

Otto Vähä-Herttua

Taloteknisten putkistojen materiaalit ja liitostavat

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinööriytyö

9.4.2014

Tekijä Otsikko	Otto Vähä-Herttua Taloteknisten putkistojen materiaalit ja liitostavat
Sivumäärä Aika	37 sivua + 3 liitettä 9.4.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI, tuotantopainotteinen
Ohjaajat	lehtori Jyrki Viranko asennuspäällikkö Marko Liutu
<p>Insinööriyön tavoitteena oli ensin selvittää perustietous eri putkistomateriaaleista ja asennustavoista sekä luoda taulukot soveltuvuudesta eri taloteknisiin putkistoihin. Lisäksi tarkoitus oli luoda taulukko, josta nähdään helposti ja nopeasti eri materiaali ja liitostapojen vaihtamisesta aiheutuvat kustannukset ja säästöt. Nämä taulukot tehtiin yhdessä tilaaja Caverion Suomi Oy:n kanssa ja käyttäen heidän urakoinnissa käyttämiään hintoja ja hyväksi havaitsemiaan asennustapoja.</p> <p>Teoriaosassa käydään läpi jokainen putkistomateriaali ja liitostapa erikseen ja listataan niiden eri ominaisuuksia, sekä hieman positiivisia ja negatiivisia puolia. Osassa käsitellään myös eri järjestelmiä koskevat määräykset joiden rajoissa putkistot täytyy milläkin materiaalilla toteuttaa.</p> <p>Kustannusvertailussa vertaillaan eri järjestelmien toteutuskustannuksia kullakin putkimateriaalilla ja liitostavalla Liitteistä on nähtävissä lasketut massat ja materiaaleista sekä asennuksista aiheutuneet kustannukset. Työn lopussa on taulukot kullekin järjestelmälle, joista nähdään suuntaa-antavat kertoimet materiaali- ja liitostavan muutoksista aiheutuneista säästöistä tai kustannuksista.</p> <p>Vertailussa havaittiin, että usein edullisimmaksi ei tule enää nykyään tehdä kaikkia järjestelmiä niin sanotuilla perinteisillä liitostavoilla ja materiaaleilla. Usein perinteisillä tavoilla tehtynä materiaalit ovat halpoja, mutta asennustyö aiheuttaa sitäkin enemmän kustannuksia. Nykyään työ on kuitenkin Suomessa kohtalaisen kallista, joten usein kannattaa harkita myös hieman kalliimmilla osilla tehtyä, vähemmän asennustunteja vaativaa menetelmää. Vertailu toteutettiin tietenkin vain yhden rakennuksen putkistoista ja eri rakennusten taloteknisen putkistot ovat käyttötarpeidensa johdosta hyvinkin erilaisia. Täten vertailu ei tietenkään kerro absoluuttista totuutta eri asennustapojen kustannuksista, mutta sitä voidaan kuitenkin pitää erittäin hyvänä suuntaviivana.</p>	
Avainsanat	putkistomateriaalit, liitostavat, hintavertailu

Author Title Number of Pages Date	Otto Vähä-Herttua The allowed methods of connections and materials in HVAC systems in Finland 37 pages + 3 appendices 9 April 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering
Instructors	Jyrki Viranko, Senior Lecturer Marko Liutu, Assembly Manager
<p>The purpose of the thesis was to create a table where it is easy to see the allowed methods for installations, materials and their combinations in HVAC systems in Finland. The purpose was also to create a table where it is easy to see how the different kinds of materials and methods of connections in piping systems affect the contract price.</p> <p>At first research was done to establish the allowed methods of connections and materials in HVAC systems in Finland. After that the price for each method and material in the Sibelius Academy / N-building was calculated on the bases of the bill of materials. With the prices another table was created to show how different kinds of materials and methods of connections affect the contract price.</p> <p>The findings and the tables showed that the traditional materials and methods are not always the cheapest way to do the installations. When the installations are made by the traditional way the costs of materials are often cheap but the costs of installation are expensive. Because of the high price of labor, it is often useful to also consider the new and faster ways to do the installations even if the material were more expensive.</p> <p>With the tables of the thesis the subscriber can easily check the allowed and cheapest method to do the installations and they can also easily see the effect on the contract price.</p>	
Keywords	HVAC systems, building service systems, price comparison

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Järjestelmät	2
2.1	Käyttövesiverkosto	2
2.2	Viemäriverkosto	3
2.2.1	Jätevesiverkosto	3
2.2.2	Sadevesi	4
2.3	Lämmitysjärjestelmät	5
2.4	Jäähdytysjärjestelmät	6
2.5	Paineilma	6
2.6	Höyryverkosto	7
2.7	Yhteenveto	8
3	Materiaalit	9
3.1	Kupari	9
3.2	Rst eli ruostumaton teräs	9
3.3	Musta putki eli teräsputki	10
3.4	Komposiitti eli monikerrosmuoviputki	11
3.5	PEM ja PEH	11
3.6	PEX	12
3.6.1	Käyttövesi	12
3.6.2	Lämmitys	13
3.7	Ht-viemärit	13
3.7.1	PP	13
3.7.2	PVC	14
3.8	Valurauta	14
4	Asennus- ja liitostavat	16
4.1	Juottaminen	16
4.2	Puristusliitos teräs- ja kupariputkille	16
4.3	Puristusliitos komposiitille	18
4.4	Hitsaaminen	19
4.4.1	Puikkohitsaus	19

4.4.2	Kaasuhitsaus	20
4.4.3	TIG-hitsaus	21
4.5	Kierreliitos teräsputkille	22
4.6	Muhviliitos	23
4.7	Muoviputken sähkömuhvihitsaus	24
4.8	Pantaliitos	25
4.9	Laippaliitos	26
4.10	Yhteensoveltuvuus	27
5	Asennustavat eri järjestelmissä	27
6	Hintavertailu	27
6.1	Jätevesiverkosto	28
6.2	Sadevesiverkosto	29
6.3	Lämmitysverkosto	30
6.4	Jäähdytysverkosto	31
6.5	Käyttövesiverkosto	33
7	Yhteenveto	34
	Lähteet	35
	Liitteet	
	Liite 1. Liitostapojen ja putkistojen soveltuvuustaulukko	
	Liite 2. Materiaalien ja asennustapojen soveltuvuustaulukko	
	Liite 3. Vertailuissa käytettävät massat ja laskutoimitukset	

Lyhenteet

Cu	kupari
Hst	haponkestävä teräs
PEH	kova polyeteeni, korkeatiheyksinen polyeteeni
PEL	matalatiheyksinen polyeteeni
PEM	keskikova polyeteeni
PEX	ristisilloitettu polyeteeni
PP	polypropeeni
PVC	polyvinyylikloridi
Rst	ruostumaton teräs
TalotekniikkaRYL	Talotekniikan rakentamisen yleiset rakennusvaatimukset. 2002

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä vertaillaan erilaisia putkimateriaaleja sekä liitostapoja toisiinsa ja pyritään löytämään niistä kokonaisuudessaan edullisin vaihtoehto rakennuksen eri taloteknisten putkistojen toteuttamiseen. Yleensä LVI-suunnitelmissa on aina valittu yksi putkimateriaali ja järjestelmä, jolla verkosto on alun perin tarkoitus toteuttaa. Kuitenkin näille on aina vaihtoehtoja, jotka ovat vähintään yhtä hyviä kuin suunniteltu ja mahdollisesti jopa halvempia toteuttaa.

Työssä on ensin kerrottu hieman eri järjestelmistä ja siitä mitä vaatimuksia rakentamismääräyskokoelmat ja TalotekniikkaRYL (talotekniikan rakentamisen yleiset rakentamiskaavat) näille järjestelmille asettavat. Sen jälkeen käydään kaikki sallitut putkimateriaalit sekä liitostavat läpi ja tuodaan niistä eri lähteistä saadut ominaisuudet sekä positiiviset ja negatiiviset asiat esille. Kun materiaaleista ja liitostavoista on perustiedot käsitelty, on näistä tehty taulukoita, joista nähdään niiden soveltuvuus keskenään sekä soveltuvat materiaalien ja liitostapojen yhdistelmät eri järjestelmien toteutuksena.

Insinööriyössä on käsitelty myös eri materiaalien ja liitostapojen kustannusvaikutuksia järjestelmän kokonaiskustannuksiin. Esimerkkirakennuksena on käytetty Sibelius-Akatemian N-rakennuksen eri kerrosten putkiverkostoja ja näistä on laskettu massat eri verkostoille.

Jotta eri järjestelmien hintojen vertaaminen olisi mahdollisimman helppoa, on insinööriyön lopussa taulukoita jokaisesta järjestelmästä erikseen. Niistä on mahdollista kertoimen avulla laskea, kuinka paljon eri materiaalin tai liitostavan vaihtaminen toiseen vaikuttaa urakan kokonaishintaan. Kertoimet eivät tietenkään anna absoluuttista totuutta eri materiaalien tai liitostapojen vaihtamisesta aiheutuvista kustannusvaikutuksista, koska jokainen kohde on erilainen, mutta niistä saadaan kuitenkin jonkinlainen faktoihin perustuva kerroin, jota voidaan käyttää suunnan näyttäjänä kustannusten muutoksissa. Tähän taulukkoon on valittu materiaalit ja liitostavat, jotka ovat yleisimmin käytössä työn tilaajalla, joten kaikkia eri määräysten antamia mahdollisuuksia ei taulukoissa välttämättä ole.

