtinaskunnassa, ja toimi aluksi autotallistaan käsin, työllistäen aluksi 5 henkilöä. Vuosien kuluessa yritys on kehittynyt maailmanlaajuiseksi yhtiöksi, joka toimii 120 maassa ja 5 maanosassa. Hiltin omistaa 100 %:sti perhesäätiö Martin Hilti Family Trust, mikä tarjoaa yritykselle itsenäisyyttä ja vakautta sekä antaa edellytykset menestyksellisen strategian toteuttamiseen ja pitkäkestoisten uramahdollisuuksien luomiseen tiimin jäsenille. (Hilti Oy 2009.)

Hilti oy:n 20 000:sta henkilöstöstä noin kaksi kolmasosaa on joko myynnissä tai markkinoinnissa. Pääkonttori sijaitsee Schaanissa (KUVIO 2), Liechtensteinin Ruhtinaskunnassa, ja siellä työskentelee noin 1500 henkilöä jotka edustavat 39:ää eri kansallisuutta. Vuonna 2008 Hilti-konsernin liikevaihto oli 4 700 Mrd. Sveitsin frangia (noin 3,3 Mrd. euroa). (Hilti Oy 2009.)



KUVIO 2. Hilti Oy:n pääkonttori

4 KANNAKOINTI

Putkiston kannakointi perustuu tarpeeseen turvallisesti sekä luotettavasti kiinnittää putki kannakkeen avulla olemassa olevaan materiaaliin ympäristössä. Tämä materiaali voi olla mm. betonia, puuta, terästä, peltiä, eristettä tai näitten yhdistelmiä, esim. peltiseinä/eristekerros/peltiseinä-yhdistelmä.

4.1 Kannakoinnin tehtävä

Putkiston kannakoinnin ensisijainen tehtävä on painokuormituksen vastaanottaminen kannatuspisteessä. Kannakoinnin toissijaisiin tehtäviin kuuluu putkistojen liikkeiden ohjaus, siihen liitettävien laitteiden suojaus, heilahdusten estäminen sekä värähdysten vaimentaminen. Teollisuusputkistojen kannatus joudutaan useimmissa tapauksessa ennalta suunnittelemaan sekä ottamaan huomioon jo putkiston sijoitussuunnitelmaa tehtäessä. (Korhonen 2006, 31.)

Putkiston kannatukset jaetaan kahteen ryhmään: primääri- ja sekundäärikannakkeisiin. Primäärikannakkeet ovat itse putkeen kiinnitettävät kannakeosat, esim. putkisangat (KUVIO 3) ja liukukannattimet (KUVIO 4) sekä riippukannattimien standardisoidut rakenteet standardin SFS 5380 mukaan.

Sekundäärikannakkeet ovat putkiston kannatuksen osia, jotka kiinnitetään rakennukseen tai rakenteisiin kannattelemaan itse primäärikannakkeita. (SFS 5361) Sekundäärikannattimiksi voidaan valita esim. putkipalkkeja, levyjä sekä kiinnitysrautoja. Putkiston ja sen sisällön aiheuttama paino on suurin sekundäärikannakkeisiin kohdistuva voima. Standardia SFS 5363 käytetään tämän kuormituksen laskemiseen. (Henell 2011, 15–16.)



KUVIO 3. Putkisanka (Hilti Oy)



KUVIO 4. Liukukannatin (Puttek Oy)

4.2 Kannaketyypit

Standardissa SFS 5362 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, riippukannake, jousikannatus, ohjattu jousikannatus sekä tasokannatus. (SFS 5362.)

Näin kannakkeet voidaan jakaa neljään eri tyyppiin toimintansa kannalta (Henell 2011, 21.)

- Liukukannakkeet
- Riippukannakkeet
- Kiintopisteet
- Ohjauspisteet.

4.2.1 Liukukannake ja kynsiohjattu liukukannake

Liukukannake ja kynsiohjattu liukukannake ovat suositeltavin kannatusmuoto prosessiputkistoille (KUVIO 5). Nämä sallivat putken liikkeet aksiaalisuunnassa. Kynsiohjauksella taas estetään putkiston liikkeet poikittaissuunnassa. Putkistojen kulmakohdissa ei kynsiohjausta voida käyttää, vaan putken on pystyttävä liikkumaan vapaasti. Tällöin on sekundäärikannake suunniteltava sellaiseksi, ettei putki voi pudota kannattimelta.

Putkiston haaroituskohdassa on putken pystyttävä kompensoimaan mahdollinen lämpölaajenemisesta aiheutuva siirtymä, jolloin kynsiohjausta ei myöskään saa käyttää. (Henell 2011, 22.)



KUVIO 5. Liukukannake (Toimex Oy)

Kynsiohjauksessa käytetään standardien SFS 5366 ja SFS 5367 mukaista kevyttä kynsiohjainta (KUVIO 6) sekä raskasta kynsiohjainta (KUVIO 7). Standardeissa ei ole selvästi eroteltu kumpaa kynsiohjainta tulee käyttää. Kevyttä kynsiohjainta voidaan käyttää SFS 5373 – SFS 5379 mukaisten liukukannakkeiden ohjaimina. Raskasta kynsiohjainta voidaan käyttää SFS 5374, SFS 5375, SFS 5377 ja SFS 5378 mukaisten liukukannakkeiden ohjaimina. (Henell 2011, 23.)



KUVIO 6. Kevyt kynsiohjain

(Toimex Oy)



KUVIO 7. Raskas kynsiohjain

(Toimex Oy)

4.2.2 Riippukannake

Riippukannakkeet (KUVIO 8) ovat monesti edullisin tapa kannakoida pieniä, yleensä alle DN 50 kokoisia putkistoja, koska siinä sekundäärikannakkeiden tarve on vähäinen, ja kiinnityspisteet voivat olla kaukana putken yläpuolella. Riippukannakkeet eivät kestä yhtä suuria kuormia kuin alapuolelta tuetut liukukannakkeet. Riippukannakkeet ovat myös herkkiä värähtelyille. Edullinen hinta toki sallii kannakkeiden tiheämmän asennuksen, jolla kompensoidaan kannakkeen heikkouksia. Eristetyissä putkissa riippukannakointi ei ole suositeltavaa sillä eriste jouduttaisiin poistamaan kannakkeen kohdalta, jolloin syntyisi putkistoon lämpötilan vuotokohtia. (Henell 2011, 26)



KUVIO 8. Riippukannatin (Hilti oy)

4.2.3 Kiinteä kannakointi

Putkiston luonnollisia kiinteitä kannakointipisteitä ovat laitteisiin laipoilla tai hitsaamalla liitettävät kohdat. Tämä kiinteä piste estää putkiston kaiken liikkeen sekundäärikannakkeisiin nähden. (Henell 2011, 24.)

