

LÄMMITYSPUTKISTON KUSTANNUSVERTAILU MATERIAALIEN JA ASENNUSMENETELMIEN VÄLILLÄ

Ilkka Mäkelä
Insinööri
20.4.2011
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Talotekniikka	Insinöörityö	48	+	1
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
LVI-suunnittelu	2011			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
Lemminkäinen Talotekniikka Oy	Ilkka Mäkelä			
Työn nimi				
Lämmitysputkiston kustannusvertailu materiaalien ja asennusmenetelmien välillä				
Avainsanat				
Kustannusvertailu, lämmitysputkisto				

Tavoitteena oli tarkastella, kannattaako yrityksen siirtyä käyttämään toista asennusmenetelmää tulevissa lämmitysputkistourakoissaan. Lähtökohtana olivat musta hiiliteräspanputki ja sen asentaminen, joita verrattiin sähkösinkittyyn hiiliteräkseen, kupariin ja komposiittiin sekä niiden asennusmenetelmiin. Tavoitteena oli myös kertoa yleistä tietoa materiaalien ominaisuuksista sekä esittää lämmitysputkistourakan suurimmat kustannusten aiheuttajat. Esimerkkikohteenä käytettiin koulurakennusta Sievissä.

Teoriaosassa vertailtiin putkistojen ominaisuuksia. Vertailussa tarkasteltiin mm. materiaalien käyttöominaisuuksia ja korroosiokestävyyttä. Lisäksi perehdyttiin materiaalien liitostekniikoihin ja niissä tarvittaviin työkaluihin. Tietämällä vertailtavien materiaalien ominaisuudet ja liitostavat, voitiin varmistaa niiden soveltuvuus lämmitysputkistojärjestelmäasennuksiin.

Kustannusvertailussa selitettiin materiaalien määrälaskennan toteutustapa. Vertailun tulokset esitettiin materiaalin ja työn urakkahintana sekä yhteishintana, jossa laskettiin yhteistulokseen myös työntekijöistä maksettavat sosiaalikulut.

Vertailun halvin materiaali oli musta hiiliteräs, jonka urakkahinta koostui pääsääntöisesti asennuskustannuksista. Vertailtavien materiaalien kalliit liitososat nostivat niiden urakkahintaa huomattavasti. Laskennassa, jossa huomioitiin myös sosiaalikulut, oli sosiaalikulujen osuus merkittävä. Lähtötietojen vuoksi ei sosiaalikulusta voitu kuitenkaan tehdä johtopäätöksiä. Urakkahinnasta ilmeni, ettei ole taloudellisesti kannattavaa vaihtaa nykyistä asennusmenetelmää toiseen.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

SISÄLTÖ.....	4
1 JOHDANTO	6
2 KOHTEEN ESITTELY	8
3 MATERIAALIT	10
3.1 Musta hiiliteräsputki	10
3.1.2 Käyttöalue ja saatavuus.....	11
3.1.2 Korroosio	11
3.2 Sähkösinkitty teräsputki	12
3.2.1 Pinnoite.....	12
3.2.2 Ominaisuudet	13
3.2.3 Käyttöalue ja saatavuus.....	13
3.2.3 Korroosio	13
3.3 Komposiittiputki.....	13
3.1.1 Ominaisuudet	14
3.1.2 Käyttöalue ja saatavuus.....	15
3.1.3 Korroosio	15
3.4 Kupariputki.....	15
3.4.1 Ominaisuudet	16
3.4.2 Käyttöalue ja saatavuus.....	16
3.4.3 Korroosio	16
4 ASENNUS- JA LIITOSTAVAT	18
4.1 Tulityöt	18
4.2 Musta hiiliteräsputki	18
4.2.1 Hitsaus.....	18
4.2.1.1 Hitsauskaasujen vaarat	19
4.2.1.2 Kaasuhitsausvälineet.....	19
4.2.1.3 Asennus.....	20
4.2.2 Kierteitys.....	21
4.2.2.1 Kierteitystyökalut.....	22
4.2.2.2 Asennus.....	22
4.3 Sähkösinkitty hiiliteräs-, kupari- ja komposiittiputki	23
4.3.1 Teräs- ja kupariputken puristusliitos	23
4.3.1.1 Puristustyökalut	24
4.3.1.2 Asentaminen.....	25

4.3.2 Komposiittiputken puristusliitos.....	25
4.3.2.1 Puristustyökalut	26
4.3.2.2 Asennus.....	27
5 KUSTANNUSVERTAILU	28
5.1 Vertailuperusteet.....	28
5.2 Materiaalikustannukset	29
5.3 Asennuskustannukset.....	31
6 TULOKSET	34
6.1 Materiaali	34
6.2 Työ.....	36
6.3 Yhteiskustannukset.....	38
6.4 Mustan- ja sähkösinkityn hiiliteräspanputken yhteisjärjestelmä	41
7 POHDINTA	44
LÄHTEET	46
LIITE 1 Prosentuaaliset osuudet kokonaiskustannuksista	

1 JOHDANTO

Kustannustehokas rakentaminen on yleistynyt toimintatapa. Kustannustehokkaan rakentamisen ansiosta rakentaminen lisääntyy ja rakennusten kokonaiskustannukset pienenevät. Kustannustehokkaasta rakentamisesta on monipuolisesti hyötyä kaikille osapuolille, ja se mahdollistaa tuottavuuden pienemmillä ostokustannuksilla. Jotta voitaisiin toimittaa kustannustehokkaita ratkaisuja, korostuu yritysten kannattavuustietämys entisestään.

Tässä insinööriyössä vertaillaan eri putkimateriaalien ominaisuuksia toisiinsa sekä tarkastellaan lämmitysputkimateriaalien ja työn muodostamia kustannuksia lämmitysjärjestelmäurakassa. Työssä vertaillaan eri putkimateriaalien ja niiden asennuksesta muodostuvia kustannuksia esimerkkikohteessa. Tarkasteltavina putkimateriaaleina ovat musta hiiliteräs, sähkösinkitty hiiliteräs, komposiitti ja kupari. Ennakkokäsityksenä on, että mustan hiiliteräsputken työn hinta on kallis suhteessa puristusmenetelmällä asennettavien putkien työn hintaan.

Tavoitteena on muodostaa kohteeseen vertailtavissa putkissa tarvittavat materiaalmäärät sekä laskea materiaaleista ja asennuksesta aiheutuvat kustannukset. Tulokset muodostetaan lasketuista materiaalmääristä käyttäen hyväksi yrityksen käytössä olevaa tarjouslaskentaohjelmaa. Saatujen tulosten perusteella vertaillaan materiaalien kustannuksia keskenään. Tärkeimpänä tavoitteena on havainnollistaa, kannattaako yrityksen siirtyä käyttämään toista vaihtoehtoista menetelmää tulevaisuudessa lämmitysputkistourakoissaan nykyisin käytössä olevan menetelmän sijaan. Teoriaosuudessa syvennyttään eri materiaalien positiivisiin ja negatiivisiin puoliin sekä eri materiaalien muodostamaan osuuteen urakkahinnasta.

Insinööriyön tilaajana toimii Lemminkäinen Talotekniikka Oy:n Kokkolan toimipiste. Lemminkäinen Talotekniikka Oy on aikaisemmin toiminut nimellä Tekmanni Pohjanmaa Oy, joka liittyi Lemminkäinen konserniin vuonna 2010. Lemminkäinen talotekniikka Oy:llä on toimipisteitä 36 paikkakunnalla, ja se on yksi Suomen suurimmista talotekniikka-alan yrityksistä. Yrityksen toimialaan sisältyy mm. talotekniikka-, huolto- ja ylläpito- sekä teollisuuspalvelut. Toiminta kattaa

lämpö-, vesi-, ilmastointi- ja sähköurakoinnin lisäksi sprinkler-, jäähdytys-, palo-, tele- ja automaationjärjestelmät. (1.)

Lemminkäinen Talotekniikka Oy:n Kokkolan toimipiste kattaa koko Keski-Pohjanmaan alueen ja toimii lisäksi myös joillakin paikkakunnilla aina Pohjois-Pohjanmaalle saakka. Lemminkäinen Talotekniikka Oy Kokkolan yksikössä työskentelee noin 35 työntekijää, joista noin 30 työskentelee ilmastointi- ja putkiasentajina. Yksikön liikevaihto vuonna 2010 oli noin 5 miljoonaa euroa. Kokkolan yksikön aluepäällikkönä toimii Janne Luostarinen, joka toimi myös tämän insinööriyön ohjaajana. (2.)

2 KOHTEEN ESITTELY

Kohteena oli Sievin kirkonkylän koulu, jossa tehtävänä oli peruskorjaus- ja laajennusurakka (kuva 1). LVI-asennustyöt kohteessa aloitettiin tammikuussa 2010 ja rakennus otettiin käyttöön joulukuussa 2010. Kouluun tehty laajennus on kohtalaisen suuri ja kattaa koko urakasta noin 80 %. Saneerauksessa uusittiin koko rakennuksen LVI-järjestelmät. Kohteena olevan rakennuksen lämmitettävä rakennustilavuus on noin 17 100 m³ ja tilat ovat jakautuneet kahteen erilliseen kerrokseen.



KUVA 1. Sievin kirkonkylän koulu (3)

Rakennuksen lämmitysmuotona on kaukolämpö ja tarvittava kaukolämpöteho rakennukselle on noin 460 kW. Rakennuksen lämmönjakohuoneessa sijaitseva kaukolämpökeskus on varustettu kolmella lämmönsiirtimellä, jotka kattavat käyttöveden, lämmityksen ja ilmastoinnin lämmitystehontarpeen. Lämmönjakokeskus ja ilmastointikone on sijoitettu rakennuksen toiseen kerrokseen, lähes rakennuksen keskelle. Lämmönsiirtimien mitoitusteho lämmitykselle ja ilmastoinnille on noin 460 kW.

Rakennuksen lämmönjako toteutettiin perinteisillä vesikiertoisilla teräslevyradiatoreilla ja ilmanlämmittimin varustetuilla kiertoilmakoneilla eli tuulikaapin-

lämmittimillä. Rakennukseen asennettiin 248 radiaattoria ja neljä kiertoilmakonetta. Kiertoilmakoneet on sijoitettu rakennuksen tuulikaappien alakattoon. Niiden tarkoituksena estää oviaukosta sisään pyrkivän vedon aiheuttamat lämpöhäviöt. Lämpöjohdot putkiston osalta on toteutettu lämmitykselle ja ilmanvaihdolle erillisinä putkistoina. Sisätiloissa käytetyt putket on asennettu maalausta kierteitettävästä putkesta kattoon kannakoituna ja konehuoneessa putkisto on asennettu hitsaamalla hitsaukseen soveltuvasta mustasta hiiliteräsputkesta. Kaikki kohteeseen käytetyt putkikoot ovat DN 10 ja DN 65 välillä. Rakennuksen ilmanvaihto toteutetaan viidellä ilmanvaihtokoneella, jotka on kytketty rakennuksen yhteiseen lämmöntalteenottojärjestelmään laippaliitoksin.

3 MATERIAALIT

3.1 Musta hiiliteräsputki

Teräs on maailman eniten käytetty rautamateriaali, ja sitä valmistetaan noin 750 milj. tonnia vuodessa. Teräkseksi kutsutaan kaikkia käyttömateriaaleja, joiden rautapitoisuus on vähintään 50 % ja hiilipitoisuus 0,03–2,0 %. Teräkset luokitellaan tavallisen ryhmittelyn mukaan eri kategorioiksi. Hiilipitoisuuden alittaessa 0,6 % kutsutaan terästä rakenneteräkseksi, kun taas yli 0,6 % hiiltä sisältäviä teräksiä kutsutaan nimellä työkaluteräs. Kaikkia yli 1,7 % hiiltä sisältäviä teräksiä kutsutaan valuraudaksi. Kaikesta maailman teräksen tuotannosta noin 10 % jalostetaan putkituotteiksi, joista noin 70 % valmistetaan hitsaamalla. Pelkästään Suomessa valmistetaan teräsputkea noin 400 000 tonnia vuodessa. (4, s. 128; 5, s. 81.)