Insinööriyön tilaajana toimi Caverion Suomi Oy:n liike- ja toimitilayksikkö. Caverion Suomi Oy on Suomessa toimialan johtava toimija, ja sen emoyhtiö on Caverion Oyj.

Emoyhtiö Caverion Oyj:llä on toimintaa kahdessatoista Euroopan maassa ja sen lisäksi vahva jalansija Venäjällä. Henkilöstöä yrityksellä on Suomessa n. 5000 henkilöä ja kokonaisuudessaan koko konsernissa n. 18 000 henkilöä. [27.]

2 Järjestelmät

2.1 Käyttövesiverkosto

Käyttövesiverkostolla tarkoitetaan tässä yhteydessä kiinteistössä sijaitsevia lämpimän ja kylmän käyttöveden putkistoja sekä lämpimän veden kiertoputkistoja.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D1 otetaan kantaa muun muassa verkoston materiaalien käyttöturvallisuuteen ajan kuluessa ja siihen, ettei materiaaleista irtoa tai liukene suuria määriä terveydelle haitallisia tai vaarallisia aineita. [1, s. 7]

Putkimateriaali ¹⁾	Liitos ¹⁾	Huomautus
Metalli		
– kupari	Juotos, puristus	Suositus veden happamuudelle: 7,5 °dH ≤ pH ≤ 9,0 °dH Mitat <i>taulukossa 4</i> , juotostavat <i>taulukossa 5</i>
– ruostumaton teräs	Hitsaus, kierre, puristus	EN 1.4401, AISI 316
Muovi		
– PEM, PEH	Puristus, hitsaus, laippa	Muoviputkien ja monikerrosmuovi- putkien
– PEX	Puristus	nimellisipaine vähintään PN 10
– PP	Puristus, hitsaus	Hitsausliitokset (PEM, PEH, PP)
– monikerrosmuoviputket	Puristus ²⁾	valmistajan ohjeiden mukaisesti.

¹⁾ Putkimateriaalien ja puristusliittimien tulee olla laadultaan testattuja ja tarkastettuja. Riippuen liittintyyppistä puristusliittimissä on tiivisteenä metalli- tai kumirengas, asennus valmistajan ohjeiden mukaisesti,

²⁾ Liittäminen vain putkivalmistajan liittimillä.

Kuva 1. Käyttövesiverkostossa hyväksytyt putkimateriaalit ja liitostavat [3, s. 7]

LVI-ohjekortin LVI 20-10348 taulukossa 3 on esitetty käyttövesiverkostossa hyväksytyt putkimateriaalit. Suomessa hyväksytyjä käyttövesiverkoston putkimateriaaleja ovat seuraavat: kupari, ruostumaton teräs, PEM, PEH, PEX, PP ja monikerrosmuoviputki eli komposiitti. (Kuva 1.)

2.2 Viemäriverkosto

Rakennuksissa on kaksi viemäriverkostoa. Toiseen kuuluvat kiinteistön sisällä syntyvät harmaat ja ruskeat jätevedet, kuten vessan viemärivedet, ja toiseen kuuluvat kiinteistön ulkopuolelta tulevat sade- ja pohjavedet.

2.2.1 Jätevesiverkosto

Jätevesiverkostolla tarkoitetaan verkostoa, johon johdetaan kiinteistön sisältä tulevat harmaat ja ruskeat jätevedet.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D1 ottaa viemäriverkostojen laadun ja materiaalien osalta kantaa, ehkä jopa hieman ympärilyöreästi määräyksessä 4.5.3, jossa sanotaan seuraavasti:

Jätevesilaitteisto on tehtävä sellaisesta materiaalista ja sellaisin liitoksin, että varmistetaan sen riittävä kestävyys ja toimintavarmuus suunnitellun käyttöiän aikana. Jätevesilaitteisto liitoksineen on tehtävä tiiviiksi. [1, s. 24.]

Tämän lisäksi määräyskokoelmassa D1 on liite 5, jossa on listattu lista Suomessa yleisimmin käytetyistä viemärimateriaaleista ja niiden soveltuvuudesta eri tarkoituksiin. [1, s. 53.]

TalotekniikkaRYL ottaa kantaa jätevesiviemäriin kohdassa G2610. Vaatimus määrittää, että jäteviemäreiden ja niiden liitosten täytyy olla kaasutiiviitä, sekä kestää mahdollisen padotuksen aiheuttamat voimat. RYL:ssä on myös viittaus LVI-korttiin LVI 20-10348, jossa on sama taulukko yleisimmin käytetyistä viemärimateriaaleista kuin rakentamismääräyskokoelman osan D1 liitteen 5. [2, s. 119; 3, s. 8.]

Nimelliskoko DN	Nimellinen ulkohalkaisija x d _n x e mm x mm	vähimmäisseinämänpaksuus						
		PP B/BD ¹⁾	PP Miner.vahv. ²⁾	PVC-U B/BD ¹⁾	PE B/BD ¹⁾	PEH ³⁾	Valurauta	Ruostumaton teräs ⁴⁾
32	32 x 1,8/1,8	–	–	–	32 x 3,0/3,0	–	–	–
40	40 x 1,8/1,8	–	–	–	40 x 3,0/3,0	–	–	–
50	50 x 1,8/1,8	58 x 4,0	–	–	50 x 3,0/3,0	–	58 x 3,5	50 x 1,0
70	75 x 1,9/2,3	78 x 4,5	–	75 x 3,0/3,0	75 x 3,0/3,0	75 x 4,5	75 x 3,5	75 x 1,0
100	110 x 2,7/3,4	110 x 5,3	–	110 x 3,2/3,2	110 x 3,4/4,2	110 x 6,6	110 x 3,5	110 x 1,0
(125)	125 x 3,1/3,9	135 x 5,3	–	125 x 3,2/3,2	125 x 3,9/4,8	125 x 7,4	125 x 3,9	–
150	160 x 3,9/4,9	160 x 5,3	–	160 x 3,2/4,0	160 x 4,9/6,2	160 x 9,5	160 x 4,0	160 x 1,5
200	200 x 4,9/6,2	–	–	200 x 3,9/4,9	200 x 6,2/7,7	200 x 11,9	200 x 5,0	–

¹⁾ Käyttöalueita B ja BD vastaavat vähimmäisseinämänpaksuudet.

Käyttöalue B: käyttö vain rakennuksen sisällä pohjalaatan yläpuolella.

Käyttöalue BD: käyttö rakennuksen sisällä ja maahan asennettuina kiinteistön alueella (kevyt liikenne).

Putkien ja putkikyhteiden merkinnöissä mm. käyttöalueen tunnus ja putkissa merkintä kelpoisuudesta kylmään ilmastoon: * (jääkide), standardin numero.

²⁾ Mineraalivahvisteinen polypropeeni, käyttö kerrostalojen kytkentä- ja kokoojaviemäreinä.

³⁾ Esimerkki paineviemäriputkesta, paineluokka PN 6, paineluokan valinta nostokorkeuden, painevaihteluiden ja ulkoisen kuormituksen perusteella.

⁴⁾ Ruostumaton teräs AISI 304 (rakennuksessa) tai AISI 316 (rakennuksessa ja maassa).

Kuva 2. Yleisimmät kiinteistöviemärien putkimateriaalit ja nimelliskoot [3, s. 8]

Kuvan 2 mukaan yleisimmin käytettyjä viemärimateriaaleja, ja täten hyväksytyjä, ovat PP, PVC, PE, PEH, valurauta ja ruostumaton teräs eli rst.

2.2.2 Sadevesiverkosto

Sadevesiverkostolla tarkoitetaan verkostoa, jossa kulkee kiinteistön ulkopuolelta kerättyä sadevettä. Sadevesiverkostoon ei kuitenkaan kuulu rakennuksen ulkopuoliset sadevesiviemärit kuten muun muassa syöksytorvet.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D1 ottaa kantaa putkistoissa käytettäviin materiaaleihin lähes samoin lausein kuin jätevesiviemäreihin, joten niitä koskevat materiaalien osalta samat määräykset. TalotekniikkaRYL kuitenkin ottaa kantaa myös erikseen sadevesiviemäreihin ja niiden liitoksiin kohdassa G2620. [2, s. 121.] Vaatimuksessa G2620 on mainittu, että sadevesiviemäreiden on kestettävä padotuksen ja vesi-iskujen aiheuttamat räsitukset. Sadevesiviemärien liitoksista mainitaan myös seuraavaa:

Sadevesiviemärit liitetään toisiinsa muhveilla tai pannoilla, joissa on kumitiiviste. Haaroitukset tehdään tehdasosilla ja kumitiivistein. PE/PP/PVDF-putket liitetään hitsausliitoksiin. Rakennuksen ulkopuolisten näkyvien sadevesiviemärien liitosta pa saa poiketa näistä vaatimuksista. [2, s. 121.]

Sadevesiviemäreitä koskevat myös samat taulukon 1 materiaaliesimerkit kuin jäteveettä. Täten siis yleisimmät sadevesiverkoston materiaalit ovat viemäriverkoston kanssa samat eli PP, PVC, PE, PEH, valurauta ja ruostumaton teräs.