Kiinteässä kannakoinnissa liukukenkä hitsataan kiinni sekundäärikannakkeisiin, ja putkiston liike liukukengissä sidotaan kiinni estopaloilla. Kiintopiste voi olla 1- tai 2-puolinen ja kiintopisteiksi lasketaan myös standardin SFS 5396 mukaiset tasokannakkeet. (Henell 2011, 24.)

Koska putkistossa tapahtuu aina lämpöliikettä, tulee kahden kiinteän pisteen väliin aina sijoittaa jousto. Pitkillä suorilla osuuksilla, jossa on useita kannakkeita, tulee jokin kannake määrittää kiinteäksi. Kiinteä kannake ei aina ole linjan keskellä vaan se sijoitetaan putkiston liikkeen suhteen hyödyllisempään kohtaan. Usein tämä kiinteä piste on keskellä suoraa osuutta, jolloin lämpölaajeneminen voi suuntautua molempiin suuntiin. (Henell 2011, 24.)

4.2.4 Ohjaustyypit

Standardissa SFS 5365 käsitellään, myös aikaisemmin läpikäydyn kynsiohjauksen lisäksi, seitsemän muuta ohjaustyyppeä.

2-, 3- ja 4-puolisessa ohjauksessa putkiston liikkeen rajoitukset tehdään sekundäärikannakkeiden avulla. Yksi- ja kaksipuolisessa aksiaalirajoittimessa liukukenkään kiinnitetään tukirauta joka ohjaa kannakkeen liikettä. U-sankaohjauksessa putki kiinnitetään pinnan tai raudan avulla sekundäärikannakkeeseen. Putken sekä sangan välille jätetään pieni välys, joka sallii putken aksiaalisuuntaisen liikkeen. (Henell 2011, 23–24.)

4.3 Sekundäärikannakkeiden kiinnitys

Sekundäärikannakkeet kiinnitetään rakenteisiin hitsaamalla tai ruuvikiinnityksin. Kiinnityksessä on otettava huomioon rakennuksen tai rakenteen kestävyys niin, että niihin kohdistuva kuormitus pysyy sallituissa rajoissa. Mahdollinen värähtely on myös otettava huomioon. Ruuvikiinnitykset tehdään betonirakenteisiin kiinnitysankkurein, ja tällöin on vältettävä pelkälle vetorasitukselle joutuvia ankkurikiinnityksiä. (Henell 2011, 19.)

4.4 Putken liikkeet sekä kannakkeisiin ja tukirakenteisiin kohdistuvat kuormitukset

Putkessa virtaavan aineen ja ympäristön lämpötila vaihtelee. Tavallisesti lämpötila on käyttötilanteessa huomattavasti korkeampi kuin prosessia käynnistettäessä. Tämän seurauksena putken seinämä lämpenee ja putki pitenee. On tiedettävä riittävän tarkasti lämpöliikkeen suuruus kussakin kannatuskohdassa, jotta kannatus voidaan oikein valita, suunnitella sekä mitoittaa. Lämpöpitenevättaulukossa (TAULUKKO 2) nähdään tavallisimpien rakenneaineiden keskimääräinen lämpöpitenevä metriä kohden eri lämpötilan muutosväleillä. (SFS 5361.)

TAULUKKO 2. Lämpöpitenevättaulukko (SFS 5361)

Rakenneaine Construction material	Lämpöpitenevä l , mm/m Temperature-dependent lengthening l , mm/m			
	Lämpötilan muutosalue t , °C Alteration range of temperature t , °C			
	20...100	20...200	20...300	20...480
Hiiliteräs tai niukkaseosteinen teräs Carbon steel or unalloyed steel	1.1	2.4	3.6	6.5
Austeniittinen teräs 18/8 Austenitic steel	1.7	3.5	5.0	8.6
Kupari Copper	1.7	3.4	4.5	
Alumiini Aluminium	2.5			
Lujitemuovi Reinforced thermoplastic	2...4			
PVC	8			
Polyeteeni, HD, LD Polyethylene, HD, LD	15...30			

Suorilla putkiosuuksilla lämpöpiteneminen on laskettavissa kun tiedetään vaikuttavan lämpöeron ja tarkastelukohdan etäisyys putken kiintokohdasta. Liikkeen suuruutta laskettaessa tulee ottaa huomioon että kiintopiste- tai ohjauskohdalla voi olla lämpötilamuutoksesta johtuvaa liikettä, joka joko lisää tai vähentää putken omaa tarkasteltavaa lämpöliikettä. (SFS 5361.)

4.5 Kuormitukset

Putken oma paino sisältävine aineineen on tärkein kannatukseen kohdistuva kuormitus. Tämän kuormituksen laskemiseen voidaan käyttää standardia SFS 5363. Riippukannattimen kaikki osat tulee valita samasta kuormitusluokasta, sekä portti- että ulokekannattimiin kohdistuvat sallitut kuormat annetaan ko. standardeissa. Myös putken liikettä kannatuskohdassa vastustava kitka tulee ottaa huomioon kannatukseen kohdistuvia kuormituksia laskettaessa. Vesipainekokeen aiheuttama kuormitus tulee myös ottaa huomioon kannatusrakennetta valittaessa. (SFS 5361)

4.6 Kannatusvälit

Standardi SFS 5363 määrittää putkiston kannatuksen suositeltavat kannatusvälit. Kyseinen standardi soveltuu DN 10 ... DN 1200 kokoisille, sekä eristämättömille että eristetyille putkille, joiden sisältönä on neste tai kaasu. Eristettyjen putkien sisällön lämpötilaksi on standardissa valittu 120 °C ja 250 °C. (SFS 5363.)