Teräsputket soveltuvat useille liitosmenetelmille ja ovat olleet menetelmänä jo pitkään käytössä. Teräsputken pitkän suosion takana on erityisesti raudan halpa hinta ja kierrätettävyys. Lämmitysputkistossa olevat perinteiset teräsputket koostuvat valmistusmenetelmän mukaisesti kahdesta eri putkityypistä, jotka ovat pituussaumahitsatut kierteitettävät teräsputket ja saumattomat hitsattavat teräsputket. Hitsattujen putkien valmistustapa on havaittavissa putken kyljessä olevasta hitsisaumasta, joka voi olla joko suora tai kierteen muotoinen. Saumattomat putket ovat nimensä mukaisesti saumattomia myös ulkoisesti, ja ne on valmistettu yleensä valssaamalla tai vetämällä. Putken pinnasta irtoavien epäpuhtauksien vuoksi teräsputkea voidaan käyttää sellaisenaan ainoastaan lämmitysjärjestelmä käytössä. (5; 6, s. 81–84.)

Teräsputken muokattavuus riippuu valmistetun putken seoksesta ja hiilen määrästä. Karkeasti voidaan ilmaista, että työstettävyys paranee aina putken hiilipitoisuuden vähentyessä. Teräksen hitsattavuus on yleensä hyvä, mikä mahdollistaa mutkikkaidenkin rakenteiden valmistuksen osista yhteen liittämällä. (4, s. 76.)

3.1.2 Käyttöalue ja saatavuus

Perinteisten teräsputkityyppien ero käytännössä muodostuu seinämän paksuudesta ja ulkohalkaisijasta. Kierteitetävän putken seinämän paksuus on hitsattavaa putkea paksumpi, vaikka putkien ulkohalkaisijat olisivatkin samat. Hitsatun putken koko ilmoitetaan nimellishalkaisijana, kun taas saumattoman putken yhteydessä käytetään kierteen tuumakokoja. (Taulukko 1.) Molempia putkikokoja on saatavissa 10–355 mm ulkohalkaisijaan saakka.

TAULUKKO 1. Teräsputkien muunnostaulukko (7)

Teräsputkien muunnostaulukko				
Hitsattava teräsputki		Kierteitetävä teräsputki		
Kierrekoko tuumaa	seinämä mm	Nimellishalk. DN	seinämä mm	ulkohalkaisija mm
1/4	1,8	8	2,35	13,7
3/8	1,8	10	2,35	17,1
1/2	2	15	2,65	21,3
3/4	2,4	20	2,65	26,7
1	2,6	25	3,25	33,4
1 1/4	2,6	32	3,25	42,3
1 1/2	2,6	40	3,25	48,3
2	2,9	50	3,65	60,3

3.1.2 Korroosio

Teräksen yksi ominaisuus on myös sen herkkyys korroosiolle. Teräs on epäjalometalli, joten se pyrkii luovuttamaan veteen positiivisesti varautuneita rautaioneja, mikä aiheuttaa putken ruostumisen. Tärkein tekijä putken ruostumiselle on käytettävän veden laatu. Veden tulisi muodostaa putken pinnalle suojakerros, joka suojaa putkea korroosiolta. Optimaalisen tilanteen aikaansaamiseksi veden tulisi täyttää mm. seuraavat seikat: virtausnopeus yli 0,5 m/s, vähäinen aggressiivinen hiilidioksidipitoisuus ja pH yli 8,5. Teräksen korroosioriski on sitä suurempi, mitä lämpimämpää vettä verkostossa käytetään. Mustan hiiliteräs-

putken korroosiokestävyyttä on pyritty parantamaan sen seinämävahvuutta lisäämällä. Mustan hiiliteräsputken seinämän paksuus on vähintään kaksinkertainen verrattuna esimerkiksi sähkösinkittyyn hiiliteräs- tai kupariputkeen. (6, s. 23–26.)

3.2 Sähkösinkitty teräsputki

Yksi vertailtavista materiaaleista on seostamattomasta teräksestä valssaamalla valmistettu saumaton sähkösinkitty tarkkuusteräsputki, jota talotekniikan alalla yleisesti kutsutaan Mannesmann-putkeksi. Useimpien teräslaatuojen korroosiokestävyys luonnonolosuhteissa ei ole kovin hyvä, mutta nykyaikaisten pintakäsittelymenetelmien avulla teräs voidaan suojata onnistuneesti. Sähkösinkitty teräsputki koostuu tarkkuustyöstetystä, seostamattomasta teräksestä, joka on pinnoitettu ulkopuolista korroosiota vastaan sinkkipinnoitteella. Putkea voidaan käyttää lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä, paineilmajärjestelmissä ja sammutusjärjestelmissä. (8, s. 6.)

3.2.1 Pinnoite

Sinkkiä käytetään metallin päällä ohuena sinkkikerroksena, jossa se muodostaa metallia suojaavan kerroksen. Sinkin syöpymiskestävyys perustuu pintaan muodostuvan hapen ja alkuaineen synnyttämään kalvoon, joka suojaa metallia, vaikka pinnoitteessa olisi pieniä aukkoja. Sinkki on yleisesti yhteensopiva melkein kaikkien metallien kanssa ja suojaa erityisen hyvin mm. terästä. Sinkin suoja säilyy tehokkaana oloissa, joissa sinkki kestää korroosiota hyvin. Sellaisia tilanteita on esimerkiksi silloin, kun putken pinnalle tiivistyy luonnonvettä tai jopa merivettä. (4, s. 183.)

Sähkösinkitys eli elektrolyyttinen sinkitys saadaan upottamalla hyvin puhdistettu pinnoitettava kappale sinkkisuolaliuokseen, jossa sähköä avulla saostetaan kappaleen pinnalle haluttu sinkkipinnoite. Pinnoitteen paksuus riippuu kappaleen liuoksessa olevasta ajasta ja kappaleen muodosta. (9, s. 84; 4, s. 183.)

3.2.2 Ominaisuudet

Sähkösinkityn putken pinta on päällystetty 8 µm paksuisella sinkkipinnoitteella (10, s. 10). Putkelle ominaisia piirteitä ovat mm. puhtaus ja alhainen hiilipitoisuus. (8, s. 6.) Sähkösinkitty teräsputki vastaa ominaisuuksiltaan pitkälti kupari-putken ominaisuuksia, erityisesti mm. putken pinnan sileydellä, työstettävyydellä ja virtausominaisuuksillaan. Lisäksi sähkösinkityn teräs- ja kupariputken ulkohalkaisijat ovat pääosin samat.

3.2.3 Käyttöalue ja saatavuus

Putki sopii käyttölämpötiloille $-20\dots+120$ °C käyttöpaineen ollessa maksimissaan 16–25 bar. Käyttölämpötilan ylittäessä $+120$ °C tulee liitosten tiivistysrenkaat vaihtaa lämpötilalle sopivaksi. Valmistajasta riippuen putkea ja osia on saatavissa aina 12–108 mm ulkohalkaisijaan saakka. (8, s. 2; 11.)

3.2.3 Korroosio

Käytettäessä sähkösinkittyä ja mustaa hiiliteräsputkea lämmitysputkistossa, tulee korroosion ehkäisemiseksi olla erityisen huolellinen, että järjestelmä on suljettu ja täysin hapeton. Suljetussa järjestelmässä ei asennusjärjestyksellä ole vaikutusta korroosioon muodostumiseen. Korroosion ehkäisemiseksi voidaan järjestelmään lisätä happea sitovia aineita, jotka säätävät pH:n halutulle tasolle. Suositus pH-arvo teräsputkelle on 8,5–9,5. (8, s. 17.)

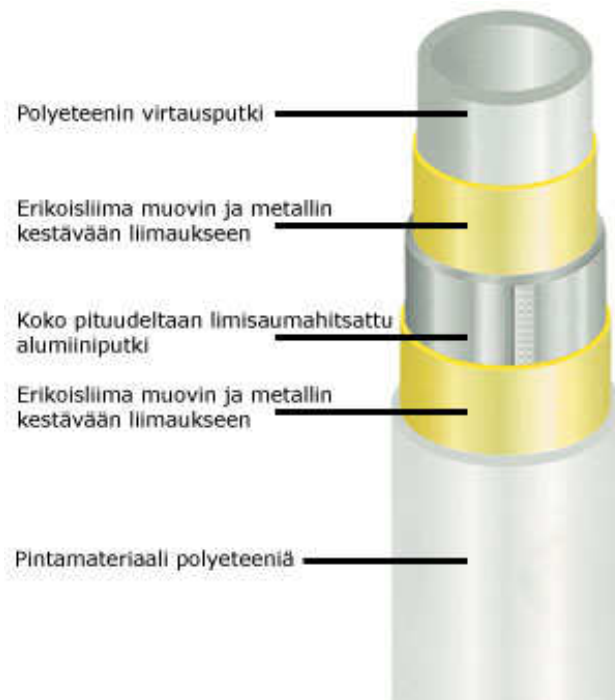
3.3 Komposiittiputki

Rakenteista koostuvat materiaalit jaetaan keraameihin, metalleihin ja polymeereihin. Näiden edellä mainittujen materiaalien yhdistelmistä syntyy yhdistelmä-materiaali, komposiitti. Komposiiteiksi määritellään yhdisteet, joissa vähintään kaksi ainetta vaikuttavat yhdessä, mutta eivät silti ole lienneena toisiinsa. Komposiitin valmistuksen tarkoituksena on muodostaa yhdiste, jossa voidaan

hyödyntää materiaalien parhaat ominaisuudet yhdessä materiaalissa. (4, s. 218.)

Komposiitin suurimpana haittapuolena ovat useimpien komposiittien kallis hinta ja huono kierrätettävyys. Komposiitti sisältää useita materiaaleja ja sen uusikäyttö on vaikeaa. (4, s. 221.)

Komposiittiputki on kerroskomposiittia, jossa on yhdistetty alumiinin ja muovin ominaisuuksia levyinä kerroksina (kuva 2). Komposiittijärjestelmä soveltuu kaikille vesi- ja lämpöjohtojen käyttöalueille sekä useimmille jäähdytysputkistoille. Komposiittiputki soveltuu myös lattialämmityskäyttöön, jolloin se voidaan asentaa roilo- tai teräsverkkoasennuksena.



KUVA 2. Komposiittiputken rakenne (12)

3.1.1 Ominaisuudet

Putken keskirakenne kostuu limittäin hitsatusta alumiinista, jonka molemmille puolille on liimattu kiinni polyeteeni-muovikerros. Alumiinikerroksen ansiosta putkelle ominaisia piirteitä ovat happitiiveys ja muotojäykkyys. Komposiittiput-

ken työstettävyys on hyvä, ja putki säilyttää muotonsa hyvin myös taivutuksen jälkeen. Myös putken lämpölaajeneminen on vähäistä, sillä putken lämpölaajenemiskerroin on 0,025mm/mK. (13, s. 9, 29.)

3.1.2 Käyttöalue ja saatavuus

Komposiittiputken käyttölämpötila-alue on $-40\dots+70$ °C, mutta putken hetkellinen lämmönkesto on $+95$ °C. Putken maksimi verkoston käyttöpaine on 10 bar. Komposiittiputkea ei voida käyttää liityttäessä lämmönlähteisiin, joiden lämpötila on yli $+70$ °C. Yhdistäminen tällaiseen lämmönlähteeseen tulee suorittaa ko. lämmön kestäväällä materiaalilla vähintään yhden metrin etäisyydelle saakka. (13, s. 19.)

Komposiittiputkea on saatavana 16–110 mm ulkohalkaisijalla, 3 tai 5 metrin salkoina, sekä 50–500 m kieppinä 25 mm ulkohalkaisijaan saakka. Putkea valmistetaan myös valmiiksi tubolit-eristeellä eristettynä, mitä on saatavissa ainoastaan kieppitavarana. (13, s. 9–11.)

3.1.3 Korroosio

Putken ulko- ja sisäpinnalla oleva kerros on muovia, minkä vuoksi putki on täysin korroosiovapaa. Putkelle käytettävät liittimet ovat valmistettu PPSU-muovista, eivätkä ne ruostu. Komposiittiputken muovipinnan ansiosta putki kestää myös erilaisia kemikaaleja. (13, s. 19.)