2.3 Lämmitysverkosto

Lämmitysverkoston putkistolla tarkoitetaan putkistoa, jota käytetään kuljettamaan lämpöä välittävä aine, yleisimmin vesi, lämmönlähteeltä lämmönluovutuslaitteelle. Erilaisia lämmitysjärjestelmiä ovat muun muassa radiaattorilämmitys, lattialämmitys ja katto-
lämmitys.

Suomen rakentamismääräyskokoelmissa ei ole erillismainintaa lämmitykseen käytettävistä putkistoista tai niiden materiaaleista. Lämmitykseen käytettävien putkistojen materiaalien ja liitostapojen osalta TalotekniikkaRYL:ssä viitataan LVI-korttiin numero 20-10348. Kortti käsittelee kokonaisuudessaan lämmitys- ja käyttövesiputkistojen hyväksytyjä asennustapoja, materiaaleja sekä liitostapoja. [2, s. 81.]

LVI-kortissa 20-10348 taulukossa 2 on esitetty lämmitysverkostossa hyväksytyt putkimateriaalit, liitostavat sekä käyttöalueet. (Kuva 3.) [3, s. 2.]

Putkimateriaali	Liitostapa	Tavallisin käyttöalue
Teräs	Hitsausliitos	Runko- ja kytkentäjohdot, kauko- ja aluelämpöputket
	Kierreltiitos	KytKentäjohdot
	Laippaliitos	Lämmitysputket, LTO-putket
	Uraliittimet	Lämmitysputket
Ohutseinäinen teräs	Puristusliitos	Runko- ja kytkentäjohdot
Kupari	Kapillaarijuotos, puristusliitos	Runko- ja kytkentäjohdot, lattialämmitysputket
	Laippaliitos	LTO-putket
	Kovajuotos	Kauko- ja aluelämpöputket
PEL	Puristusliitos	Lumensulatusputket, matalalämpöputket
PEM	Hitsausliitos, laippaliitos	Lumensulatusputket, matalalämpöputket
PEH, PP	Hitsausliitos, kumirengasliitos, laippa- ja puristusliitos	Lumensulatusputket
PEX happidifфуusio-suojattuna	Puristusliitos	Lattialämmitysputket, lumensulatusputket, runko- ja kytkentäjohdot, aluelämpöputket
Komposiitti	Puristusliitos	Lämmitysputket

Kuva 3. Lämmitysverkostossa hyväksytyt putkimateriaalit, liitostavat ja käyttöalueet [3, s. 2]

2.4 Jäähdytysverkosto

Jäähdytysverkosto on verkosto, joka kuljettaa jäähdytetyn aineen lähtöpaikasta jäähdyttävälle laitteelle, kuten jäähdytyspalkille tai puhallinkonvektorille.

TalotekniikkaRYL:n kohdassa G1271 on vaatimus, jonka mukaan lämmöntalteenotto- sekä jäähdytysvesiputkistoissa perus- ja rakennevaatimukset ovat samat kuin lämmitysputkistoissa kohdassa G1211. [2, s. 89.] Tällöin siis jäähdytysputkiston vaatimukset ovat samat kuin lämmitysputkistoilla luvussa 2.3 Lämmitysjärjestelmät.

Työn tilaajan edustajalta saamani tiedon mukaan kuitenkin ainakin tilaajan yleisimmin käyttämät jäähdytysputkistomateriaalit ovat kupari, komposiitti, teräs ja ohutseinäinen sinkitty putki puristusliitoksin.

2.5 Paineilmaverkosto

Paineilmaverkostolla tarkoitetaan verkostoa jonka sisällä kulkee paineistettua ilmaa. Työssä käytävät määräykset eivät koske sairaaloissa käytettäviä paineilmajärjestelmiä. Näillä järjestelmillä on omat tiukemmat säännökset ja määräykset.

Paineilma on teollisuuden kalleimpia energiamuotoja. Sen ”sähköstä työhön” suhde on alle 10 %, joten paineilmanputkiston tiivys ja vuodottomuus on erittäin tärkeää jo energiansäästönkin kannalta. Paineilmaverkostoon kulkeutuu aina ylimääräisiä epäpuhtauksia, vaikka niitä yritetään mahdollisuuksien mukaan poistaa erilaisilla suodattimilla ja kuivureilla. Yleisimpiä paineilmasta poistettavia epäpuhtauksia ovat vesi, kiinteät partikkelit ja öljy. [19.]

Jos verkostossa ei kuivuria ole ollenkaan, paineilmaputkistoon täytyy rakentaa alimpiin kohtiin vesityksiä ja putkisto täytyy myös tällöin rakentaa kaadolla näihin vesityksiin päin. [19.]

Suomen rakentamismääräyskokoelmasta ei mainintaa paineilmassa käytettävistä putkistoista ole. TalotekniikkaRYL:ssä on kohdassa G5121 ohjeellinen esimerkki paineilmassa yleisimmin käytetyistä putkistomateriaaleista.

Paineilmaverkostossa käytetään yleensä teräsputkia, ruostumattomia teräs- tai kupariputkia sekä tehdasvalmisteisia putkenosia. [2, s. 204.]

TalotekniikkaRYL:n kohdassa G5121.06 on vaatimus myös liitostavoista ja niiden soveltuvuudesta eri putkimateriaalien kanssa.

Teräsputkien liitokset tehdään hitsaus- tai laippaliitoksin, kupariputkien kova-juotos- ja kapillaariliitoksin. [2, s. 204.]

2.6 Höyryverkosto

Höyryputkistoihin kuuluvat kokonaisuudessaan höyryjärjestelmän putket joita ovat höyry-, lauhde ja syöttövesiputket. Höyryverkkoon tulee aina asentaa verkoston alimpiin kohtiin lauhteenpoistot ja ylimpiin kohtiin ilmaukset. Putkisto tulee myös aina asentaa virtaussuunnassa vähintään kaltevuuteen 1:200. Höyryverkosto tulee varustaa paisunta-astialla, jota käytetään tasaamaan ylikuuman lauhteen paineen alenemisesta aiheutuneen paisuntahöyryn aiheuttama tilavuuden kasvu. [2 s. 240.]

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa ei ole erillistä mainintaa höyryputkistoista, mutta TalotekniikkaRYL antaa kohdissa G6310 ja G6311 seuraavat vaatimukset höyryjärjestelmän putkistoille.

Putkina käytetään saumattomia tai hitsattuja normaaliseinämäisiä, seostamattomasta teräksestä valmistettuja putkia. Saumattomat putket ovat mitoiltaan standardin SFS 2006 ja hitsatut standardin SFS 2007 mukaisia. Hitsatut putket ovat pituus- tai kierresaumahitsattuja. [2, s. 239.]

Höyryputkena käytetään vähintään standardin DIN 1629 mukaista saumatonta putkea St 37.0 tai standardin DIN 1626 mukaista hitsattua putkea St 37.0. [2, s. 240.]

TalotekniikkaRYL määrittelee vaatimuksessa G6312 hyväksytyt putkiliitosten asennustavat seuraavasti:

Putkiliitokset tehdään ensisijaisesti hitsaamalla. Laippa- ja kierrelliitoksia käytetään vain, jos liitettävä laite tai varuste sitä edellyttää. Hitsausliitos edellytetään tehtäväksi hyvän putkiliitöskäytännön mukaisesti. [2, s. 240.]

2.7 Yhteenveto

Taulukkoon 1 on koottu kaikkien eri käytössä olevien putkistomateriaalien sopivuus eri järjestelmien kanssa. (Taulukko 1.)

Taulukko 1. Materiaalien sopivuus eri taloteknisiin järjestelmiin

		Materiaalit								
		Kupari	RST, HST	Teräs	Kompo- siitti	PE,PEM, PEH	PEX	PP	PVC	Valur.
Järjestelmät	Käyttövesi	x	x		x	x	x	x		
	Jätevesi		x			x		x	x	x
	Sadevesi		x			x		x	x	x
	Lämmitys	x	x	x	x		x*			
	Jäähdytys	x	x	x	x		x*			
	Paineilma	x	x	x						
	Höyry		x**	x**						

*Putkien oltava happidiffuusiosuojattuja

**TalotekniikkaRYL 2002 määräyksen G6311 ehtoilla

Taulukkoon 2 on koottu eri putkistomateriaalien ja niiden liitosten lämpötilankestävyydet. Taulukkoon ei ole otettu mukaan valurautaputkea, koska sen lämpötilakestävyys vaihtelee suuresti asennuksessa käytettyjen pantojen ominaisuuksien mukaan. (Taulukko 2.)

Taulukko 2. Materiaalien lämpötilakestot

		Materiaalit								
		Cu/ juot.	Cu/ puris.	Rst/ hits.	Rst/ puris.	Kompo- siitti	PE,PEM, PEH	PEX	PP	PVC
Lämpötilankesto, °C		250	120	500	120	70/95*	50**	70/95*	85/100*	75/95*

*Jatkuva/hetkellinen

**Lämpötilan noustessa paineenkestävyys laskee huomattavasti

3 Materiaalit

3.1 Kupari

Kuparia on Suomessa käytetty kiinteistöjen vesijohdoissa jo yli sadan vuoden ajan, ja sinä aikana se onkin tullut yhdeksi yleisimmistä vesijohtojen materiaaleista. Ennen 1980-lukua kupari oli selvästi valtamateriaali kiinteistöjen vesijohdoissa, mutta tällöin alkanut muovien vallankumous on kuitenkin lisännyt muoviputkien käyttöä käyttövesiverkostoissa erityisesti pientalorakentamisessa. Isommassa mittakaavassa rakennettaessa kupariputken suosio kuitenkin pysyy. Yhtenä syynä suosion pysymiseen voidaan pitää sitä, että kupariputkista on jo erittäin pitkän ajan kokemusta ja tutkimustuloksia, ja kuparia pidetään erittäin turvallisena ja luotettavana putkistomateriaalina. [4, s. 71.]