Kannatusvälit määräytyvät putken materiaalin, halkaisijan, seinämävahvuuden, kuljetettavan aineen, eristyksen värinän ym. tekijöiden yhteisvaikutuksesta. Yleensä putken taipuma on kuitenkin määräävin tekijä. Standardissa SFS 5363 taipumalle annetaan 3 mm:n raja-arvo, kun putken halkaisija on \leq DN 50. Kun halkaisija ylittää koon DN 50, taipuma saa olla enintään 6 mm:ä. Yleisesti suurempi putken halkaisija sekä seinämävahvuus kasvattavat sallittua kannatusväliä. (Korhonen 2006, 32.)

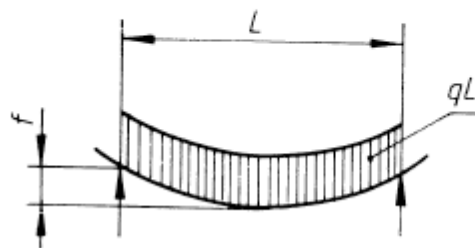
Suosittelvat standardisoidut kannatusvälit pystytään laskemaan seuraavin perustein:

- Teräsputkien seinämäpaksuudet ovat standardin SFS 2007 mukaiset.
- Austeniittisten teräsputkien seinämäpaksuudet ovat standardit SFS 4161 mukaiset.
- Eristyspaksuudet ovat standardin SFS 3977 taulukon B.5 mukaiset ja käyttölämpötilat 120 °C ja 250 °C.
- Eristeen tiheys on 90 kg/m³.
- Päälysteen pinta-alamassa on 3,9 kg/m².
- nesteen tiheys on 1000 kg/m³.
- Putken suurin sallittu taipuma on 3 mm, kun nimelliskoko ≤ DN 50 ja 6 mm, kun nimelliskoko > DN 50.

(SFS 5363)

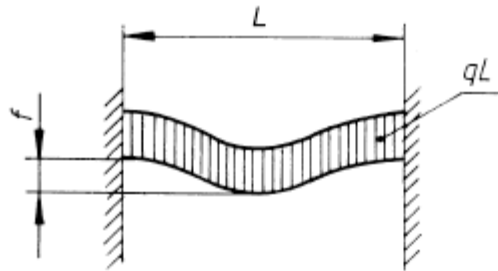
Päistään vapaasti tuetun putken kannatusväli ja jännitys on laskettu kaavoilla 1 ja 2 (KUVIO 9). Kiinteästi tuetun putken kannatusväli ja jännitys on laskettu kaavoilla 3 ja 4 (KUVIO 10).

$$L = \sqrt[4]{\frac{384 E I f}{5 q}} \quad (1) \quad \sigma = \frac{q L^2}{8 W} \quad (2)$$



KUVIO 9. Vapaasti päistään tuetun putken kannatusvälin sekä jännityksen laskentakaava. (SFS 5363)

$$L = \sqrt[4]{\frac{384 E I f}{q}} \quad (3) \quad \sigma = \frac{q L^2}{12 W} \quad (4)$$



KUVIO 10. Kiinteästi päistään tuetun putken kannatusvälin sekä jännityksen laskentakaava. (SFS 5363)

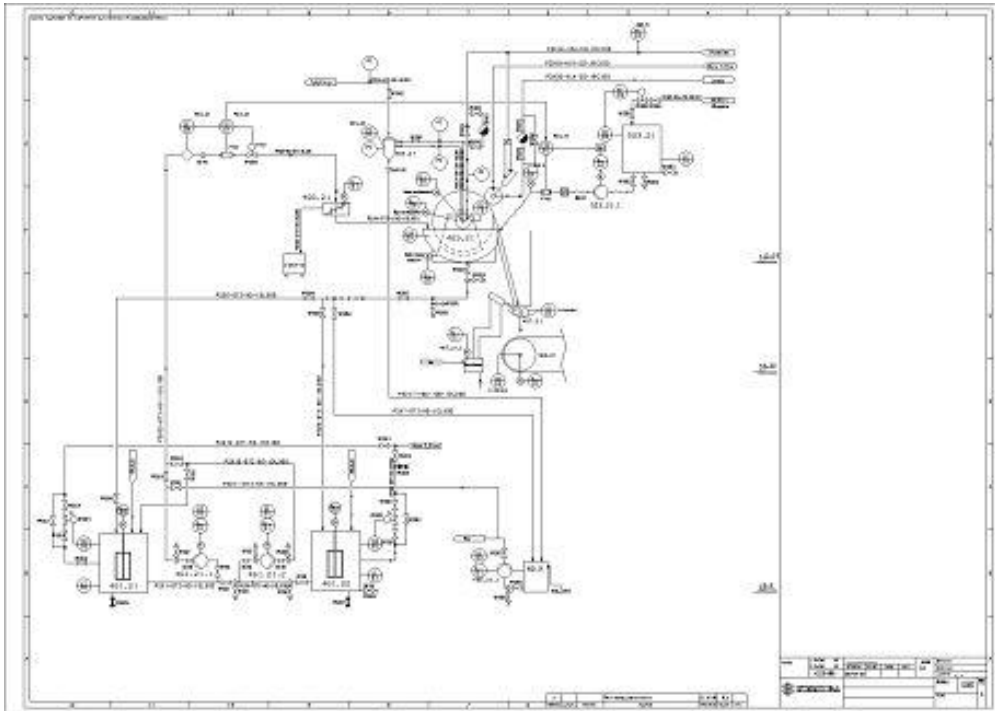
Kaavoissa

L	Kannatusväli mm	f	Taipuma mm
E	Kimmomoduuli N/mm ²	σ	Jännitys N/mm ²
I	Pintahitausemomentti mm ⁴	q	Jatkuva kuormitus N/mm
W	Taivutusvastus mm ³		

5 SUUNNITTELUN KULKU

Koko putkistokannakoinnin suunnittelu lähtee liikkeelle teknisestä ideasta. Alkuun laaditaan periaatekaavio, joka sisältää päälaitteet ja niiden yhteydet. Seuraavaksi laaditaan periaatekaavion pohjalta lohkokaavio, josta käyvät ilmi prosessitapahtumat, ainemäärät ja muut ominaistiedot. Prosessit kuvataan yksinkertaisesti ja tapahtumajärjestyksessä. Lohkokaaviota ei vielä kuitenkaan voida ottaa suunnittelun perustaksi, vaan on luotava alustava virtauskaavio. Virtauskaaviosta selviävät prosessiaineelle tapahtuvat mekaaniset, kemialliset ja fysikaaliset käsittelyt. Eri systeemeistä ja prosesseista laaditaan jokaisesta oma virtauskaavionsa. Kaikki prosessitoiminnot kuvataan vakiotilassa, suunnitteluolosuhteissa. (Korhonen 2006, 8–9.)