3.4 Kupariputki

Kupari on alkuaine, jonka kemiallinen merkki on Cu. Kuparin tiheys on $8,94$ g/cm³ ja sen sulamislämpötila on $+1\ 083$ °C. Kupari on väriltään hehkuvan punaruskea, mutta ikääntyessään väri voi tummentua tai muuttua tietyissä oloissa jopa vihertäväksi. (14.)

Kupariputkessa käytettävä kupari on ns. deoksoitua kuparia eli kuparia, johon on tyypillisimmin lisätty pieni määrä fosforia. Fosforin tarkoitus on poistaa happi

sulasta kuparista. Kupariin lisätty fosforimäärä on 0,002–0,050 %. Tärkeimmät Euroopan standardeissa olevat kuparit on runsasfosforinen, Cu-DHP (phosphorus-deoxidized copper – high residual phosphorus), joka sisältää fosforia noin 0,015–0,04 %, sekä matalafosforinen Cu-DLP (phosphorus-deoxidized copper – low residual phosphorus), jossa on fosforia n. 0,005–0,013 %. (14.)

Kupari on monipuolinen putkimateriaali. Kaikki tyyppihyväksytyt kupariputket soveltuvat melkein mihin tahansa talotekniseen järjestelmään. Käyttökohteita voivat olla esimerkiksi käyttövesi-, lämmitys- tai jäähdytysjärjestelmä. (15.)

3.4.1 Ominaisuudet

Kupariputki on ominaisuuksiensa ansiosta mekaanisen luja ja jäykkä materiaali, minkä ansiosta kupariputki voidaan asentaa sekä vaaka- että pystysuuntaan kohtalaisen vähillä kannakkeilla. Vaikka putki onkin ominaisuuksiltaan luja, on sen työstettävyys kuitenkin helppoa. Kupariputken sileä pinta ja hyvä ominaisuus muodostavat kuparille alhaisen kitkakertoimen. Sileän pinnan ansiosta kupariputken virtauskapasiteetti on hyvä myös pieniä putkikokoja käytettäessä. Kupari on palonkestävä materiaali eikä se tarvitse erillistä palosuojauksia. (15.)

3.4.2 Käyttöalue ja saatavuus

Kupariputken käyttölämpötila on –200...+250 °C, ja se kestää kovia käyttöpaineita aina 176 bar:iin saakka, putken ulkohalkaisijasta riippuen. Kupariputkea on saatavana kirkkaana, kromattuna, maalattuna, vuotovesisuojaattuna ja eristettynä. (16.)

3.4.3 Korroosio

Kupariputkelle tyypillinen korroosimuoto on eroosikorroosio, jota esiintyy kupariputkesta valmistetuissa lämmitysjärjestelmissä. Eroosikorroosio on virtauksen putkelle aiheuttamaa syöpymää. Eroosikorroosiolle saattaa olla useita syitä, mutta erityisesti sen aiheuttajia ovat liian suuri virtausnopeus ja virtaukselle epäedullisesti asennetut putkistot. Eroosikorroosiota syntyy, kun virtaus

aiheuttaa kulumaa esim. putken mutkassa ja estää siten tarvittavan suojakalvon muodostumisen. Eroosikorroosion välttämiseksi putkisto tulisi mitoittaa siten, ettei virtausnopeus putkistossa nouse yli 1,5 m/s. (17.)

4 ASENNUS- JA LIITOSTAVAT

4.1 Tulityöt

Tulitöiksi luokitellaan kaikki työt, jotka aiheuttavat palovaaraa. Putkitöissä usein näitä ovat kaasuhitsaus, laikkaleikkaus ja putkien hionta. Vakuutuksen voimassaoloehdon täyttämiseksi tulee asentajan noudattaa tulityön suojele-ohjeita. Jos tulityöt suorittaa ulkopuolinen toimittaja, sovitaan vastuunjaosta ja vahinkojen korvaamisesta erillisellä sopimuksella. Sopimuksen puuttuessa työn suorittaja vastaa vahingoista. Työntekijän aiheuttamasta vahingosta vastaa yleensä työnantaja. (18, s. 2–3.)

Kaasuhitsauslaitteiston tulee tulityöohjeen nojalla sisältää tarvittavat turvalaitteet. Kaasukärryissä tulee olla turvakäsine ja yksi 6 kg:n 27 A:n 144 B–C:n teholuokan käsiammutin. Kärryt tulee työn päätyttyä siirtää erityiseen säilytystilaan tai ulos johtavan oven läheisyyteen. Vakituksella ja tilapäisellä tulityöpaikalla tulee olla vähintään kaksi 12 kg:n 43 A:n 183 B-C:n käsiammutinta, joista toinen on tulityöpaikan välittömässä läheisyydessä. Tulityöpaikalle tulee järjestää jälkivartiointi vähintään yhdeksi tunniksi työn päättymisen jälkeen. Tulitöiden tekeminen tilapäisellä tulityöpaikalla edellyttää tulityökorttia sekä tulityölupaa. (18, s. 4–30.)

4.2 Musta hiiliteräspanki

4.2.1 Hitsaus

Hitsaus on kahden kappaleen liittämistä toisiinsa käyttämällä lämpöä tai puristusta siten, että osat ovat hitsauksen jälkeen pysyvästi kiinni toisissaan. Useimmiten hitsaus suoritetaan käyttämällä lämpöä, jolla osien liitoskohta saadaan sulamaan. Tavallisimmat lämmönlähteet ovat valokaari ja kaasuliekki. (19.) Yleinen lämmönlähde putkiliitoksille on kaasuliekki, sillä valokaaren käyttö ohutseinämaisissä putkissa on haastavaa, mikä johtuu sen pistemäisestä

lämmönlähteestä. Tässä luvussa käsitellään tarkemmin yleisesti käytettyä mustan hiiliteräsputken sulaliitosmenetelmää eli kaasuhitsausta.

Kaasuhitsauksessa teräsputken ja osan liitoskohtaa sulatetaan happiasetyleeniliekillä, johon tarvittaessa sulatetaan myös lankamaista lisäainetta käsin syöttämällä. Liitoskohtien kuumentuessa tulee vastakkaisten metallien sulaa keskenään ja muodostaa yhtenäinen liitos. Lisäaineen tarkoitus on täyttää hitsisauman railo ja muodostaa liitokseen tarvittava määrä täyteainetta. (20, s. 15, 82–95, 115.)

4.2.1.1 Hitsauskaasujen vaarat

Kaasuhitsauksessa käytettävät happi ja asetyleeni voivat vuotaessaan aiheuttaa ympäristön paloherkkyyttä. Vuodolle saattaa olla monia syitä, kuten laitteen liitännät ja tiivisteet, letkujen rikkoutuminen tai asentajan huolimattomuus. Pelkkä happipullo saattaa aiheuttaa sisätiloissa merkittävän tulipaloriskin, sillä pelkkä muutaman prosentin happipitoisuuden lisäys ympäröivässä ilmassa saattaa sytyttää tuleen jopa palamattomankin materiaalin. Erityisen vaarallisia materiaaleja ovat rasva ja öljyt. (21.)

Asetyleeni on syttyvä kaasu, ja pienessä tilassa vähäinenkin määrä vuotanutta kaasua saattaa aiheuttaa tulipalo- tai räjähdysvaaran. Vuotojen havaitsemiseksi asetyleeniin on sisällytetty hajustetta. Edellä mainittujen seikkojen vuoksi hitsaaminen huonosti ilmastoidussa tilassa on hengenvaarallista. (20, s. 95.)

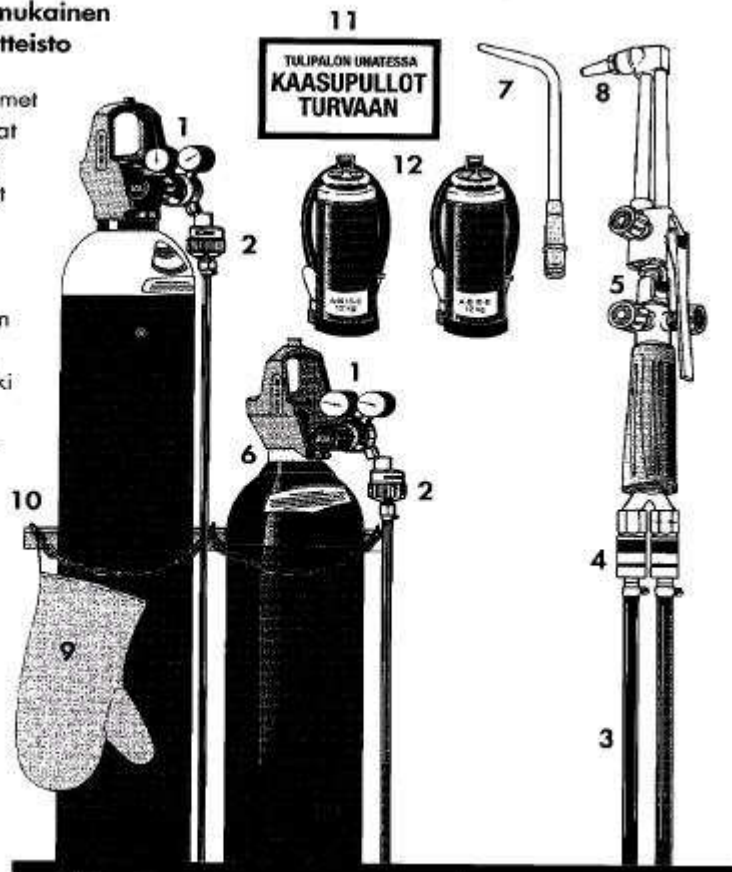
4.2.1.2 Kaasuhitsausvälineet

Kaasuhitsauksessa tarvittavat välineet ovat kaasut, paineenalennusventtiili, takatulisuoja, letkut ja hitsauspoltin (kuva 3). Lisäksi tarvitaan muutamia apu- ja suojavälineitä, kuten kaasunsytytin, hitsauslasit, palamaton käsine ja jauhesammutin. Kaasuhitsauksessa käytettävät kaasut, asetyleeni ja happi ovat puristettuna erillisissä teräspulloissa, joita yleisimmin siirretään karryjä apuna käyttäen. Pullot ovat tilavuudeltaan 5–50 l väliltä. Koska kaasupullojen paine on työskentelypainetta suurempi, käytetään kaasupullojen jälkeen paineenalen-

nusventtiiliä. Polttimen ja letkujen välissä oleva takatulisuoja estää huolimattomuustilanteessa liekin pääsyn takaisin letkuihin, mikä voisi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa kaasupullon syttymisen tai räjähtämisen. Hitsauspoltin sekoittaa happi- ja asetyleenikaasun säädettyyn suhteeseen. Sytyttimellä saadaan aikaan kaasun syttymiselle tarvittava kipinä. (20, s. 84.)

Suojeluohjeen mukainen kaasuhitsauslaitteisto

1. Paineensäätimet
2. Takaiskusuojat
3. Hitsausletkut
4. Takatulisuojat
5. Tiiviste
6. Kaasupullot
7. Poltinputki
8. Leikkaussuutin
9. Palohanska
10. Kiinnityspalkki
11. Ohjekilpi
12. Sammuttimet



KUVA 3. Kaasuhitsauslaitteet (22, s. 25)

4.2.1.3 Asennus

Kaasuhitsauksessa helposti palava happiasetyleenikaasu johdetaan kaasupulloista paineenalennusventtiiliin ja takatulisuojien kautta hitsauspilliin, josta palava kaasu johdetaan liitoskohtaan yli 3 000 °C lämpötilassa. Liitoksen alkaessa sulaa asentaja syöttää liitokseen lisäainetta ja jatkaa, kunnes putken liitos on hitsattu ympäri. Hitsin tulee olla tiivis ja vedenpitävä.

Kaasuhitsaus on verrattain hidasta ja tarkkaa työtä. Kaasuhitsaus soveltuu ai-noastaan hitsaustaitoisille asentajille. Hitsaustaito on kuitenkin nykypäivänä valmistuvilla putkiasentajilla yhä vähentymään päin. Hitsauksen haasteellisuus muodostuu eritoten hitsattaessa telineistä, ahtaissa kulmauksissa ja paikoissa, joihin ei ole suoraa näköyhteyttä. Ahtaissa paikoissa hitsatessa tulee ympäris-tön suojaamiseen kiinnittää erityistä huomiota, sillä muodostuneet kipinät ja hitsausliekki saattavat sytyttää tulipalon vielä työn päättymisen jälkeenkin. Myös hitsauksesta putkea pitkin aiheutuva lämmönjohtuminen saattaa sytyttää palon näkymättömissäkin paikoissa, eikä hitsausta tule suorittaa putkiroiloissa tai vas-taavissa paikoissa. Hitsauspaikalla olevat roskat ovat palamisherkkiä ja ne tu-lee poistaa ennen hitsaustyön aloittamista.