Kupari on monipuolinen materiaali vesiverkostoissa sen ominaisuuksien takia. Kuparissa ei ikääntyessään tapahdu juurikaan rakenteellisia muutoksia, ja siitä ei aikojen saatossa merkittävästi liukene mitään vesiverkostoon. Kuparin on päinvastoin todettu ehkäisevän mikrobikasvustoa putkistoissa ja näin ollen vähentäneen muun muassa Legionella-bakteerin kasvua. Kuparin, kuten yleisesti metallien, positiivisiin ominaisuuksiin kuuluvat myös, että ne ei päästä lävitseen verkostolle haitallisia aineita, kuten happea. Kupari kestää myös erittäin hyvin vaihtelevia lämpötiloja sen käyttölämpötila-alueen ollessa $-200...+250$ °C. [4, s. 72; 5.]

3.2 Rst eli ruostumaton teräs

Ruostumattomalla teräksellä on pitkä historia erilaisten erityistä kestävyyttä vaativien kohteiden materiaalina. Ruostumatonta terästä onkin käytetty erilaisten putkistojen materiaalina jo 1940-luvulta lähtien, ja sen käytöstä erilaisissa vaativissa putkistoissa on jo paljon erilaista tietoa. Nykyisten tutkimustulosten ja kokemusten valossa sitä voidaan pitää kuparin tavoin erittäin luotettavana ja turvallisena materiaalina niin viemäri-, lämmitys- kuin käyttövesiputkistoissakin. Ruostumattoman teräksen käyttöä kuitenkin usein yritetään välttää sen kalliin hinnan takia ja sitä käytetään yleensä vain silloin, kun se on välttämätöntä putkiston kestävyuden turvaamiseksi.

Tavallinen teräs (ns. musta putki) ruostuu puhki hyvinkin pian suotuisissa olosuhteissa. Jotta ruostumattomasta putkesta saadaan mustaa putkea paremmin korroosiota kestävä, on siihen lisätty kromia ja nikkeliä. Näin putkesta on saatu muihin putkistomateriaaleihin verrattuna erittäin hyvin korroosiota kestävä ja sitä voidaan turvallisesti käyttää huonolaatuistenkin vesien käsittelyssä. Joskus kuljetettava aine saattaa kuitenkin sisältää tiettyjä aineita, kuten klorideja, niin paljon, ettei edes ruostumaton teräs näitä kestä. Tällöin pitää ruostumattoman teräksen tilalle valita haponkestävä teräs, johon on lisätty molybdeeniä, jolloin sille on saatu vielä parempi korroosion kestävyys kuin ruostumattomalla teräksellä ruostumattomaan teräkseen. Nämä kaksi teräksen lajia menevät usein helposti sekaisin, ja niiden erottaminen työmaaolosuhteissa on välillä erittäin haastavaa. Jos jollain työmaalla on käytössä sekä haponkestävää että ruostumatonta terästä, näiden kanssa pitää noudattaa erityistä tarkkuutta, jotta oikea laatu menee oikeaan paikkaan. [4, s. 21, 50; 4, s. 51.]

Ruostumattoman ja haponkestävän teräksen liitostavat ja ominaisuudet ovat lähes identtiset, joten niitä käsitellään tästä lähtien työssä kumpaakin ruostumattomana teräksenä.

3.3 Musta putki eli teräsputki

Teräsputkia käytetään yleensä lämmitys- ja jäähdytysverkostojen putkistoissa. Teräksen korroosionkestävyys riippuu veden koostumuksesta ja ympäröivistä oloista, mutta lämpimissä ja hapettomissa olosuhteissa teräsputken pinnalle syntyy suojaava magneettikalvo. [20, 2. 10.]

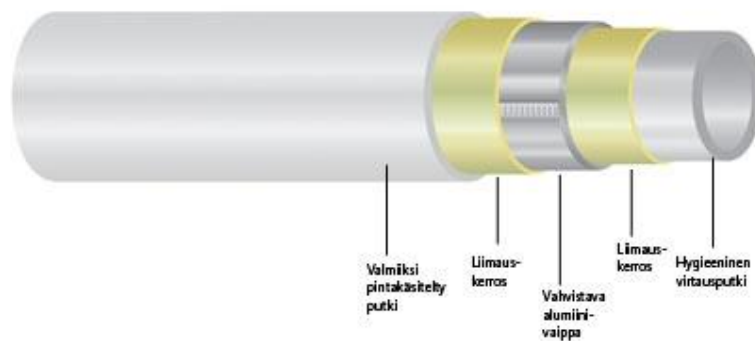
Teräsputkien käyttäminen nimenomaan lämmitys- ja jäähdytysverkostoissa perustuvat näiden verkostojen hapettomuuteen. Verkostoissa kiertää sama neste koko ajan, jolloin siitä saadaan poistettua erilaisten ilmausten avulla kaikki ilma pois. Täten ei järjestelmään jää myöskään happea, jolloin putken pinnalla ei pääse tapahtumaan korroosiota. Jos verkostoon joudutaan lisäämään jostain syystä lisää vettä tai muuta siellä kiertävää nestettä, pitää tämän jälkeen aina muistaa hoitaa hyvin verkoston ilmaus, jotta korroosioon johtavaa happea ei verkostoon jää. [20, s. 10.]

Mustan putken etuina voidaan pitää helppoa ja monipuolista työstämistä sekä muihin materiaaleihin verrattuna suhteellisen huokeaa hintaa. Mustan putken kanssa käytettä-

vät asennustavat, hitsaus ja kierteitys, ovat kuitenkin suhteellisen kalliita verrattuna esimerkiksi komposiitin kanssa käytettävään puristusliitokseen.

3.4 Komposiitti eli monikerrosmuoviputki

Monikerrosmuoviputki, paremmin tunnettuna komposiittiputki, on alumiinivaipalla vahvistettu monikerrosmuoviputki, jossa yhdistyy muovi- ja metalliputken positiiviset ominaisuudet. Komposiittiputkessa on veden kanssa kosketuksissa vain putken muovipinta (kuva 4), joten sitä voidaan pitää erittäin hygieenisenä ja korroosiota kestäväenä PEX-putken tapaan. Komposiittiputki kestää erittäin hyvin lämmönvaihteluja, mutta kuten PEX-putkella, sen korkein sallittu jatkuva lämpötila on 70 °C. [7, s. 5,13.]



Kuva 4. Komposiittiputken rakenne

Komposiittiputken etuna voidaan pitää sen helppoa käsiteltävyyttä ja asennusta. Sitä voi käyttää niin peittyviin asennuksiin kuin pinta-asennuksiinkin. Pinta-asennuksissa ei komposiitille välttämättä tarvitse tehdä mitään pintakäsittelyä asennuksen jälkeen, jolloin pystytään suoraan tekemään niin sanotusti valmista jälkeä. [7, s. 8]

3.5 PEM ja PEH

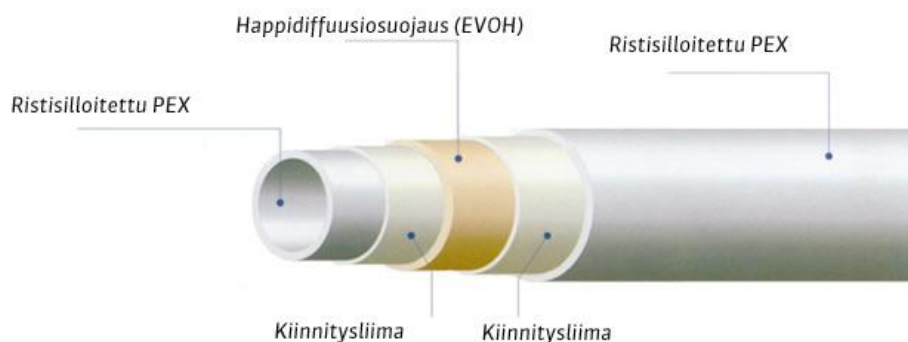
PEM- ja PEH-putkien yleisin käyttötarkoitus on paineviemärointi ja yleisesti viemärointi. Vesijohtopuolella niitä yleisesti käytetään ainoastaan maanalaisiin putkistöihin, kuten talojohtoihin. Näitä putkistöjä ei ole Suomessa käytetty käyttövesiputkistöinä.

PEM ja PEH-putkistoja eli polyeteeniputkistoja käytetään yleisesti paineviemärointiin, niin maassa kuin rakennuksen sisälläkin. Polyeteeniputkien etuina voidaan pitää helppoa ja kevyttä käsiteltävyyttä; verkostot ovat yleisesti hyvin vuotovarmoja kestävien liitostapojen ansiosta sekä ne kestävät hyvin erilaisia kemikaaleja hieman valmistajasta riippuen. [9.]

Polyeteeniputket sopivat hyvin paikkoihin joissa putkiston vaihtaminen tai korjaaminen on erittäin haastavaa. Valmistaja joutuukin standardin (EN12201) mukaisesti lupamaan kaikille putkistolle vähintään 50 vuoden käyttöiän. [9.]