Virtauskaaviosta täydennettyä kaaviota kutsutaan putki- instrumenttikaavioksi, joka myös tunnetaan nimellä PI-kaavio (KUVIO 11). PI-kaaviosta selviää laite- ja linjapositionit sekä linjamerkinnot, sekä tarvittavat laitetiedot. Putkistot ja putkireitit suunnitellaan yleensä PI-kaavion pohjalta. Tämä sen takia että PI-kaaviosta käy hyvin ilmi minkä laitteiden välillä on oltava putkireitti. Usein PI-kaavio vielä korjataan asennuksen yhteydessä jotta saadaan aikaan paikkaansa pitävät piirustukset ja merkittyä pienimmätkin yksityiskohdat. Näin tulevat laajennukset ja muutokset ovat helpompia suunnitella kun kaikki aikaisempi suunnittelumateriaali on luotettavaa. (Korhonen 2006, 9.)



KUVIO 11. PI-kaavio (Vertex oy)

Kun putkistolle suunnitellaan ja tehdään putkireittejä, tulisi kiinnittää huomiota myös siihen että ne kulkisivat mahdollisimman paljon jo olemassa olevien rakenteiden läheltä. Näitä rakenteita ovat esimerkiksi tehdasrakennusten pilarit, palkit, tuet ja tasot. Tällä tavalla putkistolle ja sen kannakoinnille ei tarvitse luoda erikseen sekundäärikannakkeita. Tarkoitus tämän taustalla on että suureen, jo olemassa olevaan pilariin on helpompi lisätä kannatustaso kuin tehdä kokonaan uusi kannatusrakennelma. Näin säästyy myös tilaa sekä suunnittelu- ja materiaalikustannuksia. (Korhonen 2006, 32.)

Sijoittaessa putkireittejä jonkin laitteen tai koneen läheisyyteen, tai jos reittejä on useita samansuuntaisia, tulisi suunnittelijan ottaa huomioon useita asioita. Tarvittava primäärikannakkeen koko ja mahdollinen sekundäärikannake määräävät putken ja kannakkeen vaatiman minimi-tilan. Putken kokonaispainon kasvaessa ja kiinnitysvälin pidentyessä kasvavat myös sekundäärikannakkeiden koko- ja rakennevaatimukset. (Korhonen 2006, 32.)

6 KANNAKOINNIN KUSTANNUKSET

Kannakoinnin suurimmat kustannukset syntyvät suunnittelu- materiaali- sekä asennuskustannuksista. Hyvällä ja toimivalla kannakesuunnittelulla voidaan minimoida näistä johtuvia lisäkustannuksia. Kannakoinnin suunnittelu aloitetaan yleisesti aikaisessa vaiheessa, kun tiedetään putkistojen päämitat sekä sijoituspaikat, mutta muutoksia syntyy paljon ennen valmista suunnitelmaa. Kannakoinnista vastaavan suunnittelijan on uskallettava tehdä mahdollisimman paljon päätöksiä heti projektin alkuvaiheessa ja käytävä läpi nämä päätökset asiakkaan kanssa. Tällä tavalla pystytään välttämään jälkepäin tehtäviltä korjauksilta, jotka saattavat vaikuttaa suureen määrään kannakkeita. (Henell 2011, 49–50.)

6.1 Suunnittelukustannukset

Kannakesuunnittelu on tavallisesti suunnittelua, jossa pyritään välttämään käyttämästä montaa eri ratkaisua, eli pyritään käyttämään mahdollisimman paljon standardiratkaisuja tai samantyyppisiä kannakkeita. Yhden kannakepisteen suunnitteluun käytettävä keskimääräinen aika on 1-2 tuntia, ja kun näiden kannakepisteiden lukumäärä vaihtelee kymmenistä useisiin tuhansiin luo tämä suuren tarpeen pysyä toimivissa, nopeissa ja tutuissa ratkaisuissa.

Useimmat projektit yleensä toteutetaan nykypäivänä kiinteähintaisena, ja tämä myös lisää tarvetta nopeaan suunnitteluun sekä toteutukseen, ja kannakoinnin asennusvaiheen toivotaan sujuvan suunnitelmien mukaisesti sekä ilman ongelmia. Suunnittelija voi vaikuttaa kokonaiskustannuksiin eniten oikealla kannakevälillä. Liian tiheä kannakointi lisää kaikkia kolmea kustannusta. (Henell 2011, 50–51.)

6.2 Materiaalikustannukset

Materiaalikustannukset syntyvät pääasiassa primääri- ja sekundäärikannakkeiden määrästä. Primäärikannakkeet ovat standardikomponentteja, joiden hintaan suunnittelija ei voi vaikuttaa muulla kuin tarjouksia kilpailuttamalla. Sekundäärikannakkeiden kustannus on suoraan verrannollinen niiden painoon. Suunnittelijan on pyrittävä löytämään aivan projektin alussa sopivat teräsprofiilit, joita tullaan käyttämään koko projektin ajan. Muita materiaalikustannuksia ovat asennustarvikkeet kannakkeille, kuten pultit ja mutterit, sekä myös maalit ja muut pinnoitusaineet näitä tarvitseville sekundäärikannakkeille. (Henell 2011, 51.)

6.3 Asennuskustannukset

Myös asennuskustannukset ovat suoraan verrannollisia kannakepisteiden määrään. Suunnittelulla voidaan kuitenkin merkittävästi pienentää asennuskustannuksia sekä työtunteja. Esimerkiksi reittivalinnat, joissa kannakepiste on helposti tavoitettavissa, sekä sekundäärikannakkeen mahdollinen korkeussäätö ja asennuspaikalla tehtävä kappaleen muokkaus, esim. hitsaustyön tai maalauksen määrän minimointi, pienentävät asennuskustannuksia.