Kaasuhitsausmenetelmän hyvinä puolina voidaan pitää sen sovellettavuutta. Menetelmän sovellettavuutta voidaan käyttää esimerkiksi tilanteessa, jolloin työt joudutaan keskeyttämään putkiston kulman puuttumisen vuoksi. Tällöin voidaan haluttu kulma saada leikkaamalla osa toisesta kulmasta ja työtä voidaan jatkaa. Samaa periaatetta voidaan soveltaa, kun tarvitaan standardikulmasta poikkeaa-vaa osaa.

Yksi kaasuhitsauksen huono puoli on raskaan työkaluston kuljettaminen. Omat haasteellisuutensa asettavat erityisesti hitsaaminen vaikeapääsuisissä yläker-roksissa, jonne kaasukärrien kuljettaminen on vaikeaa. Raskaiden kaasukärrien nostaminen vaatii kahden miehen työpanoksen tai yksin työskennellessä vähintäänkin pitkien letkujen vetämistä työpisteelle.

4.2.2 Kierteitys

Toinen teräsputkelle yleisesti käytettävä liitosmenetelmä on kierteittäminen. Putken päähän muodostetaan kierrepakalla lastuamalla kierre, johon tarvittava osa voidaan kiertää kiinni, esimerkiksi muhvi tai kulma. Osan ja putken tiiveys saadaan aikaan laittamalla kierteeseen tiivistyslankaa ja putkikittiä. Tiivistys voidaan suorittaa myös kierreteipillä.

4.2.2.1 Kierteitystyökalut

Kierteitystyökalujen laatuun ja käyttöön vaikuttaa suurimmaksi osaksi se, kuinka paljon putkea aiotaan kierteittää. Kierteitystyökaluja on saatavana erillisinä tai yhtenä kokonaisuutena. Kierteitykseen tarvitaan putken kiinnittämistä varten putkipenkki, putkileikkuri, jäysteenpoistin sekä kierteen lastuava teräsarja tai kierrepakka. Yleisin isoissa kohteissa käytettävä kierteitystyökalu on kierteityskone, joka sisältää kaikki tarvittavat komponentit yhtenä kokonaisuutena (kuva 4).



KUVA 4. Kierteityskone (23)

4.2.2.2 Asennus

Putken varsinainen asennus on yksinkertaista toteuttaa. Putken asentaminen tapahtuu kiertämällä kierteitetty putki haluttuun liitososaan. Kiertäminen tulee suorittaa kiertämällä yhdistettävää putkea ja liitososaa vastakkaisiin suuntiin.

Kiertäminen suoritetaan putkelle sopivilla putkipihdeillä. Asennuksen haastavuuden aiheuttaa putken raskas materiaali, joka asettaa omat haasteensa putken siirtämisessä, nostamisessa ja asentamisessa. Tarpeen vaatiessa teräsputket maalataan esteettisyyden takaamiseksi.

Teräsputken kierteittämisessä hankalaa on myös sen vaatima tilantarve. Käytetään sitten isoa kierteityskonetta tai erillisiä kierteitysvälineitä, kierteityspaikan siirtely ja pitkien putkien liikuttelu kierteitystä varten vaatii asentajalta aikaa ja vaivaa. Tilanpuutteen vuoksi kierteityspaikka sijoitetaan usein omaan kiinteään paikkaansa, jossa se ei ole haitaksi työmaalla työskenteleville. Paikan sijoittamisessa tulee huomioida myös kierteittämisessä käytettävän voiteluöljyn tahraavuus ja metallinlastujen muodostuminen.

Yksi hiiliteräsputken kierteityksen ja -hitsauksen huonoja puolia on materiaalihukka, joka muodostuu putkista leikatuista ylijäämäpaloista. Ylimääräisten putken pätkien liittäminen toisiinsa vaatisi asentajalta enemmän aikaa ja aiheuttaisi putkistoon mahdollisesti turhia vuotokohtia. Hiiliteräsputkien materiaalihukka on yrityksen kokemuksen mukaan noin 5 %. (3.)

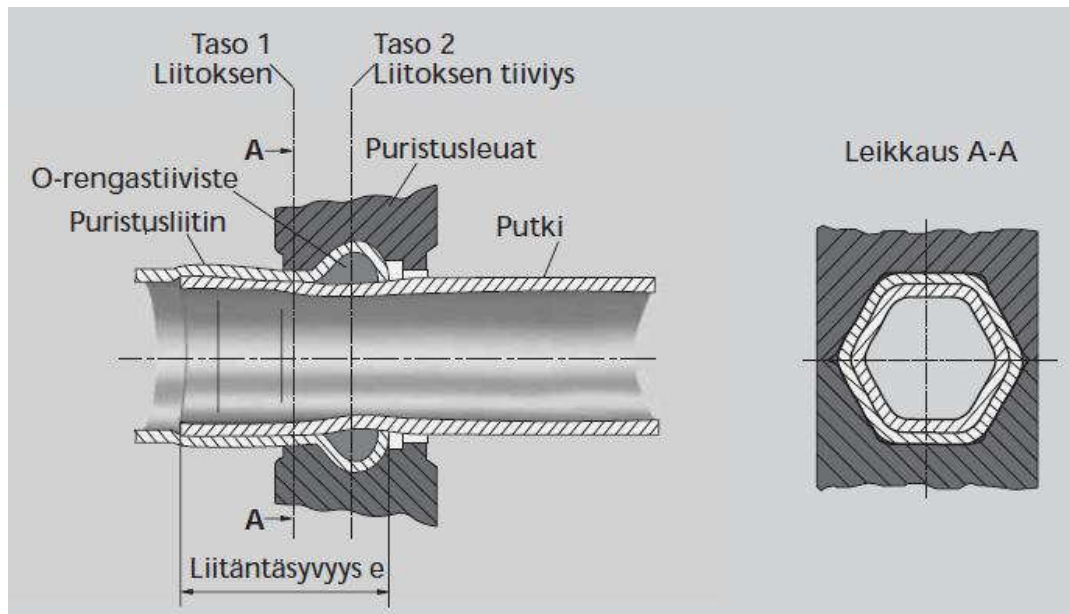
4.3 Sähkösinkitty hiiliteräs-, kupari- ja komposiittiputki

4.3.1 Teräs- ja kupariputken puristusliitos

Puristusliitos on helpon ja nopean asennuksen ansiosta yhä yleistyvä tapa putkiliitoksille. Puristusliitoksia on ollut lämmitysputkistokäytössä noin 40 vuoden ajan, ja liitosta voidaan nykypäivänä käyttää kupari-, komposiitti ja hiiliteräsputkille. Puristusliitosmenetelmällä asentaminen on hyvä vaihtoehto erityisesti silloin, kun asentaja ei ole hitsaustaitoinen.

Tässä työssä käsitellään tarkemmin tiivisterenkaallista puristusliitosmenetelmää putkiasennuskäytössä. Puristusliitoksesta puhuttaessa sekoitetaan yleensä puristus- ja puserrusliitokset toisiinsa, jotka ovat kuitenkin kaksi eri asiaa. Puserrusliitos on liitosmenetelmä, joka koostuu messingistä valmistetuista osista, jotka liitetään toisiinsa puserrushelmen avulla.

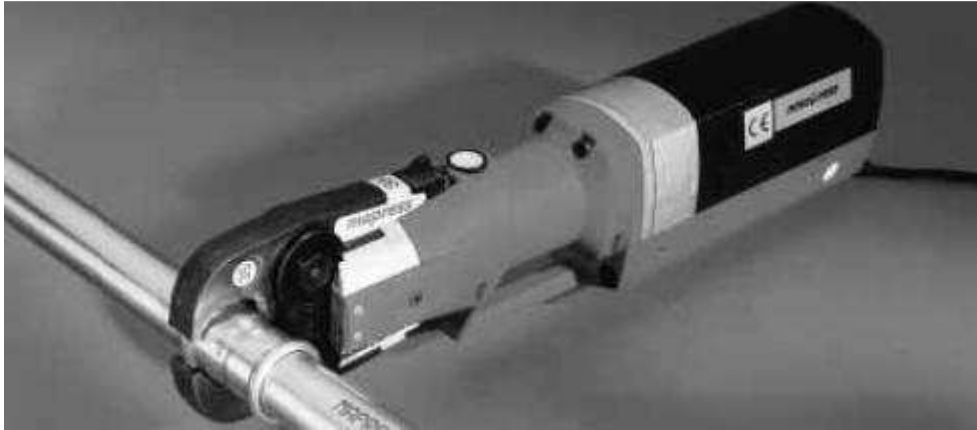
Puristusliitosmenetelmän perustana on työkalu, joka puristaa työkalun leukojen välissä olevan liitososan ja putken toisiinsa ja ne muodostavat tiiviin ja pysyvän liitoksen. Liitososan päässä oleva vanhenemisen kestävä butyylikuminen O-rengas varmistaa liitoksen tiiviyden muovautumalla putken ja osan väliin (kuva 5). Puristus ei aiheuta vahinkoa sisällä olevalle O-renkaalle, sillä liitososassa on tiivistettä varten oma tilansa. (8, s. 2.)



KUVA 5. Leikkauskuva puristetusta liitoksessa, jossa puristusleuat ovat vielä paikallaan (8, s. 4)

4.3.1.1 Puristustyökalut

Puristustyökalu muodostuu puristuslaitteesta ja puristusleuoista tai puristuskauluksista (kuva 6). Putken ulkohalkaisijoiden ollessa 12–35 mm käytetään sähkökäyttöisen puristuslaitteen lisäksi puristusleukoja, kun taas isommissa putkissa (42–54 mm) käytetään välileukoja ja puristuskaulusta. Jokaista putkihalkaisijaa varten on olemassa oma puristusleukansa tai -kauluksensa. Puristustyökaluja on saatavana käsi-, sähkö- ja akkukäyttöisenä. Kaikkien puristustyökalujen puristusvoima tulee olla noin 100 kN. Yleisesti käytössä olevien puristustyökalujen käyttöikä on noin 100 000 puristusta ja ne tulee takuun voimasaoloehdon vuoksi huollattaa vähintään kerran vuodessa. (8, s. 8–12; 24, s. 11.)



KUVA 6. Sähkökäyttöinen puristustyökalu (8, s. 9)

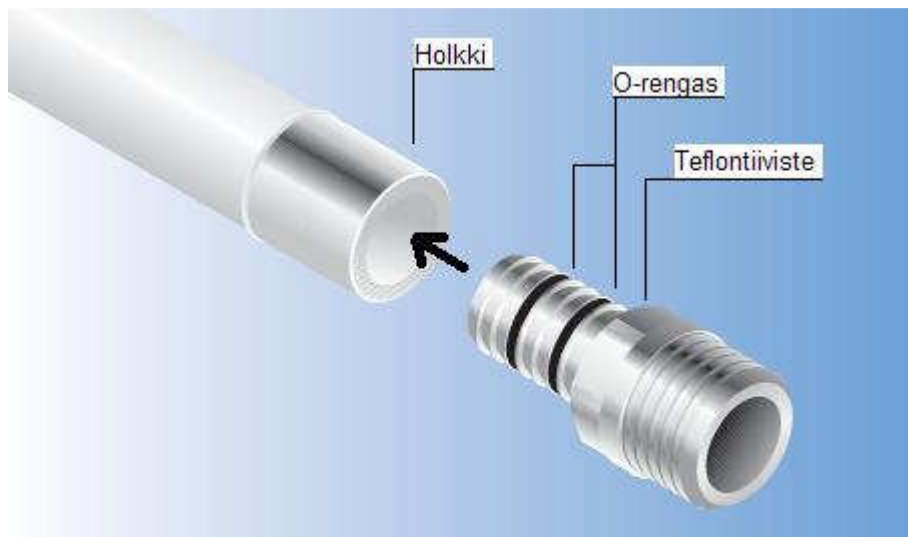
4.3.1.2 Asentaminen

Putkiston asentaminen puristusmenetelmällä on nopeaa ja vaivatonta. Putki katkaistaan oikeaan mittaansa perinteisellä putkileikkurilla, poistetaan jäysteet, työnnetään putken pää puristusliittimen pohjaan ja puristetaan putki paikalleen. Puristusmenetelmää käytettäessä tarvitaan vain vähän työkaluja, eikä putken ympäristöä tarvitse suojata. Puristusliitosmenetelmää käytettäessä on materiaalihukka noin 3 %. (2.)