3.6 PEX

PEX-putkea eli ristosilloitettua polyeteeniputkea alettiin Suomessa käyttää 1980-luvulla, ja tyyppihyväksyntä sille tuli voimaan Suomessa vuonna 1986. Siitä lähtien PEX on yleistynyt Suomessa ja maailmalla pientalorakentamisen lämmitys- ja käyttövesiputkistona. [4, s. 77.] Sen etuina voidaan pitää putken vuototurvallisuutta, koska putki asennetaan yhtämittaisena aina jakotukilta vesikalusteille asti. Asennus tapahtuu vielä suojaputken sisään, jolloin mahdollinen vuoto tulee ilmi putken päästä, eikä vuotanut vesi näin ollen pääse rakenteisiin. (Kuva 5.) [6, s. 3.]



Kuva 5. Happidiffuusiosuojatun PEX-putken rakenne [25]

3.6.1 Käyttövesi

PEX-putken käyttö on lisääntynyt Suomessa jo useamman kymmenen vuoden ajan erityisesti pientalojen käyttövesiputkistoina. Putki soveltuu erityisen hyvin käyttövesiverkostoon sen hyvän paineiskusietokyvyn ansiosta. PEX-putkella voidaan myös

helposti viedä oma kytkentäjohto jokaiselle vesikalusteelle, jolloin monen kalusteen yhtäaikainen käyttö ei vähennä painetta yksittäisessä kalusteessa.

PEX-putki kestää hyvin suuria lämpötilavaihteluja. Se ei sovellu pitkäaikaiseen kuuman veden kuljettamiseen, sillä sen korkein sallittu jatkuva lämpötila on 70 °C.

3.6.2 Lämmitys

PEX-putki ei sovellu sinällään lämmityskäyttöön sen happea läpäisevän ominaisuuden takia [4, s. 77]. Eri valmistajat ovat kuitenkin kehittäneet oman versionsa PEX-putkesta, jossa on välissä happidiffuusiota estävä kalvo. Kalvollista putkea voidaan tällöin hyvin käyttää sekä lämmityksessä että käyttövedessä. [6, s. 7.]

Yleisimmin PEX-putkea käytetään lämmityksessä rakennusten lattialämmityksissä. Siinä kuljetettavan veden lämpötila pysyy aina maltillisena, eikä tällöin ole vaaraa, että lämpötila nousisi yli sallitun 70 °C:n. PEX-putki on helppo ja nopea asentaa erityisesti lattialämmityksiin sen hyvän taipuvuuden ja työstettävyyden ansiosta.

3.7 Ht-viemärit

Polypropeeni- ja PVC-viemärien ominaisuudet ja käyttötarkoitukset ovat erittäin lähellä toisiaan. Näitä viemärityyppäjä käsitellään tästä lähtien otsikon Ht-viemärit alla.

3.7.1 PP

PP-putkia eli polypropeeniputkia on käytetty maailmalla jonkin verran käyttövesiputkistoissa. Suomessa ei kuitenkaan polypropeenia ole käytetty putkimateriaalina käyttövesiverkostoissa vaan ainoastaan viemäröinnissä. Koska polypropeeni ei ole Suomessa käytössä käyttövesiputkistoissa, sitä käsitellään tässä työssä vain viemäröinnin materiaalina.

Pientalorakentamisessa PP- eli polypropeeniviemärit ovat yksi yleisimmin käytetyistä viemärimateriaaleista uudisrakentamisessa tänä päivänä. PP-viemäriin etuna on sen runsas valikoima eri käyttötarkoituksia ja hyvä korroosion kestävyys yleisimmille kemi-

kaaleille. PP-viemärit soveltuvat niin maahan asennettaviksi, kuin rakennuksen sisäisesti jäte- ja sadeveden poistamiseen. [8, s. 5.]

PP-viemäriin heikkoutena muun muassa valurautaviemäriin verrattaessa voidaan pitää sen huonoa palonkestävyyttä sekä ääneneristävyyttä. Toisaalta taas PP-putkistoa pitkin eivät äänet johdu tilasta toiseen, kuten ne helposti tekevät valurautaviemäriin kanssa, ja nykyisillä palomanseteilla ja eristyksillä saadaan hoidettua muoviviemäriin paloturvallisuus samalle tasolle kuin valurautaviemäreillä. Oikeanlaisella suunnittelulla pystytäänkin PP-viemäreillä korvaamaan suuri osa paikoista, joihin on aikaisemmin käytetty ainoastaan valurautaviemäriä. [8, s. 6.]

PP-viemäriin etuina voidaan myös pitää erityisesti helppoa käsiteltävyyttä ja nopeaa asennusta, ja se kestää myös erittäin hyvin viemäroittävien materiaalien lämpötilavaihteluita. [8, s. 5.]

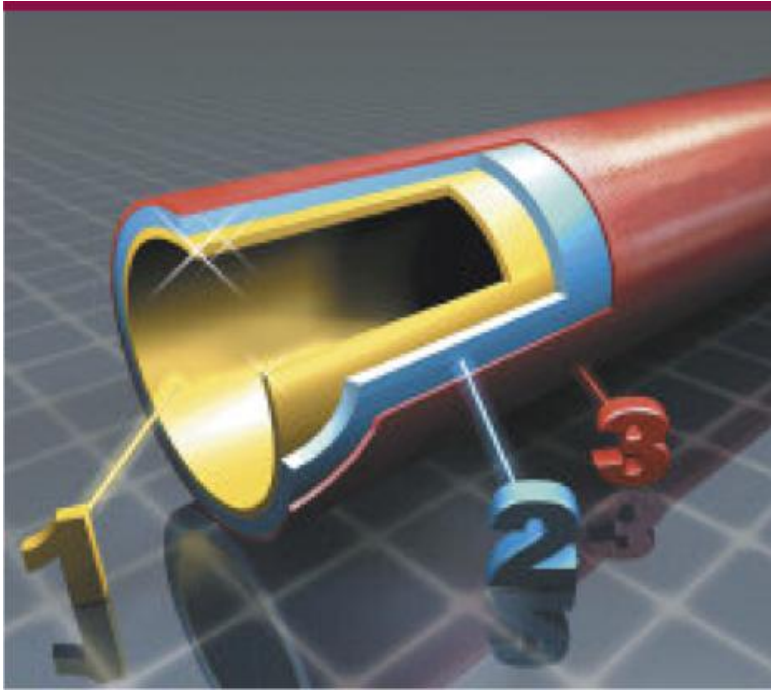
3.7.2 PVC

PVC on yksi yleisimmin käytetyistä ja monipuolisimmista muovilaaduista. Viemäriputkissa PVC:n edut ja ominaisuudet ovat erittäin lähellä PP-viemäriin vastaavia, mutta muun muassa erilaisten liuottimien kestävydessä on eroja. PP-putki kestää paremmin kemikaaleja kuin PVC-putki, ja nykyisin jäteviemäroinnissä valmistajat ovat pitkälti siirtyneet suosimaan PP-putkea. PVC-putki on kuitenkin vielä yleisesti käytössä maaviemäroinneissä, jossa kuljetettavana materiaalina on pääosin vettä.

3.8 Valurauta

Valurautaviemäri on paljon käytetty materiaali rakennusten sisäpuoleisissa viemäroinneissä, varsinkin suuremmissa kohteissa. Valurautaviemäriä voidaan hyvin käyttääkin niin sadevesiviemärointeihin kuin jäteveden viemärointeihin. [22, s. 4.]

Suomessa valurautaviemäreiden valmistus aloitettiin vuonna 1903, jolloin ne olivat vielä muhvilisia. Vuonna 1971 tuli markkinoille pantaliitoksella liitettävä muhviton valurautaviemäri, ja vuoden 1991 jälkeen putket on epoksoitu sisäpuolelta parempien liukkaamman sisäpinnan ja paremman haponkestävyyden takia. (Kuva 6.) [24, s. 18.]



Kuva 6. Valurautaviemärin rakenne: 1. Epoksi, 2. Valurauta, 3. Ruosteenestomaali [22, s. 83]

Valuraudan suurimpina positiivisina puolina ovat sen palo- ja äänitekniset ominaisuudet. Valurautaputki ei normaalissa tulipalossa syty palamaan tai ala sulamaan, eikä se tulipalossa aiheuta myrkyllisiä palamiskaasuja muovin tapaan. Valurauta ei tulipalossa tule niin kuumaksi, että se alkaisi sulaa ja muovin tapaan sulan palavan aineksen takia alkaisi levittää paloa. Valurautaviemäriä käytettäessä on kuitenkin huomioitava lämmön siirtyminen johtamalla esimerkiksi seinän tai holvin lävitse. [22, s. 4.]

Valurautaviemärin toinen aikaisemmin mainittu etu on äänitekniset ominaisuudet. Tutkimusten mukaan mikään muu viemärimateriaali ei pysty yhtäläisiin äänitekniisiin ominaisuuksiin ilman äänieristystä kuin valurauta. Valurautaviemäri ei täten tarvitse yleensä erillistä äänieristystä rakennuksissa ja hyvien palo-ominaisuuksiensa takia ei myöskään paloeristystä. [22, s. 4.]

Valurautaviemärin heikkoutena on sen kallis ja raskas asennettavuus. Putket painavat moninkertaisesti verrattuna muoviviemäriin, ja niiden käsiteltävyys on täysin toista luokkaa. Suuri osa putkiasennuksien tapaturmista tapahtuu juuri valurautaviemäriä asennettaessa.