Merkittävä asennuskustannusten pienentäjä on ennakkosuunnittelu. Vaikka putkireittejä ei vielä ole edes suunniteltu, voidaan rakennusta ja laitteita suunniteltaessa huomioida kannakoinnin vaatimukset. Esimerkiksi lattiaan, kattoon ja betonisiin pilareihin voidaan asentaa tartunnat sekundäärikannakkeille jo rakennusvaiheessa. Ne ovat oleellisesti halvempia ja vahvempia kuin valmiiseen rakenteeseen kemiaallisilla- tai lyöntiankkureilla kiinnitettävät tartunnat. (Henell 2011, 50–51.)

7 CASE – PROSESSIPUTKISTO

Tämän casen tarkoituksena on vertailla aikaisemmin mainittua yritystä, Hilti Oy:tä, sekä kuvitteellisen urakoitsijan synnyttämiä kustannuksia putkiston kannakoinnin suhteen.

Hilti Oy:n toimittamien kannakkeiden suhteen ei synny muita kustannuksia kuin itse kannakkeiden hinta sekä asennuskustannukset. Kun lähdetään määrittelemään urakoitsijan synnyttämiä kustannuksia, lasketaan mukaan mahdolliset suunnittelukustannukset, raakamateriaalista syntyvät kustannukset, valmistuskustannukset, joita ovat mm. hitsaus, sahaus sekä maalaus- ja asennuskustannukset. Putkiston synnyttämiä kustannuksia ei huomioida, koska näiden kustannukset eivät muutu kannakointiratkaisun vaihtuessa.

7.1 Tutkimus

Hilti Oy mainostaa laajasti nopeaa sekä helppoa ratkaisua putkistojen kannakointia varten. MI-järjestelmän esitteessään (LIITE 1) Hilti Oy vertailee Saksassa Kraftanlagen München:in teettämää asennusta, joissa käytettiin yrityksen MI-kiskojärjestelmää (KUVIO 12). Tarkoituksena oli verrata Hilti Oy:n MI-järjestelmää perinteiseen hitsaamalla valmistettuun teräskannakkeeseen. Tutkimuksessa vertailtiin käytettyä aikaa sekä siihen liittyviä kustannuksia.



KUVIO 12. MI-kisko (Hilti Oy)

Vertailtavuuden vuoksi valmistettiin u-malliset porttikannattimet sekä hitsatusta teräksestä, MI-järjestelmän komponenteista että kilpailijan vastaavanlaisesta tuotteesta. Kaikki kolme järjestelmää ankkuroitiin kiinni tehtaan kattoon (KUVIO 13).



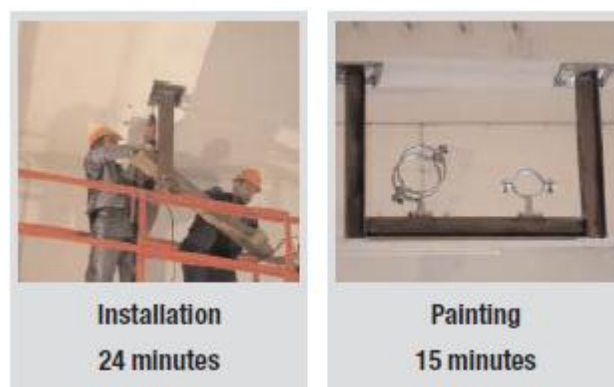
KUVIO 13. 3 eri porttikannattinta (Hilti Oy)

7.2 Hitsattu teräsporttikannatin

Kyseisessä järjestelmässä käytettiin hyväksi RHS putkesta leikattuja palasia, joihin porattiin tarvittavat kiinnitysreiät. Palaset kiinnitettiin toisiinsa hitsaamalla, ja tämän jälkeen valmis kannatin ankkuroitiin kattoon, jossa tämä vielä viimeisteltiin maalamalla. Jokaiseen kohtaan käytetty aika nähdään kuviossa 14 sekä kuviossa 15.



KUVIO 14. Sahaukseen, poraukseen sekä hitsaukseen kuluva aika (Hilti Oy)



KUVIO 15. Asennukseen sekä maalaukseen kuluva aika (Hilti Oy)

Näihin viiteen työhön kului kahdelta ammattilaiselta aikaa yhteensä 2 tuntia, 17 min.

7.3 Hilti MI-järjestelmän porttikannatin

Hilti Oy:n järjestelmä helpottaa asennustyötä poistamalla kaksi asennusvaihetta. Kyseisen järjestelmän asennus aloitetaan profiilin katkaisulla, tämän jälkeen osat liitetään toisiinsa, ja viimeiseksi porttikannatin ankkuroidaan kattoon kiinni. Kuluneet työajat näkyvät kuviossa 16.



KUVIO 16. MI-järjestelmän asennus (Hilti Oy)

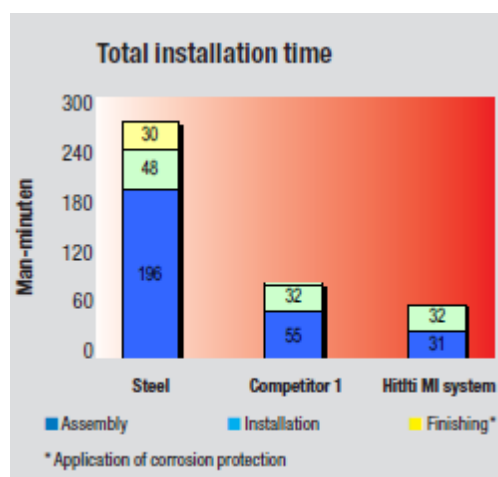
MI-järjestelmän asennuksessa poistuvat tarpeet hitsaukselle, poraukselle sekä viimeistelylle. Yhteensä aikaa kuluu MI-järjestelmän asentamiseen kahdelta ammattilaiselta noin 31 min. Tämä on noin 1 tunti 15 min nopeampi suoritus kuin teräsrakenteesta itse valmistamalla.