Puristustyökalun nostelu ja liikuttaminen vaikeisiin asentoihin vaikeutuu, mitä suurempia puristusleukoja käytetään. Itse puristustyökalu painaa valmistajasta riippuen noin 4–6 kg ja koneeseen asennettavat puristusleuat 1,7–2,0 kg tai isommalle putkikoolle tarkoitettu kaulus ja välileuka 4,4–4,7 kg. Esimerkiksi puristettaessa ulkohalkaisijaltaan putkikokoa 54 mm, on välineillä painoa yhteensä yli 10 kg. (8, s. 12.)

4.3.2 Komposiittiputken puristusliitos

Komposiitti, kupari- ja teräspuutken puristusliitosmenetelmällä on monia yhteisiä ominaisuuksia, kuten O-rengastiivisteet ja puristustyökalu. Suurin ero menetelmien välillä on putkien liitososassa, joka koostuu kahdesta osasta, liittimestä ja holkista (kuva 7).



KUVA 7. Komposiittiputken liitososat (25, s. 18)

Komposiittiputken liitoksessa holkki asetetaan putken kärkeen putken päälle, kun taas liitinosa työnnetään putken sisään niin pitkälle, että putken pää on liittimessä olevaa teflonttiivistettä vasten. Teflonttiivisteen toinen tehtävä on estää sähkökorroosiota. Liitinosassa ovat kaksi EPDM-kumista valmistettua O-rengasta tiivistävät putken sisäpinnan ja liittimen toisiinsa. Viimeiseksi puristustyökalu puristaa holkin päältä ja muodostaa tiiviin ja pysyvän liitoksen. (25, s. 4.)

Komposiittiputkelle sopivia puristusliittimiä on saatavana useiden valmistajien toimesta, mutta tässä vertailussa käytetään suomalaisen Wehopress Oy:n valmistamia liittimiä ja putkia. Liittimet soveltuvat hyvin lämmitysjärjestelmäkäyttöön ja niitä on saatavana kaikille työssä tarvittaville putkille 16–63 mm halkaisijan väliltä.

4.3.2.1 Puristustyökalut

Komposiittiputken asennuksessa tarvittavat työkalut ovat lähes samankaltaiset kuin esimerkiksi kupariputken puristusmenetelmässä. Molempien putkien puristusliitoksiin voidaan käyttää samaa puristuskonetta, mutta komposiittiputken liittämiseen tarvitaan puristusleuat, jotka vastaavat komposiittiputken kokoja.

Muita tarvittavia työkaluja ovat putkileikkurit, viisteytystyökalu ja tarvittaessa myös putken taivutusvälineet.

4.3.2.2 Asennus

Komposiittiputken asennus ei vaadi asentajalta kovinkaan suurta kokemusta ja on lähes samankaltainen kuin muutkin puristusliitosmenetelmät. Komposiittiputken yksi hyvistä puolista on sen soveltuvuus. Putkea voidaan käyttää sellaiseenaan lattiaan, kattoon ja näkyville seinille. Esimerkkitapauksena voidaan esittää saneerauskohte, jossa vanhat lämmityspatterit korvataan lattialämmitysjärjestelmällä. Edellä mainitussa tilanteessa voidaan lattiapiiri liittää suoraan vanhoihin runkolinjoihin käyttämättä erillisiä kytkentäjohtoja ja turhia liitoksia.

Komposiittiputken helpon muokattavuuden ansiosta putki on myös altis kolhuille, ja vaatii käytössä asentajalta metalliputkea enemmän huolellisuutta. Etenkin pitkien putkikieppien kanssa tulee asentajan olla erityisen huolellinen putken herkän litistymisen vuoksi. Helppo muokattavuus vaikuttaa myös putkelle käytettyjen kannakoiden määrään, mistä johtuen putken kannakointiväli on vertailtavista putkista lyhyin, joka myös osaltaan vaikuttaa asentajan käyttämään asennusaikaan.

5 KUSTANNUSVERTAILU

5.1 Vertailuperusteet

Kustannusvertailun lähtökohtana oli selvittää, kannattaako Lemminkäinen Talotekniikka Oy:n siirtyä käyttämään toista lämmitysputkistolle soveltuvaa menetelmää nykyisin käytössä olevan sijaan. Vertailtavana lähtökohtana oli mustan hiiliteräspankin käyttö ja sen asennusmenetelmät, joita vertaillaan puristusliitoksien asennettaviin materiaaleihin ja asennuskustannuksiin.

Vertailtavat putkimateriaalit ovat yleisesti lämpöjohtokäytössä käytettäviä putkimateriaaleja. Vertailussa oli mukana myös nykyään yleistynyt Mannesmann eli sähkösinkitty hiiliteräspanki. Vertailutyön alustavina tietoina ovat urakasta aiheutuneet todelliset kustannukset, joita muokataan vertailtavan asennusmenetelmän ja materiaalien asennustavoille sopivaksi. Muokkaukset suoritetaan kohteesta tehdyistä LVI-suunnitelmista ja kytkentäkaavioista. Hintavertailuun kuuluvat asennettavat materiaalit ja asennustyö.

Kustannusten lähtötietoina on ollut Lemminkäinen Talotekniikka Oy:n käytössä oleva laskentaohjelma SAB. Saksalainen SAB-laskentaohjelma toimii yrityksen urakalaskentaohjelmana ja laskee materiaalien nettohinnat sekä asennustyön normituntiajat. Ohjelma laskee määrät tietokantaan asetettujen tietojen perusteella ja samalla tallentaa tiedot tietokoneen palvelimelle. Materiaalien asetus-
taulukkona toimii Excel-pohjainen järjestelmä, joka on selkeä ja yksinkertainen täyttää. Ohjelma käyttää laskentaan tietokantaan syötettyjä tietoja ja laskee materiaalien hinnat nettohintoina, ja asennuskustannukset se ilmoittaa työn normituntiaikoina. Normituntiajat on laskettu Talotekniikka-alan työehtosopimus toimihenkilöille 2010–2012, Putkiasennusalan urakkahinnoittelu 2010, 1-2§ mukaisesti. (26, s. 97–106)

Putkikoon suurentaminen vaikuttaa usein käytettävän tarvikkeen ja työn kustannuksiin. Putkikoon vaikutus materiaaleilla on kuitenkin erilainen, sillä asennustyön hintaan vaikuttava normitunti, eli NH/m ei ole sama. Normitunti kuvaa työhön käytettävää aikaa, jonka avulla varsinainen urakkasumma saadaan las-

kettua. Normiajat sisältävät liitoskappaleiden, osien ja varusteiden asennuksiin tarvittavat työvaiheet suunnitelmien mukaisesti.

Putkipituudet ja liitoskappaleet on laskettu tarkasti, ottaen huomioon esimerkiksi mahdolliset putkikoon pienenemiset, haarat ja mutkat. Haaroja valittaessa syötetään se laskentaohjelmaan aina samankokoisena haarana, ilman pienennettyä sivuliitäntää, ja lisätään tarvittava supistus. Syynä laskentatavalle on laskentaohjelmasta puuttuvat kohdat haarojen pienennetyille sivuliitännöille mustaa hiiliteräsputkea käytettäessä. Lähtökohtana oletetaan, että asennukset on tehty suunnitelmien mukaisesti. Vertailu tapahtuu kuitenkin suurimmaksi osaksi toteutuneiden kustannusten avulla, jotta tuloksista saataisiin paremmin vertailukelpoiset. Suhde materiaalien välillä on kuitenkin aina sama putkireittien ollessa samat.

Työstä ja materiaaleista aiheutuvat kustannukset on laskettu kahtena kokonaisuutena. Kokonaisuudet on jaettu urakkasummaksi sekä urakkasumman, materiaalihukan ja sosiaalikulujen yhteistulokseksi. Urakkasumma on yrityksen työn tilaajalle tarjoama summa, joka sisältää asennuksen ja materiaalien yhteiskustannukset nettohintoina. Materiaalihukka on laskettu Lemminkäinen Talotekniikka Oy:n kokemukseen perustuvan hukkaprocentin mukaisesti. Sosiaalikulut sisältävät työntekijöistä yritykselle koituvat kustannukset, kuten mm. työeläkemaksut sekä työttömyys-, tapaturma- ja ryhmähenkivakuutusmaksut. Sosiaalikuluja laskettaessa on tulokseen huomioitu myös työntekijöille maksettava ruokaraha. Työstä muodostuvissa kustannuksissa ei otettu huomioon polttoainekustannuksia, päivärahoja, matka- ja ylityökorvauksia eikä muita luontaisetuja. Vertailussa ei myöskään huomioida mahdollisia alennuksia tai DN 50:n ylittäviä putkikokoja, koska kaikkia putkimateriaaleilta ei ohjelmasta löytynyt.

5.2 Materiaalikustannukset

Kaiken kaikkiaan asennuksessa käytettävän putken hinta määräytyy putken käytetyn materiaalin seinämävahvuudesta ja ulkohalkaisijasta sekä valmistusmateriaalista. Kuparin hinta on ollut jo pitkään nousussa, ja se näkyy myös kupariputken hinnassa, joka on vertailtavista materiaaleista kaikkein kallein. Kom-

posiittiputken valmistuksessa käytetään muovia, minkä vuoksi putken hinta määräytyy öljyn hinnan mukaan ja saattaa vaihdella huomattavasti jopa lyhyellä aikavälillä. Teräksen runsas esiintyminen ja helppo valmistus vaikuttavat siten, että teräsputket ovat vertailtavista materiaaleista halvimpia. Sähkösinkityn teräsputken pinnoitus ja työstö nostavat putken hintaa hieman perinteistä mustaa hiiliteräsputkea kalliimmaksi. (Taulukko 2.)

TAULUKKO 2. Metrihintojen keskiarvo DN 10–50 putkille (2)

<i>PUTKIMATERIAALI</i>	<i>HINTA</i>
<i>Musta hiiliteräs</i>	<i>2,45 €</i>
<i>Sähkösinkitty hiiliteräs</i>	<i>3,01 €</i>
<i>Komposiitti</i>	<i>4,97 €</i>
<i>Kupari</i>	<i>8,46 €</i>

Työssä käytettävät putkikoot vaihtelivat DN 10–50:n ulkohalkaisijan väliltä. DN 10–25:n kokoisten putkien osuus kokonaismäärästä oli noin 70 %, joka muodostuu suurimmaksi osaksi patterien jako- ja kytkentäjohdoista. Suurempia DN 50 -koon putkia käytettiin suurimmaksi osaksi ilmanvaihdon LTO-järjestelmiin sekä ilmanvaihtokoneen kytkentöihin.

Yksi työn haastavimpia osuuksia oli lämmitysjärjestelmän muuntaminen vertailtaville asennustavoille mahdolliseksi, sillä mustan hiiliteräsputken asennustavat mahdollistavat putkien ja osien liittämisen vain vähäisiä liitososia käyttämällä. Esimerkiksi säätöventtiilille ei hitsausmenetelmää käytettäessä tarvita kuin itse hitsattava venttiili. Kierteitysmenetelmällä liitettäessä tarvitaan lisäksi kierteeseen sopiva yhdistäjä eli kartioliitin.

Puristusliitoksissa yhdistämisen mahdollistamiseksi tarvitaan aina venttiin kummallekin puolelle kierteellinen puristusnipa sekä yhdistäjä. Puristusliitoksia

käytettäessä suurin haitta mustan hiiliteräsputken liitosmenetelmään verrattuna on yhdistäjien korkea hinta, mikä ilmenee erityisesti suuria putkikokoja käytettäessä. Yhdistäjät ovat pakollisia, jos venttiili joudutaan myöhemmin irrottamaan.