4 Asennus- ja liitostavat

4.1 Juottaminen

Kupariputkien juottamista voidaan tehdä joko kova- tai pehmeäjuotoksella. Erona näiden kahden tavan välillä on käytettävä työskentelylämpötila ja juoteaineen koostumus. Rajalämpönä pehmeä- ja kovajuottamisen välillä pidetään +450 °C:ta [26.]

Juottamisessa kupariputket yhdistetään metallisella sideaineella, juotteella, jonka sulamispiste on alhaisempi kuin yhdistettävien metallien. Menetelmässä liitoskohta kuumennetaan avoliekillä, minkä jälkeen juote täyttää kapillaarivoiman ansiosta putken ja siihen liitettävän liitososan välisen raon. [26.]

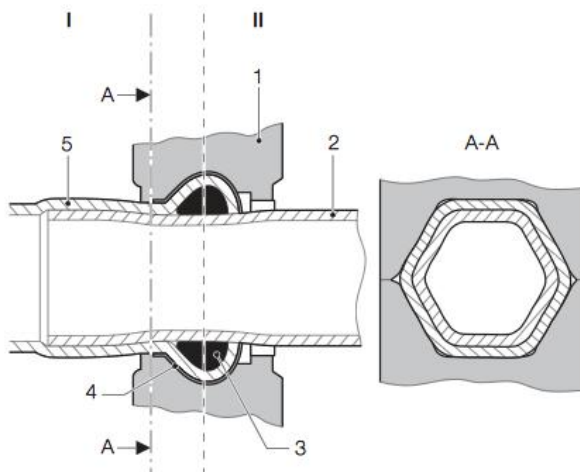
Kovia kupariputkia on jo pitkään liitetty kovajuotoksella ja siinä syntyvä metalli-metalli-liitos vastaa lujuudeltaan ja ominaisuuksiltaan yhtenäistä putkea. Kupariputken kovajuotoksissa yleisimmin käytetty juoteaine on hopeapitoinen fosforikuparijuote, jonka sisältämä hopea parantaa juotteiden sitkeyttä ja kestävyyttä. Pehmeäjuottoa voidaan käyttää rakenteissa, joissa ei esiinny väsyttäviä kuormituksia. Yleisimpiä pehmeäjuotossa käytettäviä juoteaineita ovat tina-kupari- ja tina-hopeajuote. [26.]

Juottamalla tehdyissä kupariputkiverkostoissa on etuna haarojen tekeminen haaroitus työkalulla. Tällöin haaroitusten tekemiseen ei jouduta käyttämään erillisiä haaroitusosia vaan haarat voidaan ottaa suoraan putken kyljestä. Haaroitus voidaan tehdä tällä työkalulla, jos putkesta otettava haara on minimissään yhden koon pienempi kuin putki, josta haara otetaan.

4.2 Puristusliitos teräs- ja kupariputkille

Puristusliitos on helpon ja nopean asennuksen sekä parantuneiden tekniikoiden ansiosta kokoajan yleistynyt kupariputken liitostapa. Nykyään se onkin useissa kohteissa tasavertainen vaihtoehto juotettavien liitosten rinnalla. Puristusliitos soveltuu erityisen hyvin asennuksiin, joissa ei haluta tai ei voida tehdä tulitöitä, tai käyttöön, jossa asentajalla ei ole tulityön tekemiseen vaadittuja oikeuksia tai taitoja. Puristusliitosta voidaan käyttää vesijohto- ja lämmitys- ja jäähdytysverkostoissa lähes samoihin käyttötarkoituksiin kuin kapillaari- ja hitsausliitoksiakin. [10, s. 1.]

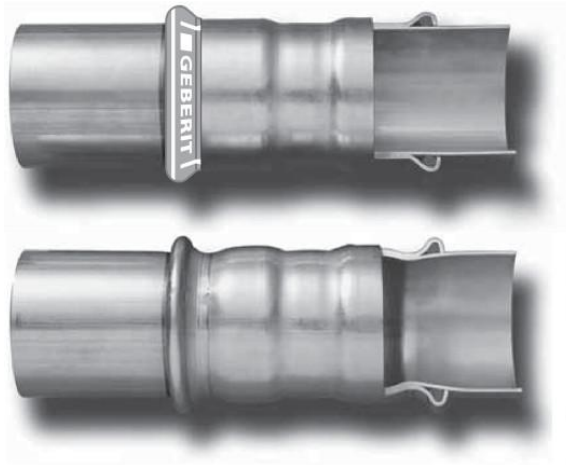
Valmistajat lupaavat puristusliitosten vähentävän asennukseen käytetyn ajan jopa puoleen siitä, mitä se olisi juottamalla. Puristusliitoksen perustana on työkalu, joka puristaa leukojen välissä olevan osan ja putken kiinni toisiinsa. Kun liitettävästä putkesta on poistettu jäysteet, liitin asetetaan paikalleen ja työkalun leuat liitoksen päälle. Tämän jälkeen puristus voidaan aloittaa. Noin viiden sekunnin puristamisen jälkeen on saatu lopputuloksena pysyvä ja pitävä liitos, jota voidaan verrata pitävyydeltään juotettuun ja hitsattuun liitokseen. (Kuva 7.) [11, s. 2.]



Kuva 7. Poikkileikkaus puristusliitoksesta käytettäessä puristusleukaa kuusikulmaisella puristusleualla [11, s. 5]

Putkistoissa liitoksiin kohdistuu aina erilaisia voimia johtuen sitten lämpötilanmuutoksista tai muista ulkoisista tekijöistä. Puristusliitoksessa nämä voimat eivät rasita tiivistettä, vaan ne kohdistuvat suoraan metalli-metallipintoihin. [10, s. 4.]

Huolellisesti asennettuna riski puristuksen epäonnistumiseen on lähes olematon. Valmistajilla on myös omanlaiset puristusindikaattorinsa, joista näkee, onko puristus tapahtunut täydellisesti loppuun asti vai onko puristus jäänyt kesken ja näin ollen liitos ei ole vielä valmis. (Kuva 8.) [11, s. 2.]



Kuva 8. Puristusliitin ennen ja jälkeen puristuksen [11, s. 4]

4.3 Puristusliitos komposiitille

Teräs- ja kupariputkien sekä komposiittiputkien puristusliitoksissa on monia samoja ominaisuuksia. Suurin ero menetelmissä on kuitenkin komposiitissa käytettävä liitin, joka muodostuu kahdesta osasta: liittimestä ja holkista. (Kuva 9.) [14, s. 4.]



Kuva 9. Komposiittiputken liitososat [14, s.18]

Liitettävän putken päähän asetetaan ensin hylsy, niin että putken pää on tiiviisti hylsyn ulokkeessa. Tämän jälkeen liitin työnnetään sisään putkeen, niin että liitososan koko putken sisään kuuluva osa menee sinne tiukasti. Seuraavaksi voidaan liitos puristaa käyttäen siihen sopivaa puristuskonetta ja leukoja. Puristuksen jälkeen holkissa on

nähtävissä kolme samanlaista puristusrengasta, mistä nähdään, että liitos on onnistunut. [14, s. 18.]

Komposiitin puristusliitoksessa voidaan etuina pitää samoja kuin teräs- ja kupariputkien puristusliitoksissa. Asennuksessa ei tarvitse tehdä tulitöitä, mikä ei kaikissa tilanteissa ole mahdollista tai asentajalla ei ole siihen sopivaa tietoa ja taitoa. [14, s. 4.]

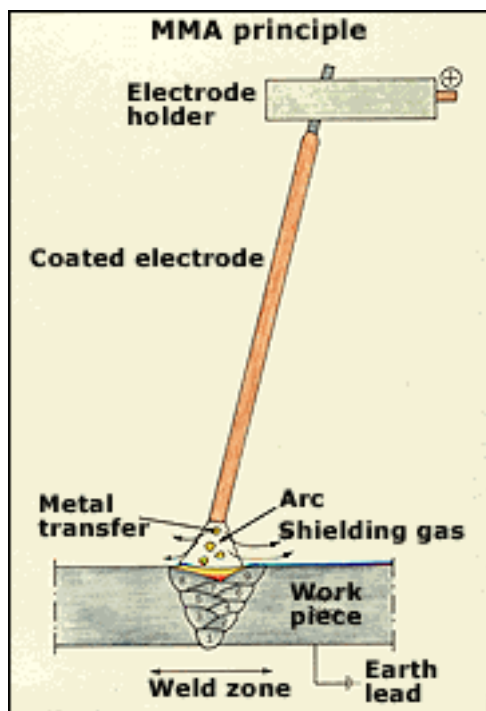
4.4 Hitsaaminen

Hitsauksessa metallikappaleet liitetään yhteen kuumentamalla liitoskohta sulaksi ja usein sauman täyttöaineeksi käytetään vielä jotain hitsauksessa käytettävää lisäainetta.

4.4.1 Puikkohitsaus

Puikkohitsaus on vanhin ja tunnetuin hitsausprosessi. Suomen kielessä sillä on vakiintunut sana puikkohitsaus, mutta joissain yhteyksissä siitä saatetaan vielä käyttää nimityksiä metallikaarihitsaus ja sähköhitsaus. [12.]