7.4 Vertailu

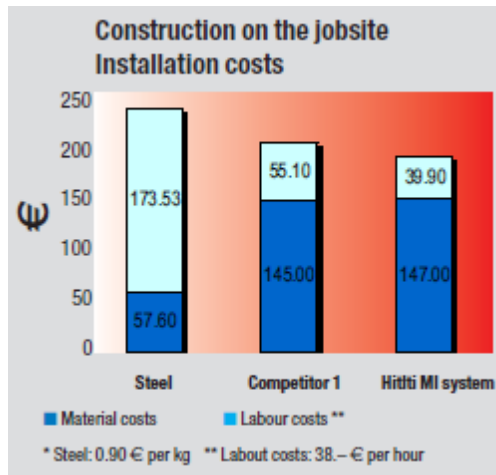
Hilti Oy:n suorittamassa vertailussa tulokset puoltavat Hilti Oy:n MI-järjestelmän paremmuuteen, kuten nähdään taulukossa 3. Ratkaisevat arvot ovat asennukseen kulunut kokonaisaika (KUVIO 17), asennuskustannukset paikan päällä (KUVIO 18) sekä esivalmistettujen kappaleiden asennuskustannukset (KUVIO 19).

TAULUKKO 3. Vertailun tulokset (Hilti Oy)

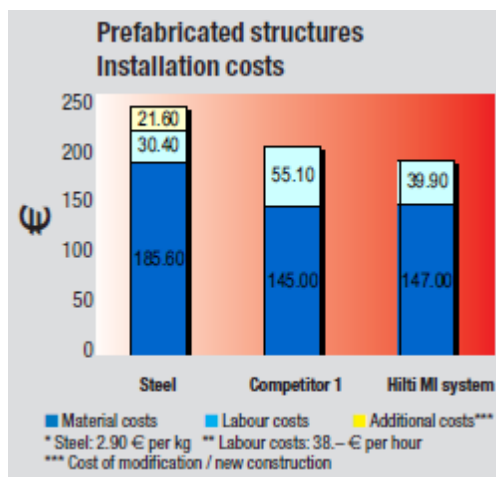
		Steel	MI system	Difference
Weight of the structure	kg	64	39.5	- 38%
Structure installation time	minutes	274	63	- 77 %
Installation time without anchoring	minutes	248	31	- 87 %
Materials costs for the structure	€	57.60	147.70	+ 156 %
Total costs (materials + installation)	€	231.13	186.90	- 20 %
Total costs without anchoring	€	214.66	167.30	- 22 %
Material costs per kilo	€/kg	0.90	3.72	+ 302 %
Installation costs per kilo	€/kg	2.71	1.01	- 63 %
Total costs per kilo	€/kg	3.61	4.73	+ 31 %
Installation time overall (incl. anchoring)	Std. / To	76	21	- 72%



KUVIO 17. Asennukseen kulunut kokonaisaika (Hilti Oy)



KUVIO 18. Asennuskustannukset paikan päällä (Hilti Oy)



KUVIO 19. Esivalmistettujen kappaleiden asennuskustannukset

Suurimman hyödyn Hilti Oy:n MI-järjestelmä saa kun vertaillaan asennukseen kulunutta kokonaisaika. Tässä MI-järjestelmän kokonaisasennusaika on 63 min. kun teräksestä rakennetun kannattimen kokonaisasennusaika on 274 min. Eroa on 77 %, ja kun tämä lasketaan suurilta osin palkkakustannuksina, on ero tuntuva. Materiaalikustannuksissa teräksestä valmistettu kannake voittaa valmiin tuotteen. Teräskannakkeen materiaalikustannukset ovat 57,60 €, kun taas Hilti MI-järjestelmän kannake maksaa 147,70 €.

Jos kokonainen prosessitehdas pitäisi varustaa tällaisilla kannakkeilla, olisivat jo pelkät materiaalikustannukset huomattavasti suurempia, ja näitten kannakeratkaisujen ero sitäkin huomattavampi.

Jos prosessiputkiston pituus olisi esim. 200 metriä, ja putkikoko DN 200, tulisi kannakkeita sijoittaa 6,9 metrin kannatusvälillä, ja tämä tarkoittaisi

$$\frac{200 \text{ m}}{6,9 \text{ m}} = 28,986 \approx 29 \text{ kannaketta}$$

$$\text{Eli Hilti MI:n osalta } 29 * 147,70 \text{ €} = 4283,3 \text{ €}$$

$$\text{sekä teräskannakkeen osalta } 29 * 57,60 \text{ €} = 1670,4 \text{ €}$$

Jolloin ero on materiaalikustannuksissa 61%, eli 2612,9 € teräskannakkeen eduksi.

Keskimääräinen asennusaika Hilti MI-järjestelmällä on 21 min, kun teräskannakkeella keskimääräinen asennusaika on 76 min. Kun lasketaan palkkakuluiksi 38 €/h syntyy tästä molemmille ratkaisuille asennuskustannukseksi:

$$\text{Hilti MI: } 29 \text{ kpl} * 21 \text{ min} * \frac{38 \text{ €}}{60 \text{ min}} = 385,7 \text{ €}$$

$$\text{Teräskannake: } 29 \text{ kpl} * 76 \text{ min} * \frac{38 \text{ €}}{60 \text{ min}} = 1395,87 \text{ €}$$

Jolloin ero asennuskustannuksissa on 72,4 % eli 1010,17 € Hilti MI:n eduksi.

Jos lasketaan asennukseen kuluva kokonaisaika ja tämän kustannukset, saadaan vähän poikkeava tulos. Hilti MI:n asennukseen kuluu 63 min, kun teräskannakkeella kuluu asennukseen 274 min. Kun lasketaan palkkakuluiksi 38 €/h syntyy tästä molemmille ratkaisuille asennuskustannukseksi:

$$\text{Hilti MI: } 29 \text{ kpl} * 63 \text{ min} * \frac{38 \text{ €}}{60 \text{ min}} = 1157,1 \text{ €}$$

$$\text{Teräskannake: } 29 \text{ kpl} * 274 \text{ min} * \frac{38 \text{ €}}{60 \text{ min}} = 5032,47$$

Jolloin ero asennuskustannuksissa on 77%, eli 3875,37 € Hilti MI:n hyväksi.

8 TULOKSET

Edellisessä kappaleessa käytetyistä 3:sta laskentatavasta saadaan seuraavat taulukot (TAULUKKO 4..8) joista selviää että jos kustannukset lasketaan käyttämällä keskimääräistä asennukseen kuluvaan aikaan ja tämän kustannuksia, on itse valmistettu porttikannake kustannustehokkaampi. Kun taas tarkastellaan kokonaisasennusaikaa ja tähän liittyviä kustannuksia, saadaan Hilti MI-järjestelmälle parempi kustannustehokkuus.