Muita puristusmenetelmässä hintaan vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa putkistokytkennät radiaattoreihin, ilmanvaihtolaitteistoon sekä kaukolämpökukseen. Kaikissa laitteistokytkennöissä tarvitaan aina kierteellisiä puristusnippoja. Ainoastaan lämmönluovutusradiaattoreille on laskettu 496 puristusnippaa. Isoimmista laitteistokytkennöissä jouduttiin puristusnippojen lisäksi käyttämään kierteellisiä laippoja, jotka ovat huomattavasti hitsattavia laippoja kalliimpia.

5.3 Asennuskustannukset

Putkien asennustyöstä aiheutuviin kustannuksiin vaikuttavat putkikoko sekä kattila-, lämmönjako-, pumppu- ja ilmastointikonehuoneessa työskentely. Asennusten normituntiaikoja korotetaan edellä mainituissa tiloissa, koska tilojen ahtauteen ja laitemäärä hidastavat asennusnopeutta. Materiaalien normituntiajat määräytyvät Talotekniikka-alan TES 2010–2012 (Putkiasennusalan urakkahinnoittelu 2010, 2§, Mom. 1-3) mukaisesti. Edellä mainitut momentit kattavat metalliputkien, hitsattavien metalliputkien sekä kupari- ja komposiittiputkien normituntiajat. (26, s. 104–106.)

Putkien normituntiajat on esitetty seuraavasti; lämmönjako- ja ilmastointikonehuone hinnoittelussa, normiaikoja korotetaan hitsattavien teräsputkien osalta +35 % ja muiden putkien osalta +30 %. Sähkösinkityn hiiliteräsputken asennuksessa käytetään puristusmenetelmää, joka vähentää sille käytettyjä aikoja –25 %. Kupariputkea laskettaessa normituntiajasta vähennetään –20 %, koska myös kupariputki asennetaan puristusmenetelmällä. Asennuksessa, jotka suoritetaan muualla, kuin konehuoneessa tai vastaavassa tilassa, lasketaan normituntiajat normaalisti materiaalille tarkoitettujen momenttien mukaisesti. Konehuoneeseen asennettavia putkia oli työssä noin 230 m. (26, s. 104–106.)

Työstä muodostuvat kustannukset on saatu, kun yhteenlasketut normituntiajat on kerrottu putkialan normituntikertoimella sekä haitta- ja saneerauslisällä. Normituntikertoimena on Talotekniikka-alan työehtosopimus toimihenkilöille 2010–2012 (suorituspalkkaustyömääräykset 1§) -mukainen kerroin, joka on 14,84 €/Nh. Kerroin määräytyy senhetkisen työehtosopimuksen suoran urakkasumman mukaan.

Haitta- ja saneerauslisällä tarkoitetaan Talotekniikka-alan TES 2010–2012:n putkiasennusalan urakkahinnoittelua 2010 (1§, Mom.2, kohta 7), jolloin kuuluu korvattavaksi työt ja työtä haittaavat tekijät, jotka eivät välittömästi liity asennus- tai purkutyöhön, mutta kuuluvat silti välillisesti sovitun työn suorittamiseen. (26, s. 89, s. 99, s. 102.) Kohteen rakennustyyppi kuuluu ryhmään lasten päiväkodit, monitoimitalot, opetusrakennukset ja vastaavat, minkä vuoksi kustannuksia korotetaan edellä mainitun haittalisän mukaisesti +16 %. Työstä muodostuvien kustannusten laskutapa on esitetty kaavassa 1, jolloin esimerkkinä on sähkösinkityn hiiliteräsputken asentaminen opetusrakennuksen lämmönjakohuoneeseen.

KAAVA 1

$$12 \text{ m} * 0,5 \text{ NH/m} * 14,84 \text{ €/NH} * 1,16 * 1,3 * 0,75 = 100,70 \text{ €}$$

L= 12m (putkikoko DN 50)

NH/m(DN50)= 0,50 NH/m

NH-kerroin= 14,84 €/NH

Haittalisä= +16 %

Lämmönjakohuoneessa työskentely = +30 %

Vähennys, kun käytetään muuta kuin kierrelitoksia = -25 %

Työnantajalle työntekijästä koituvia lisäkuluja laskettaessa on ruokarahan suuruutena käytetty 9 €/pv ja työnantajalle koostuvina sosiaalikuluna 70,5 % työntekijän palkasta (2). Palkkakustannuksina käytettiin 14,84 €/h, joka on senhetkisen työehtosopimuksen suoran urakkasumman mukainen. Ruokarahojen- ja sosiaalikulujen laskutapa on esitetty kaavassa 2.

Ruokarahat ja sosiaalikulut yhteensä = $(d*rr)+(d*mtt*ptp*sos.kulut)$

d = käytettyjen miestyöpäivien lukumäärä = Taulukko 3

mtt = miestyötuntia päivässä = 8h

ptp = perustuntipalkka = 14,84 €/h

$sos.kulut$ = sosiaalikulut yhteensä = 70,5 %

rr = ruokaraha = 9 €/d

Työssä ilmoitettu aika kohteessa on lähin mahdollinen arvio. Todellista tarkkaa aikaa on hyvin vaikea selvittää, mikä johtuu työntekijöiden lukumäärästä, vaihtuvuudesta ja asennusnopeudesta. Materiaalien miestyöpäivien määrät on esitetty taulukossa 3. Työpäivien määrät materiaaleille on laskettu vertaamalla normituntiaikoja mustan hiiliteräsputken normituntiaikoihin. (26, s. 108.)

TAULUKKO 3. Materiaalikohtaiset miestyöpäivien määrät

<i>PUTKIMATERIAALI</i>	<i>MIESTYÖPÄIVÄT</i>
<i>Musta hiiliteräs</i>	260
<i>Sähkösinkitty hiiliteräs</i>	186
<i>Komposiitti</i>	190
<i>Kupari</i>	188

6 TULOKSET

6.1 Materiaali

Materiaalien kustannusvertailussa laskettiin putkien ja osien muodostamat yhteiskustannukset. Putken ja liitososien hinnat on laskettu Lemminkäinen Talotekniikka Oy:n arvonlisäverottomilla nettohinnoilla. Tulokset esitettiin myös putkien ja liitososien prosentuaalisina osuuksina yhteishinnasta. (Taulukko 4.)

TAULUKKO 4. Materiaalien ja liitososien kustannukset nettohinnoin sekä prosentuaaliset osuudet yhteishinnasta (Osuus yhteiskustannuksista = O.Y.K)

<i>PUTKIMATERIAALI</i>	<i>PUTKET</i>	<i>O.Y.K</i>	<i>OSAT</i>	<i>O.Y.K</i>	<i>YHTEENSÄ</i>
<i>Musta hiiliteräs</i>	<i>5 693 €</i>	<i>75 %</i>	<i>1 894 €</i>	<i>25 %</i>	<i>7 588 €</i>
<i>Sähkösinkitty hiiliteräs</i>	<i>6 714 €</i>	<i>32 %</i>	<i>14 320 €</i>	<i>68 %</i>	<i>21 034 €</i>
<i>Kupari</i>	<i>18 259 €</i>	<i>48 %</i>	<i>19 684 €</i>	<i>52 %</i>	<i>37 943 €</i>
<i>Komposiitti</i>	<i>12 691 €</i>	<i>31 %</i>	<i>27 681 €</i>	<i>69 %</i>	<i>40 372 €</i>

Materiaalien ja osien nettohinnoilla laskettujen yhteistulosten perusteella halvimaksi putkimateriaaliksi saatiin Lemminkäinen Talotekniikka Oy:n vertailukohteessa käyttämä musta hiiliteräsputki. Mustan hiiliteräsputken ja osien yhteishinta on 7 588 €, joka on 13 446 € vertailun toiseksi halvimman sähkösinkityn hiiliteräsputken materiaaleja halvempi. Vertailun kolmanneksi halvin materiaali oli kupari hinnaltaan 37 943 € ja kallein on komposiitti, hintaan 40 372 €.

Tarkasteltaessa materiaalien ja osien prosentuaalista osuutta yhteistuloksesta korostuu mustalle hiiliteräsputkelle käytettyjen liitososien edullisuus. Mustan hiiliteräsputken liitososien yhteishinta on vain 1 894 €. Vertailun toiseksi hal-

vimman putken liitososien kokonaishinta oli 14 320 €, joka on sähkösinkityllä hiiliteräsputkella. Kupariputken liitososien kokonaishinta oli 19 684 €. Vertailun kalleimmat osat olivat komposiitilla, hintaan 27 681 €, joka osoittaa komposiitin kannattamattomuuden tämän kaltaisissa kohteissa. Erityisesti isojen T-haarojen ja kulmien hinta on komposiitilla moninkertaisesti vertailtavia materiaaleja kalliimpi. Pelkkiä putkia vertailtaessa eivät mustan ja sähkösinkityn hiiliteräsputken hinnat poikenneet suuresti toisistaan, sillä eroa putkien yhteishinnassa oli noin 1 000 €. Materiaalien tulokset osoittavat, että ratkaisevin tekijä materiaalien kustannusvertailussa oli putkien liitososien hinta.

Kokonaiskustannusten lisäksi laskettiin myös materiaalin asennusmenetelmästä aiheutuva materiaalihukka (taulukko 5). Materiaalihukka on laskettu yrityksen kokemukseen perustuvan arvion perusteella, mikä on 5 % kaikille mustan hiiliteräsputken ja 3 % kaikille puristusliitosmenetelmällä asennettaville putkille. (2.) Materiaalihukan laskutapa on esitetty kaavassa 3.

TAULUKKO 5. Materiaalihukka yhteensä

<i>PUTKIMATERIAALI</i>	<i>MATERIAALIHUKKA</i>
<i>Musta hiiliteräs</i>	<i>284 €</i>
<i>Sähkösinkitty hiiliteräs</i>	<i>201 €</i>
<i>Komposiitti</i>	<i>381 €</i>
<i>Kupari</i>	<i>547 €</i>

Materiaalihukka yhteensä = $L * h * nh$

L = putken pituus (m)

h = hukka (%)

nh = materiaalin nettohinta (€/m)

Materiaalihukka vertailtavien putkien välillä oli tämänkaltaisessa kohteessa kohtalaisen vähäinen. Vähiten materiaalihukan aiheuttamia kustannuksia oli sähkösinkityllä hiiliteräspankella, jolla hukkaan menneen materiaalin hinta oli 201 €. Eroa mustan ja sähkösinkityn hiiliteräspanken välillä oli vain 83 €. Eniten materiaalihukan aiheuttamia kustannuksia muodostui kupariputkella, mikä johtui putken kalliista metrihinnasta. Koska materiaalihukka laskettiin yrityksen kokemuksen perustuvan arvion avulla, saattaa tuloksissa ilmetä vaihtelua kohteiden välillä, eikä tuloksista voida vetää kovin vahvoja johtopäätöksiä.

6.2 Työ

Seuraavassa on esitetty työlle lasketut tulokset kahtena kokonaisuutena. Taulukossa 6 esitetään työn kokonaiskustannukset työehtosopimuksen määrittämän suoran urakkasumman mukaisesti. Taulukossa on esitetty myös materiaalien työlle lasketut normituntiajat. Työstä aiheutuvat yhteiskustannukset ovat nettohintoja.

TAULUKKO 6. Työn urakkasumma yhteensä

<i>PUTKIMATERIAALI</i>	<i>NORMITUNTIAJAT</i>	<i>HINTA</i>
<i>Sähkösinkitty hiiliteräs</i>	<i>965,53 NH</i>	<i>16 621 €</i>
<i>Kupari</i>	<i>973,43 NH</i>	<i>16 757 €</i>
<i>Komposiitti</i>	<i>986,74 NH</i>	<i>16 986 €</i>
<i>Musta hiiliteräs</i>	<i>1 347,52 NH</i>	<i>23 197 €</i>

Asennuksesta lasketun työn urakkasumman perusteella voidaan osoittaa, että mustan hiiliteräsputken asennettavuus on vertailtavia putkia hitaampaa, sillä normituntimäärien ero sähkösinkityn hiiliteräksen työn osuuteen on noin 382 normituntia, joka on rahaksi muutettuna 6 576 €. Mustan hiiliteräsputken normituntiaikojen kasvu ilmenee sekä konehuoneasennuksena, että muualle asennettuna ja on noin 25 % vertailtavia putkia suurempi. Puristusmenetelmällä asennettavien putkien normituntimäärät olivat kohtalaisen lähellä toisiaan, sillä hintaeroa halvimmaksi tulleen sähkösinkityn hiiliteräksen ja kalleimmaksi tulleen komposiitin välillä on vain 365 €.