Puikkohitsauksessa (kuva 10) valokaari palaa hitsipuikon pään ja hitsattavan sauman välissä. Tällöin sydänlanka sulaa, ja sula metalli siirtyy kuonan ympäröiminä pisaroina valokaaren läpi hitsisulaan. Hitsaustapahtuman suoja syntyy puikon päällysteen muodostamista kaasuista ja kuonasta. Lopuksi sauman valmistuttua kuona poistetaan sauman päältä, jolloin saumasta saadaan siisti ja kestävä. [12.]

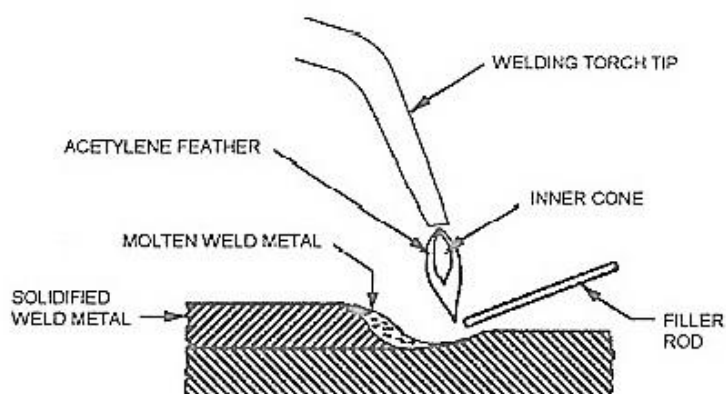


Kuva 10. Puikkohitsaus [12]

Puikkohitsausta käytetään vielä nykyäänkin paljon, vaikka uusia, vähemmän lisäainetta kuluttavia hitsausmenetelmiä on tullut markkinoille ja yleistynyt. Puikkohitsauksen etuina ovat muun muassa sen monipuolisuus ja joustavuus, toiminta erilaisissa olosuhteissa sekä laitteiden helppo liikuteltavuus. Puikolla voikin hitsata lähes mitä vain metalleja, kunhan on vain oikeat materiaalit hitsauksen suorittamiseen. Puikkohitsaus on vielä nykyäänkin yleisimmin käytettyjä hitsausmenetelmiä, ja suosionsa se on pitänyt erityisesti ruostumattoman teräksen hitsauksessa, sen yksinkertaisuuden takia. [12.]

4.4.2 Kaasuhitsaus

Kaasuhitsauksessa hitsattavan sauman ja lisäaineen sulattamiseen tarvittava lämpö saadaan aikaa kaasuliekillä. Useimmiten palavana kaasuna käytetään asetyleeniä, johon on polttimessa sekoitettu happea tehostamaan liekin palamista. Kaasuliekin toinen tehtävä on suojata hitsiä ilman hapettavalta vaikutukselta. [13.]

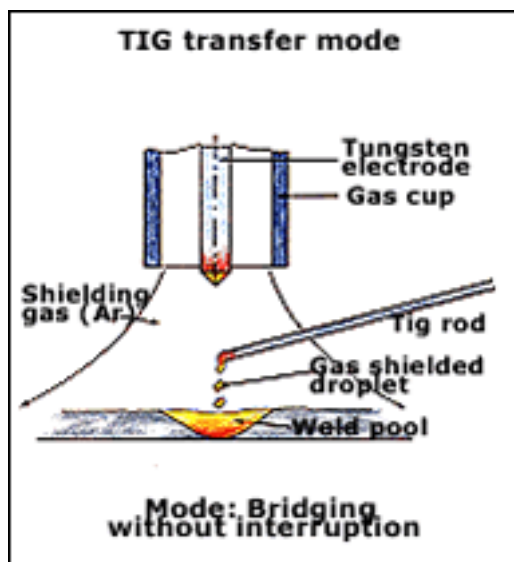


Kuva 11. Kaasuhitsaus [13]

Kaasuhitsaus suoritetaan kuvan 11 mukaan. Toisella kädellä pidellään poltinta, jolla sulatetaan hitsattava sauma, ja tämän jälkeen toisella kädellä saumaan lisätään lisäaine sauman täyttämistä varten. [13.]

4.4.3 TIG-hitsaus

TIG-hitsaus on kaasukaarihitsaus, jossa valokaari palaa sulamattoman volframielektroinin ja hitsattavan sauman välissä suojakaasun ympäröimänä. Suojakaasuna TIG-hitsauksessa käytetään yleensä argonia. Yleisesti putkistoja hitsatessa halutaan saavuttaa mahdollisimman hyvä sauman kestävyys, jolloin TIG-hitsaus suoritetaan lisäaineen kanssa. [12.]



Kuva 12. TIG-hitsaus [12]

TIG-hitsaus suoritetaan vähän samaan tapaan kuin kaasuhitsaus, jolloin toisessa kädessä pidetään kolvia ja toisessa lisäainelankaa kuvan 12 tapaan. TIG-hitsauksen etuina voidaan pitää hyvää sulan ja lisäaineen hallintaa sekä erittäin puhdasta, kuonaton ja siistiä saumaa. Yleisimmin putkistoissa TIG-hitsausta käytetään ruostumattoman teräksen hitsaamiseen, jos halutaan siistiä ja laadullisesti parempaa saumaa kuin puikolla hitsattaessa. Itse hitsauslaite on kuitenkin yleensä raskaampi käsitellä ja liikutella kuin puikkokonetta, joten kaikissa tapauksissa TIG-hitsaaminen ei ole mahdollista. [12.]

4.5 Kierrelitos teräsputkille

Teräsputkien kierrelitokset tulee aina tehdä kartiomaisella kierteellä siten, että liitos on avattavissa. Liitoksen tiivistysaineena käytetään pitkäkuituista hampua tai puhdasta PTFE-nauhaa. Hampua saa käyttää putkissa, joiden lämpötila on korkeintaan 120 °C. PTFE-nauhaa saa käyttää putkissa, joiden lämpötila on korkeintaan 185 °C. Hampulla tehtävissä liitoksissa käytetään lisänä kittiä tai PTFE-nauhaa parantamassa liitoksen pitävyyttä. [3, s. 5.]

Kierrelitoksen tekeminen aloitetaan liitettävän putken kierteityksellä. Se voidaan tehdä joko kierteityskoneella tai käsikäyttöisellä kierteitysvälineellä. Ennen kierteityksen aloittamista tulee varmistaa putken katkaisupinnan suoruus ja poistaa putken sisälle katkai-

susta syntyvät jäysteet. Kun kierre on valmis, voidaan siihen kiertää joko hamppu tai PTFE-nauha myötäpäivään kiertäen. Jos käytössä on ollut hamppu, voidaan sen jälkeen hampun päälle kiertää kerros kittiä, joka sitoo hampun ja parantaa liitoksen pitävyyttä. Tämän jälkeen voidaan kierteitetty putki liittää liitettävään osaan. Liitoksen aikana on tarkkailtava, ettei hamppua tai kittiä ole levitetty liian paksusti, niin että se työntyy pois kiertäessä eikä näin ollen jää liitoksen väliin tiivisteksi. (Kuva 13; Kuva 14.)



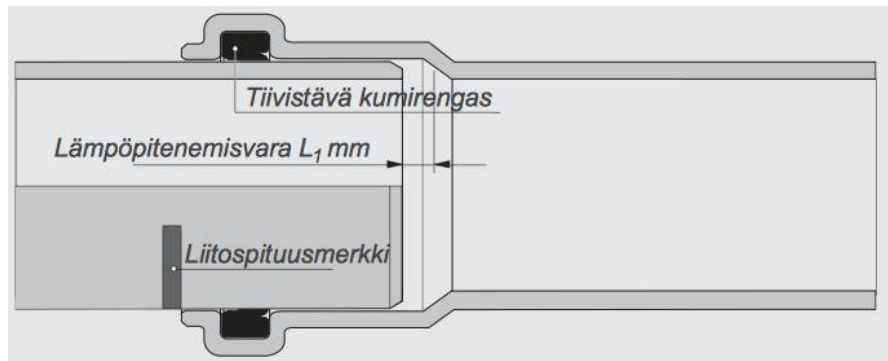
Kuva 13. Valmis kierre [18]



Kuva 14. Hampun kiertäminen [18]

4.6 Muhviliitos

Muhviliitoksia käytetään yleisesti viemäröinnissä, ja sen suurimpana etuna voidaan pitää nopeaa ja helppoa asennettavuutta. Muhviliitokset on suunniteltu kestämään hyvin niin yli- kuin alipainettakin ja niitä voidaan käyttää myös erilaisten kemikaalien viemäröinnissä vain tiivistettä vaihtamalla. [15, s. 7.]

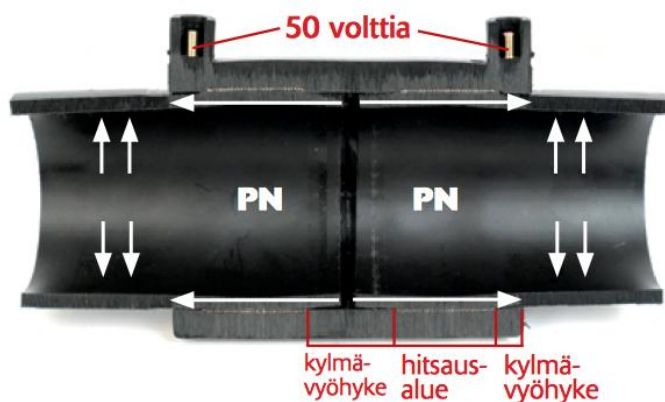


Kuva 15. Muhviviemärin asennus [24, s. 15]

Muhviliitoksen asennus aloitetaan katkaisemalla liitettävä putki niin, että katkaisupinta on varmasti suorassa kulmassa. Tämän jälkeen putkesta poistetaan ylimääräiset purseet, jotta ne eivät jää heikentämään liitoksen laatua. Seuraavaksi putkeen ja tarvittaessa myös tiivisterenkaaseen sivellään liukuainetta, jonka jälkeen pistopää työnnetään muhvin pohjaan. Jos liitoksessa on huomioitava laajentumisvara, vedetään pistopäätä liikkeen mahdollistamiseksi maksimissaan 1,5 senttimetriä ulospäin. (Kuva 15.)