Taulukot on laadittu Hilti Oy:n esitteestä (LIITE 1) saaduilla tiedoilla (TAULUKKO 3). Tiedot on laadittu kannakemäärille 10, 20, 50 sekä 100 kappaletta.

Taulukossa 4 käytetään hyväksi tietoa ”*Material costs for the structure*”.

Taulukossa 5 vertaillaan asennuskustannuksia ”*Structure installation time*” kyseisille kannakemäärille, laskettuna 38 € / h työkustannuksella.

$$\text{Asennusaika} * \text{kappalemäärä} * 38 \text{ €/h}$$

Taulukko 6 on laadittu samoin perustein kuten taulukko 5, mutta asennukseen kulunut aika on laskettu asennuksen keskimääräisen keston perusteella ”*Installation time overall*”.

Taulukossa 7 on arvioitu Hilti MI-järjestelmän kustannusetu käyttäen hyväksi materiaalikustannuksia (TAULUKKO 4) sekä asennuskustannuksia (TAULUKKO 5).

Taulukossa 8 on taas arvioitu teräskannakkeen kustannusetu käyttäen hyväksi materiaalikustannuksia (TAULUKKO 4) sekä keskimääräisiä asennuskustannuksia (TAULUKKO 6).

TAULUKKO 4. Materiaalikustannukset

		kpl	10	20	50	100
Materiaali kustannukset	Hilti		1 477,00 €	2 954,00 €	7 385,00 €	14 770,00 €
	Teräs		576,00 €	1 152,00 €	2 880,00 €	5 760,00 €
	Ero		901,00 €	1 802,00 €	4 505,00 €	9 010,00 €

TAULUKKO 5. Asennuskustannukset

		kpl	10	20	50	100
Asennus kustannus	Hilti		399,00 €	798,00 €	1 995,00 €	3 990,00 €
	Teräs		1 735,33 €	3 470,67 €	8 676,67 €	17 353,33 €
	ero		1 336,33 €	2 672,67 €	6 681,67 €	13 363,33 €

TAULUKKO 6. Keskimääräiset asennuskustannukset

		kpl	10	20	50	100
Keskim. asennus kustannus	Hilti		133,00 €	266,00 €	665,00 €	1 330,00 €
	Teräs		481,33 €	962,67 €	2 406,67 €	4 813,33 €
	ero		348,33 €	696,67 €	1 741,67 €	3 483,33 €

TAULUKKO 7. Hilti MI:n etu

		kpl	10	20	50	100
Ero 1 Hilti MI:n etu	Hilti		1 876,00 €	3 752,00 €	9 380,00 €	18 760,00 €
	Teräs		2 311,33 €	4 622,67 €	11 556,67 €	23 113,33 €
	Ero		435,33 €	870,67 €	2 176,67 €	4 353,33 €

TAULUKKO 8. Teräskannakkeen etu

		kpl	10	20	50	100
Ero 2 Teräsk. etu	Hilti		1 610,00 €	3 220,00 €	8 050,00 €	16 100,00 €
	Teräs		1 057,33 €	2 114,67 €	5 286,67 €	10 573,33 €
	ero		552,67 €	1 105,33 €	2 763,33 €	5 526,67 €

Taulukosta 4 voidaan nähdä itse materiaalista sekä tuotteesta syntyvät kustannukset. Näistä tiedoista voidaan huomioda se että pelkkä teräsmateriaali maksaa vain noin kolmasosan verrattuna Hilti MI-järjestelmään. Toki MI-järjestelmä on jo valmiiksi jalostettu tuote eikä vaadi suuria rakennemuutoksia, kuten kyseinen teräskappale.

Taulukosta 5 voidaan arvioida taas suurimmat kuluerot, eli asennuskustannukset, laskettuna työhön kuluvaan ajan mukaan. Tässä vertailussa Hilti MI-järjestelmä voittaa ylivoimaisesti nopean asennuksensa ansiosta.

Taulukosta 6 voidaan taas arvioida asennukseen kulunut keskimääräinen aika. Tämä on varmasti vertailussa realistisempi luku, kun Hilti MI:n sekä teräskannakkeen ero on 72 %, eli 21 min verraten 76 min.

Taulukossa 7 on käytetty hyväksi materiaalikustannuksia sekä asennuskustannuksia (TAULUKKO 4 & 5). Tästä tuloksesta pystytään päättämään, että Hilti MI-järjestelmä on kustannustehokkaampi kun arvioidaan yhden kannakkeen asennukseen kulunutta aikaa.

Taulukossa 8 on käytetty hyväksi materiaalikustannuksia sekä keskimääräisiä asennuskustannuksia (TAULUKKO 4 & 6). Tästä tuloksesta taas pystytään päättämään että itsevalmistettu teräskannake on kustannustehokkaampi kun arvioidaan monen kannakkeen valmistukseen kulunutta aikaa.

9 POHDINTA

Nykyisin pyritään suorittamaan säästötoimenpiteitä kaikkialla teollisuudessa, ja näkyvin osa tästä on suuresti mediassa julkisuutta saaneet henkilöstösaneeraukset, kuten irtisanomiset, henkilöstömäärän supistukset sekä lomautukset. Jos yritys pystyy toteuttamaan edes pieniä päivittäisiä säästöjä toimintatapaansa tarkastelemalla, voi näistä säästöistä kertyä suuria vuosittaisia summia. Yleensä kuvitellaan että pienet kustannukset, kuten tässä tapauksessa esimerkiksi kannakointi, eivät pysty vaikuttamaan suuresti yrityksen talouteen.

Kun kuvaillaan Hilti Oy:n valmistamia kannakeratkaisuja, tulevat mieleen sanat nopeus, luotettavuus ja tehokkuus. Näin asia on, mutta varjopuolena on suuren markkinakuvan mukanaan tuoma hintataso. Itsevalmistetut kannakkeet taas tuovat mieleen tilapäiset ratkaisut sekä valmistukseen tuhlatu työaika. Näille kahdelle vaihtoehdolle on kuitenkin olemassa kultainen keskitie.