Seuraavassa on esitetty yritykselle työntekijöistä koituvien sosiaalikulujen osuus yhteiskustannuksista (taulukko 7). Osuuksien selvittämiseksi on urakkasumma ja sosiaalikulut jaettu erillisiksi sarakkeiksi. Sosiaalikuluihin sisältyvät myös työntekijöille maksettavat ruokarahat.

TAULUKKO 7. Työn urakkasumma ja sosiaalikulut yhteensä

<i>PUTKIMATERIAALI</i>	<i>TYÖ</i>	<i>SOSIAALIKULUT</i>	<i>HINTA</i>
<i>Sähkösinkitty hiiliteräs</i>	16 621 €	15 567 €	33 863 €
<i>Kupari</i>	16 757 €	15 735 €	34 184 €
<i>Komposiitti</i>	16 986 €	15 903 €	34 599 €
<i>Musta hiiliteräs</i>	23 197 €	21 761 €	47 298 €

Kun huomioidaan sosiaalikulujen osuus työstä aiheutuvan urakkasumman lisäksi, voidaan havaita asennusmenetelmän nopeuden vaikutus yhteiskustannuksiin. Tulosten halvimmaksi materiaaliksi laskettiin sähkösinkitty hiiliteräsputki hintaan 33 863 €. Vertailun toiseksi halvimpana on kupari hintaan 34 184 € ja kolmantena komposiitti hintaan 34 599 €. Pieni ero puristusmenetelmällä asennettavien putkien välillä johtui niiden normituntiaikojen pienestä erosta. Ero vertailun neljänneksi tulleen mustan hiiliteräsputken ja ensimmäiseksi tulleen sähkösinkityn hiiliteräsputken välillä on merkittävä, sillä eroa materiaalien välillä oli jopa 27–28 %, joka on rahaksi muutettuna jopa 13 400 €. Mustan hiiliteräsputken yhteishinta nousi työpäivien suuresta määrästä johtuen jopa 47 298 €. Miestyöpäivien määrät on esitetty aiemmin taulukossa 3.

6.3 Yhteiskustannukset

Yhteiskustannuksissa laskettiin materiaalin ja työn kokonaiskustannukset urakkasumman mukaisesti (taulukko 8). Urakkasumma määrittelee tilaajalle tarjoaman työn hinnan ja on siksi tärkeässä asemassa yrityksen tarjoamien urakoiden kannalta.

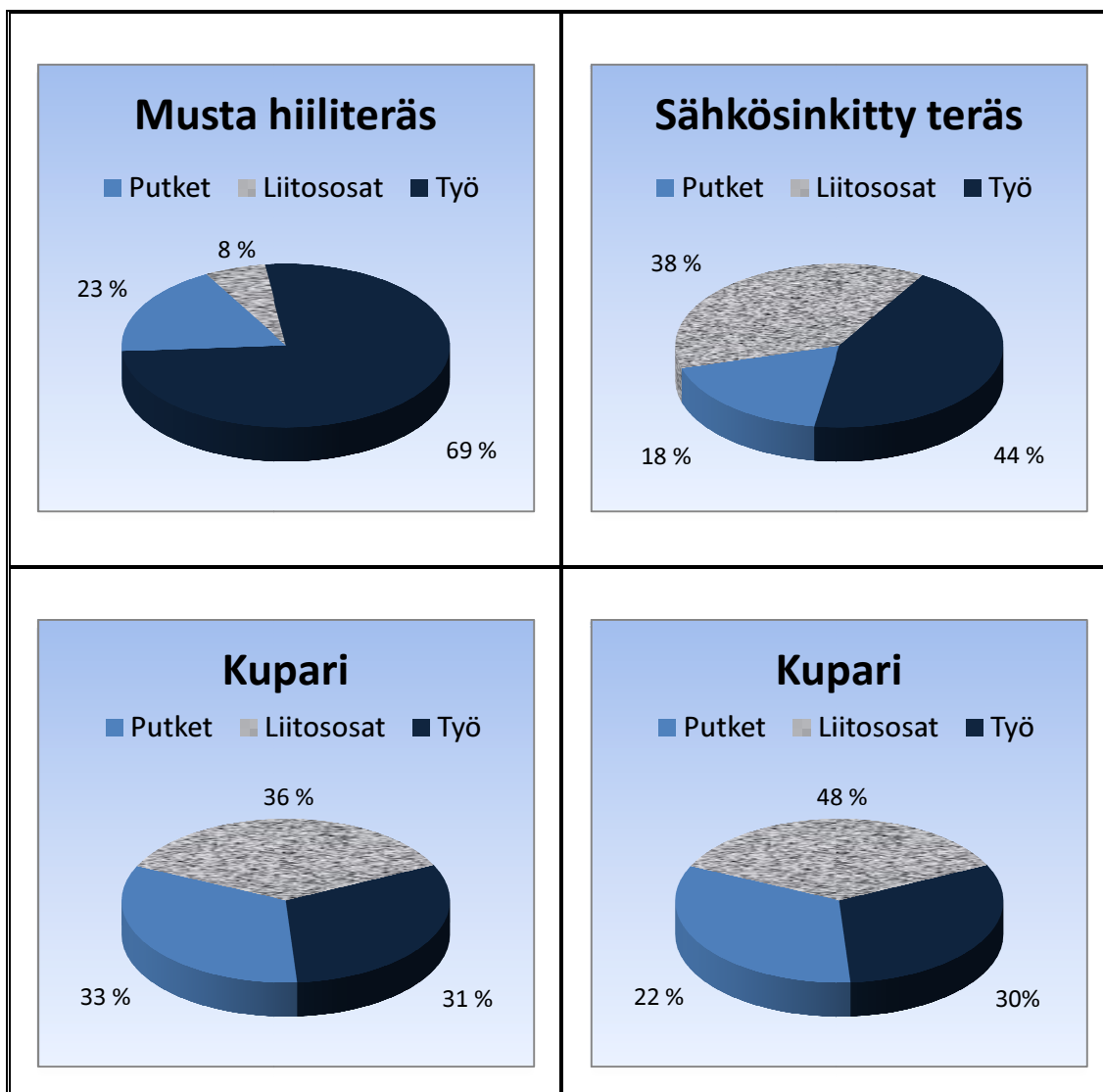
TAULUKKO 8. Urakkasumman yhteiskustannukset

<i>PUTKIMATERIAALI</i>	<i>TYÖ</i>	<i>MATERIAALI</i>	<i>YHTEENSÄ</i>
<i>Musta hiiliteräs</i>	<i>23 197 €</i>	<i>7 587 €</i>	<i>30 784 €</i>
<i>Sähkösinkitty hiiliteräs</i>	<i>16 621 €</i>	<i>21 034 €</i>	<i>37 655 €</i>
<i>Kupari</i>	<i>16 757 €</i>	<i>37 943 €</i>	<i>54 700 €</i>
<i>Komposiitti</i>	<i>16 986 €</i>	<i>40 372 €</i>	<i>57 358 €</i>

Urakkasumman mukaan laskettujen yhteiskustannusten halvimaksi putkeksi muodostui musta hiiliteräsputki, jonka kokonaishinta oli 30 784 €. Työn toiseksi halvimmat kokonaiskustannukset olivat sähkösinkityllä hiiliteräsputkella hintaan 37 655 €, joka oli noin 6 900 € mustaa hiiliteräsputkea kalliimpi. Työn kalleimmiksi putkiksi laskettiin kupari hintaan 54 700 € ja komposiitti hintaan 57 358 €.

Yhteiskustannusten ennakkokäsityksenä oli, että sähkösinkityn hiiliteräsputken kohtalaisen halpa metrihinta ja nopea työmenetelmä olisivat laskeneet putken yhteishintaa vertailtavia putkia halvemmaksi. Mustaa hiiliteräsputkea käytettäessä ilmeni kuitenkin liitososien hinta huomattavasti saatuja ennakkokäsityksiä halvemmaksi.

TAULUKKO 9. Putkien, liitososien ja työn prosentuaaliset osuudet urakkasummasta



Koska putkien metrimäärät kohteessa olivat samat, voidaan taulukosta 9 havaita asennusmenetelmien eroavaisuus. Erityisesti mustan hiiliteräs- ja sähkösinkitty hiiliteräsputken ero asennusmenetelmien välillä on merkittävä, koska materiaalien metrihintojen keskiarvot ovat kohtalaisen lähellä toisiaan (taulukko 2).

Urakkasumman lisäksi laskettiin tulokset myös yhteishintana, johon sisältyvät urakkasumma, työstä aiheutuvat sosiaalikulut ja materiaalihukka (taulukko 10). Sosiaalikulujen sisältö ja materiaalihukka on esitetty aiemmin kohdassa 4.3.1 ja 4.2.2.

TAULUKKO 10. Yhteiskustannukset urakkasumman mukaan, mihin on lisäksi laskettu sosiaalikulusta ja materiaalihukasta koituvat kulut

<i>PUTKIMATERIAALI</i>	<i>TYÖ JA SOS.KULUT</i>	<i>MATERIAALI JA MATERIAALIHUKKA</i>	<i>YHTEENSÄ</i>
<i>Sähkösinkitty hiiliteräs</i>	<i>33 863 €</i>	<i>21 235 €</i>	<i>55 098 €</i>
<i>Musta hiiliteräs</i>	<i>47 298 €</i>	<i>7 871 €</i>	<i>55 169 €</i>
<i>Kupari</i>	<i>34 184 €</i>	<i>38 490 €</i>	<i>72 674 €</i>
<i>Komposiitti</i>	<i>34 599 €</i>	<i>40 753 €</i>	<i>75 352 €</i>

Työ, materiaali, materiaalihukka sekä sosiaalikulut sisältävät lähes kaikki yritykselle urakasta koituvat kulut. Edellä mainittujen kulujen avulla yritys laskee urakan kannattavuuden sekä kustannustehokkuuden. Kokonaiskustannusten halvimpana on sähkösinkitty hiiliteräsputki hintaan 55 098 €. Vertailun toiseksi halvin oli musta hiiliteräs, jonka hinta oli vain 70 € sähkösinkittyä hiiliteräsputkea kalliimpi. Vertailun kalleimmat kustannukset olivat kuparilla hintaan 75 876 € ja komposiitilla hintaan 78 368 €. Edellä mainittujen kustannusten prosentuaaliset osuudet kokonaiskustannuksista on esitetty liitteessä 3.

6.4 Mustan- ja sähkösinkityn hiiliteräsputken yhteisjärjestelmä

Koska vertailtavien putkimateriaalien käyttö samassa lämmitysputkistojärjestelmässä on mahdollista, on seuraavassa laskettu tulokset järjestelmälle, jossa käytetään mustaa ja sähkösinkittyä hiiliteräsputkea. Materiaalit kahden mene-

telmän välillä on rajattu siten, että konehuoneeseen asennetut putket ja liitososat on valmistettu mustasta hiiliteräksestä, kun taas konehuoneen ulkopuolinen järjestelmä on asennettu sähkösinkitystä hiiliteräksestä valmistetusta putkesta ja osista.

Kahden materiaalin järjestelmässä konehuoneen putket asennetaan hitsausliitoksiin, mikä mahdollistaa osien liittämisen yhteen pienellä määrällä liitososia. Konehuoneen ulkopuoliset putket asennetaan puristusliitosmenetelmällä, joka mahdollistaa asennuksen hitsaus- ja kierteitysmenetelmää nopeammin. Edellä mainittujen menetelmien yhdistelmä mahdollistaisi kahden asennusmenetelmän parhaimpien ominaisuuksien hyödyntämisen, jolloin myös kustannusten huipukohtia voitaisiin pienentää.

Kustannuksia kahden materiaalin järjestelmälle esitettäessä on tulokset esitetty molemmille materiaaleille erillisinä osuuksina. Kahden materiaalin järjestelmän kustannuksiin ei ole lisätty asennuksesta koituvia muita kuluja. (Taulukko 9.)