Jos yrityksellä on mahdollisuus kartoittaa yleisimmät kannakointitarpeensa, on heillä hyvä mahdollisuus lyhentää kannakkeen valmistukseen kulunutta aikaa, ja täten voidaan saada tuloksia jotka ovat verrattavissa taulukko 6:een sekä taulukko 8:aan. Suurimmat kustannuserot itsevalmistetun sekä jo markkinoilla olevan kannakointijärjestelmän välillä ovat juurikin valmistukseen kulunut aika sekä valmiin tuotteen hinta. Näistä kahdesta on mahdollista itse vaikuttaa vain valmistusaikaan. Jos yritys pystyy ennakoimaan kannaketarpeitaan, olisi olemassa mahdollisuus edullisesti valmistaa raakakappaleita kannakkeista väliaikaisvarastoon, jotka sitten koottaisiin asennuspaikalla. Tämän toiminnan avulla olisi mahdollista leikata suuri osa työaikaan suuntautuvista palkkakustannuksista, koska ns. ”liukuhihna” valmistus nopeuttaisi tuotteiden valmistusta.

Jos kuitenkin kannakoinnissa esiintyy suuria muutoksia putkiston eri valmistusvaiheissa, on tämä ennalta valmistettava kannakointiratkaisu vaikea toteuttaa. Silloin voidaan tulkita taulukko 5:tä sekä taulukko 7:ää, joista selviää että helposti sekä nopeasti muunneltavissa oleva kannakointijärjestelmä on kustannustehokkaampi kuin aikaa vievä kannakkeen valmistus. Valmiin kannakointijärjestelmän korkea hinta kuitenkin korvataan nopean asennuksen säästämällä työkustannuksilla.

Näistä kahdesta ratkaisusta ei kuitenkaan voi omaksua vain toista, ja sulkea toista pois kokonaan, sillä kannakointiolosuhteet muuttuvat projektikohtaisesti. Toinen ratkaisu toimii toisen tukena kun kannakointijärjestelmään tarvitaan joko pikaista muutosta tai jatkuvampaa ratkaisumallia.

LÄHTEET

Henell, A. 2011. Kannakoinnin merkitys prosessiputkistojen suunnittelussa. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Paperiteknologian koulutusohjelma.

Korhonen, T. 2006. Teollisuusputkistojen sijoitussuunnittelu. Tutkintotyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Lentokonetekniikan koulutusohjelma.

Toimex Oy. 2012. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.toimex.fi/mita-toimex-oy-tekee/>. Luettu 9.2.2012.

Hilti Oy 2009. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.hilti.fi/holfi/page/module/home/browse_main.jsf?lang=fi&nodeId=-229980. Luettu 9.2.2012

SFS 5362 Putkiston kannatus. Kannatuksen yksinkertaistettu esittäminen

SFS 5365 Putkiston kannatus. Ohjaukset ja kiintopisteet

SFS 5363 Putkiston kannatus. Teräsputket. Suositeltavat kannatusvälit

SFS 5361 Putkiston kannatus. Kannakestandardien käyttö

SFS 5398 Putkiston kannatus. Porttikannatin

SFS 5397 Putkiston kannatus. Ulokekannatin

SFS-Käsikirja 107. Putkiston kannatus



**It's a proven fact:
The Hilti MI installation system saves time and money.**

Kraftanlagen München, Germany, a leading company in the field of pipe systems and power plant installation, assessed the system by carrying out a test installation.

The objective was to compare the welded steel technique with the innovative Hilti MI pipe support system, in terms of the time requirement and costs involved, by installing representative structures of each type.

For the purpose of this direct comparison, U-frames constructed from welded steel, from MI system components and from a competitor's system were prepared and then anchored to the ceiling of a factory building.





The work was carried out by two experienced fitters from Kraftanlagen München.



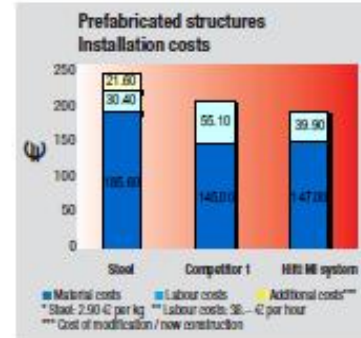
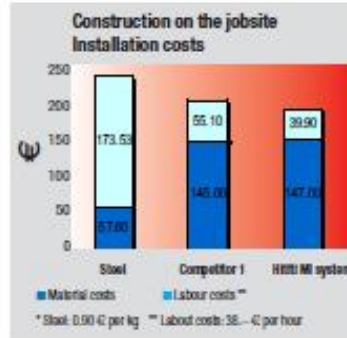
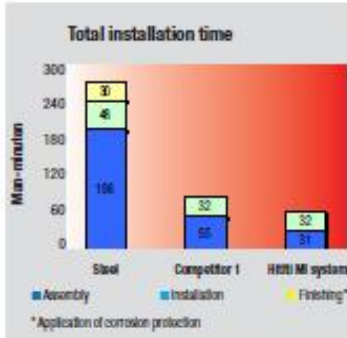
Installation of the welded steel structure (HEB 100)

				
Cutting 20 minutes	Drilling 24 minutes	Welding 54 minutes	Installation 24 minutes	Painting 15 minutes
2 hours and 15 minutes				

Installation of the Hilti structure

			
Cutting 4.30 minutes	Assembly 11 minutes	Installation 16 minutes	Finished!
31.30 minutes			

With the Hilti MI system you save 77% of working time and 22% of total costs compared to welded structures.



		Steel	MI system	Difference
Weight of the structure	kg	64	39.5	- 38%
Structure installation time	minutes	274	63	- 77 %
Installation time without anchoring	minutes	248	31	- 87 %
Materials costs for the structure	€	57.60	147.70	+ 156 %
Total costs (materials + installation)	€	231.13	186.90	- 20 %
Total costs without anchoring	€	214.66	167.30	- 22 %
Material costs per kilo	€/kg	0.90	3.72	+ 302 %
Installation costs per kilo	€/kg	2.71	1.01	- 63 %
Total costs per kilo	€/kg	3.61	4.73	+ 31 %
Installation time overall (incl. anchoring)	Std. / To	76	21	- 72%



Time-saving handling and installation thanks to individual components



On-the-spot adjustment avoids need for costly modification



Reduction of physical strain on the workforce