TAULUKKO 9. Kustannukset mustan- ja sähkösinkityn hiiliteräsputken yhdistetylle järjestelmälle

<i>PUTKIMATERIAALI</i>	<i>TYÖ</i>	<i>MATERIAALI</i>	<i>YHTEENSÄ</i>
<i>Musta hiiliteräs</i>	<i>2 923 €</i>	<i>1 526 €</i>	<i>4 449 €</i>
<i>Sähkösinkitty hiiliteräs</i>	<i>14 792 €</i>	<i>13 865 €</i>	<i>28 657 €</i>
<i>Yhteensä</i>	<i>17 715 €</i>	<i>15 391 €</i>	<i>33 106 €</i>

Kahden materiaalin järjestelmässä, jossa on käytetty mustaa hiiliteräsputkea sekä sähkösinkittyä hiiliteräsputkea, laskettiin urakkasummaksi 33 106 €. Jos edellä mainittua tulosta verrataan kustannusvertailun halvimmaksi lasketun mustan hiiliteräsputken järjestelmään (taulukko 8), on ero järjestelmien välillä

noin 2 300 € mustan hiilliteräspuutken hyväksi. Kahden materiaalin järjestelmässä tulokset ilmoitettiin ainoastaan urakkahinnan muodostamana kokonaishintana, sillä muiden kulujen osuutta olisi tämän kaltaisessa järjestelmässä vaikea arvioida.

7 POHDINTA

Tavoitteena oli selvittää lämmitysputkiston asennuksesta syntyvät kustannuserot neljän putkimateriaalin välillä sekä esittää näiden materiaalien hyviä ja huonoja puolia. Tärkein tavoite oli selvittää, kannattaako yrityksen siirtyä käyttämään vaihtoehtoista asennusmenetelmää tulevissa lämmitysputkistourakoissa sekä oppia ymmärtämään urakasta muodostuvat kustannusten huippukohdat putkimateriaalien välillä.

Työssä tarkasteltiin materiaalien ominaisuuksia, asennusta ja liitosmenetelmiä sekä niille ominaisia piirteitä. Materiaaleista ja liitosmenetelmistä löytyi monipuolisesti tietoa eri valmistajien internetsivuilta, mikä myös osaltaan vaikeutti työn tekemistä, sillä valmistajien lupaukset omille tuotteilleen poikkeavat toisistaan.

Kustannusvertailun lähtökohtana oli juuri valmistuneen koulurakennuksen saneeraus- ja laajennusurakka. Yrityksellä oli tiedossa urakasta muodostuneet todelliset kustannukset, joihin vertailtavien putkimateriaalien kokonaiskustannuksia verrattiin. Kustannukset vertailtaville putkille muodostettiin materiaaliluettelon, lämmityssuunnitelmien ja kytkentäkaavioiden perusteella. Laskettujen materiaalmäärien muuntaminen todellisten kustannusten kaltaiseksi oli haastavaa, mikä johtui urakassa käytettyjen materiaalien suuresta määrästä ja materiaaliluettelon vaikeasta luettavuudesta. Kun putkimäärät ja osat oli laskettu, saatiin tulokset yrityksen SAB-laskentaohjelman avulla.

Tulokset on esitetty taulukoissa, joista voidaan havaita kustannusten muodostuminen osa-alueittain. Yhteistulokset on laskettu myös yritykselle koituvien kokonaiskustannusten kannalta, jolloin tuloksiin on huomioitu myös mm. työntekijöistä maksettavat sosiaalikulut.

Tulokset eivät vastanneet saatuja ennakkokäsityksiä, sillä vertailtavien putkimateriaalien urakkasumman mukaiset kokonaiskustannukset osoittautuivat käytössä olevaa menetelmää kalliimmaksi. Koska tulokset jäivät vertailtavien

putkien osalta kalliimmiksi, laskettiin ne myöhemmin järjestelmästä, jossa samaan lämmitysjärjestelmään käytettäisiin kahta eri putkimateriaalia.

Kustannukset kahden materiaalin järjestelmällä eivät kuitenkaan saavuttaneet toivottua tasoa ja yhdistelmä sijoittui vertailun toiseksi heti mustan hiiliteräsputken jälkeen. Vaikka kahden materiaalin järjestelmä ei laskennallisesti yltänyt vertailun kärkeen, saattaisi asia käytännössä poiketa lasketuista tuloksista, sillä yhdistelmällä voitaisiin hyödyntää tilanteisiin parhaiten sopivia työmenetelmiä.

Vertailtaessa on tärkeä ymmärtää, että tulokset eivät välttämättä tosielämässä päde. Tuloksiin, joissa on laskettu yhteen urakkahinta ja sosiaalikulut, voidaan uskoa varauksella, sillä asentajien todellista asennusnopeutta ei voida varmasti tietää. Työskentelynopeudet voivat vaihdella hyvinkin paljon, jolloin myös työpäivien määrä olisi eri. Asennusmenetelmien nopeuseroista ei ole kerätty varmaa tietoa, ja ero menetelmien välillä saattaakin olla oletettua suurempi. Asia kaipasi lisätutkimuksia. Myös työssä laskettujen massojen määrä saattaa vaihdella tarjouslaskijan tarkkuuden mukaisesti, joten eri laskijat saattavat laskea eri määrän tarvikkeita. Tuloksista, joissa on huomioitu urakkasumma ja sosiaalikulut, voidaan kuitenkin päätellä sosiaalikulujen merkittävä osuus kokonaiskustannuksista.

Tulokset osoittavat, että toiseen asennusmenetelmään ja materiaaliin siirtymisen olisi taloudellisesti kannattavaa ainoastaan silloin, kun urakassa tarvitaan vain huomattavan vähän liitososia. Selkeää käyttötarkoitusta ei puristemenetelmälle voida kuitenkaan määrittää, sillä asennuskohteissa tarvittavien liitososien määrä vaihtelee huomattavasti kohteen koosta ja tyypistä riippuen. On kuitenkin selvää, että ilman liitososia ei järjestelmiä ole mahdollista asentaa.

Voidaan päätellä, ettei urakkahinnan laskeminen vertailtavia asennusmateriaaleja käyttäen taloudellisesti kannata, sillä tarjotun urakan kokonaishinta nousee ja saattaa vaikuttaa negatiivisesti yrityksen saamiin lämmitysputkistourakoihin jatkossa. Sosiaalikulujen osuus kokonaisurakasta on merkittävä eikä yrityksen kannata sitä jättää huomioimatta.

LÄHTEET

1. Talotekniikka. Lemminkäinen Talotekniikka Oy. Saatavissa:
<http://www.lemminkaintalotekniikka.fi/WebRoot/10005434/page.aspx?id=10005468>. Hakupäivä 20.2.2011.
2. Luostarinen, Janne 2010. Lemminkäinen talotekniikka Oy. Kokkolan toimipiste. Keskustelu 18.11.2010
3. Kirkonkylä koulu. Sievin kunta. Saatavissa:
<http://www.peda.net/veraja/sievi/kirkonkyla>. Hakupäivä 19.2.2011.
4. Koivisto, Kaarlo 1999. Konetekniikan materiaalioppi. 8. tark. painos. Helsinki: Oy Edita Ab.
5. Teräsputket. Teknologiateollisuus ry. Saatavuus:
<http://www.teknologiateollisuus.fi/> → ryhmät ja yhdistykset → Toimialayhdistykset → Metallinjalostajat ry → Teräskirja → Teräsputket. Hakupäivä 16.2.2011.
6. Pailokari, Harri 2007. Asunto-osakeyhtiömuotoisen asuinkerrostalon strategiapohjainen putkisaneeraushankkeen valmistelu ja esisuunnittelu. Helsinki: Tampereen ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. Tutkintotyö.
7. Teräsputkien muunnostaulukko. Taloon.com. Saatavissa:
http://kauppa.taloon.com/facebox/putkikokokojen_muunnostaulukko.html. Hakupäivä 26.2.2011.
8. Puristusliitinjärjestelmän asennusohje. Lyngson Oy. Saatavissa:
<http://www.lyngson.fi/pdf/Asennusohje.pdf>. Hakupäivä 9.1.2011.

9. Tunturi, Pekka 2005. Sinkki teräksen suojana. Saatavuus: <http://www.promaint.net> → Lehti → Artikkelit → artikkelit 2005 → 6/2005 → sinkki teräksen suojana. Hakupäivä 25.11.2010.
10. Seppala, Kati. Geberit Oy. Re: Mapress hiiliteräsputki standardi. Sähköpositiivisesti. Vastaanottaja: Ilkka Mäkelä. 8.12.2010.
11. VSH Press-sähkösinkitty putki. Broen Finland. Saatavuus: <http://broen.fi/> → Lämmitys → Putkiasennukset → Puristusjärjestelmät → VSH Press- Sähkösinkitty putki. Hakupäivä 9.1.2011.
12. Uponor komposiittiputkisto. Okun putkityö Oy. Saatavuus: <http://www.okunputkityo.fi/tuotteet/komposiittiputkisto/>. Hakupäivä 9.1.2011.
13. Komposiittijärjestelmä käsikirja. Uponor Oy. Saatavuus: <http://www.uponor.fi/Ratkaisut/Talotekniikka/Komposiitti/Suunnittelu.aspx> → Komposiittikäsikirja. Hakupäivä 9.1.2011.
14. Kupari. Scandinavian Copper Development Association. Saatavuus: <http://www.scda.com/kupari/kupari.html>. Hakupäivä 9.1.2011.
15. Kupariputket. Cupori Oy. Saatavuus: <http://www.rakennustieto.fi/tarviketieto/> → RT tuotekortit → RT 37769. Hakupäivä 2.11.2010.
16. Kuparimateriaalin ja kupariputkien ominaisuudet eri lämpötiloissa. Scandinavian Copper Development Association. Saatavuus: <http://www.kupari.com/> → LVI-suunnittelu → Kupariputket tietokortit → Kuparin ominaisuudet eri lämpötiloissa. Hakupäivä 2.11.2010.
17. Korroosio. Wikispaces. Saatavuus: <http://talotekniikka.wikispaces.com/> → Korroosio. Hakupäivä: 9.1.2011.
18. Pohjola Oy riskienhallinta. 1998. Tulityöt opas. Helsinki: Pohjola-Yhtymä Vakuutus Oy.

19. Hitsausmenetelmät. Esab Oy. Saatavuus: <http://www.esab.fi> → Hitsaustietoa → Hitsausmenetelmät. Hakupäivä 1.3.2011.

20. Hirvonen, Esko 1983. Kone- ja metallialan perusoppi 6. Helsinki: Otava Oy.

21. Inertit kaasut. AGA Oy. Saatavuus: <http://www.aga.fi/> → Turvallisuus ja terveys → Kaasujen käyttöön liittyvät riskit → Inertit kaasut . Hakupäivä: 9.12.2010.

22. LVI-alan, talotekniikan perustutkinnon työturvallisuusopas. Opetushallitus. Saatavuus: <http://sedu.fi/tyoturvallisuus/pdf/lviala.pdf>. Hakupäivä 11.12.2010.

23. Model 1822-1 Threading Machine. Ridgid Oy. Saatavuus: <http://www.ridgid.com/Tools/1822-I-Threading-Machine>. Hakupäivä 9.1.2011.

24. Puristusliittimet. Tekniset tiedot ja asennusohjeet. Sanha. Saatavuus: http://www.callidus.fi/doc/puristusosat/Puristusliittimet_tekniset_tiedot.pdf. Hakupäivä 9.1.2011.

25. Sunnittelu- ja asennusohje 10/2009. KWH Pipe. Saatavuus: <http://www.kwhpipe.fi/> → Tuotteet ja palvelut → Kiinteistöjen paineputkistot → Wehopress → Wehopress käsikirja. Hakupäivä 15.12.2010.

26. Talotekniikka-alan LVI-toimialan työehtosopimus 2010–2012. Sastamala: LVI–Tekniset Urakoitsijat LVI-TU ry ja Rakennusliitto ry.

PROSENTUAALISET OSUUDET KOKONAISKUSTANNUKSISTA LIITE 1/1

TAULUKKO 1. Materiaalin, työn, ruokarahan sekä sosiaalikulujen prosentuaaliset osuudet kokonaiskustannuksista