4.7 Muoviputken sähkömuhvihitsaus

Sähkömuhvihitsaus on yleisin hitsausliitosmuoto pienille ja keskisuurille PEH- ja PP-putkille. Kaikissa sähköhitsausosissa on sisäänrakennettu metallinen vastuslanka. Kun lanka kytketään virtalähteeseen, se alkaa lämmitessään sulattamaan ympärillä olevaa materiaalia. Tämä aiheuttaa putken ja putkiyhteen välisen hitsauspaineen. (Kuva 16.) [16, s. 7.]



Kuva 16. Sähkömuhvihitsauksen periaate [16, s. 7]

Sähkömuhvihitsaus aloitetaan aina hitsattavien päiden huolellisella puhdistuksella, kuitenkin välttämättä kosteaa pyyhintää. Sähkömuhvihitsausmuhvit pitää aina säilyttää niiden omilla suljetuissa pusseissaan ennen asennusta, ja pakkauksesta poistettuaan asettaa sen heti hitsattavan putken päähän. Kun on varmistettu, että liitettävien putkien suuntaus on oikea ja putket ovat varmasti menneet muhvin pohjaan, voidaan kaapelit kytkeä muhviin ja hitsaus aloittaa. [16, s. 10–12.]

Hitsausaika asetetaan koneen ohjeiden mukaan joko käsin tai muhvilla olevalla viivakoodilla. Joskus isoissa muhveissa saattaa olla kaksi viivakoodia, ensimmäinen esilämmitykseen ja toinen itse hitsaukseen. Kun hitsaukseen määritelty aika on kulunut, voidaan kaapelit poistaa ja hitsauksen jäähdytys aloittaa. Muhvinvalmistaja on määritellyt muhvin jäähdytykseen tarkoitetun ajan, ja kun tämä aika on kulunut, pitää vielä hitsauksen onnistuminen tarkastaa. Tarkastukseen kuuluu katsoa, että hitsausindikaattorit ovat tulleet esiin ja ettei muhvin päistä näy lankoja. Jos nämä ovat toteutuneet, on hitsaus onnistunut ja valmis. Hyviin asennustapoihin kuuluu merkitä hitsi päivämäärällä, hitsaajan nimikirjaimilla sekä jäähdytysajan päättymisen kellonajalla. [16, s. 13–14.]

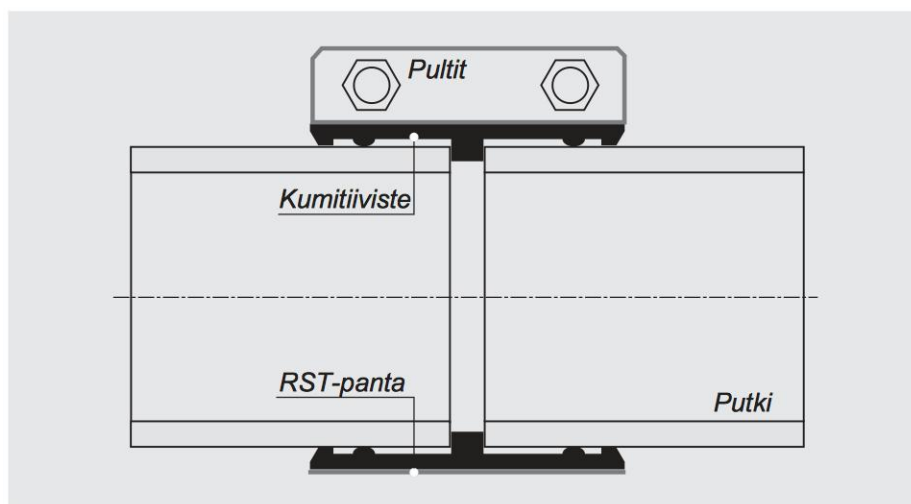
4.8 Pantaliitos

Yleisesti pantaliitoksia käytetään valurautaviemärien liitoksissa, mutta niitä saatetaan käyttää myös erilaisten kojeiden tai muiden laitteiden liitoksissa. Liitin on putken ympärille tuleva kiristyspanta, ja sen sisällä on kumitiiviste (kuva 17). Liitoksissa kuminen tiiviste katkaisee samalla putken äänen etenemisen. Panta ei ole kantava liitos, jolloin putkisto pitää aina muistaa kannakoida pannan molemmin puolin. [24, s. 18.]



Kuva 17. Liitoksissa käytettävä viemäripanta [17]

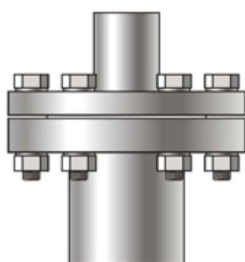
Ennen pantaliitoksen aloittamista täytyy varmistaa, että liitettävien putkien katkaisupinnat ovat varmasti suorassa kulmassa putken sivuun nähden ja katkaisupinnat maalattu valmistajan ohjeen mukaisesti. Tämän jälkeen puhdistetaan liitettäviltä pinnoilta ja liitospannoista mahdolliset niihin kulkeutuneet roskat. Tämän jälkeen liitos voidaan tehdä. Liitoksessa pitää huomioida, että liitettävät putket ovat kunnolla pannan stopparia vasten ja tämän jälkeen panta voidaan kiristää valmistajan antamaan momenttiin. (Kuva 18.) [3, s. 10.]



Kuva 18. Kumitiiviste puristetaan terässpannan avulla putken ympärille [24, s. 18]

4.9 Laippaliitos

Laippaliitoksia käytetään yleisesti järjestelmissä erilaisten laitteiden ja mittareiden liittämiseen. Laippaliitoksia käytetään myös usein esimerkiksi viemärijärjestelmissä eri materiaaleista valmistettujen putkistojen yhdistämiseen. Laippaliitosten välissä käytetään usein tiivistettä, joka parantaa liitoksen pitävyyttä.



Kuva 19. Laippaliitos [26]

4.10 Yhteensoveltuvuus

Liitteessä 1 on esitetty eri liitosmenetelmien soveltuvuus eri putkistomateriaalien kanssa taloteknisissä järjestelmissä. Monipuolisimpana liitoksena voisi taulukon mukaan pitää laippaliitosta, mutta kuten taulukosta ilmenee, ennen laippaliitoksen tekemistä laippa pitää usein liittää liitettävään putkeen jollain muulla menetelmällä, kuten hitsaamalla tai juottamalla.

5 Asennustavat eri järjestelmissä

Liitteessä 2 on listattu työssä käsitellyt materiaalit ja niiden kanssa soveltuvat asennustavat. Taulukosta on nähtävissä, mikä materiaali ja asennustapa soveltuu minkä taloteknisen järjestelmän käyttöön ja mitä ei taas voi käyttää keskenään.

Materiaalien ja asennustapojen soveltuvuustaulukko on koottu tämän insinööriyön pohjalta ja siitä saaduilla tiedoilla. Taulukko on TalotekniikkaRYL:n määräysten ja suositusten mukainen.

6 Hintavertailu

Tilaaajan toiveissa oli tehdä hintavertailu eri taloteknisten järjestelmien materiaali- ja liitostapamuutosten vaikutuksesta hintaan. Laskelmissa ja massoissa käytettiin esimerkkirakennuksena Sibelius-Akatemian peruskorjauskohdetta osoitteessa Nervanderinkatu 13, Helsinki. Jätevesi-, lämmitys-, jäähdytys- ja käyttövesiverkoston massat on laskettu rakennuksen toisen kerroksen LVI-kuvien perusteella. Sadevesiverkoston vertailuun on laskettu rakennuksen viidennen kerroksen ja kolmannen kerroksen pihasiiven sadevesiviemäreiden massat. Tällöin on saatu mahdollisimman kokonaisvaltainen kuva rakennuksen massoista, kuitenkin laskematta koko rakennuksen massoja. Vertailun hintoina on käytetty Caverion Suomi Oy:n käyttämää LVI-Dahlin hinnastoa. Hinnasto on kuitenkin yritysten välinen dokumentti, ja sitä ei ole mitenkään työhön liitetty.

Hintojen vertailu on suoritettu siten, että on laskettu vertailtavat massat, hinnoiteltu nämä, laskettu näille lasketuille massoille normihinnat LVI-toimialan työehtosopimuksen mukaan, kerrottu nämä massat oletetulla asentajan omakustannehinnalla 48 € ja sitten

vertailtu näitä saatuja yhteishintoja keskenään. Massat eivät varmastikaan vastaa täysin asennuksessa käytettäviä massoja, mutta ne on laskettu niin tarkasti kuin vain on voitu LVI-kuvista.

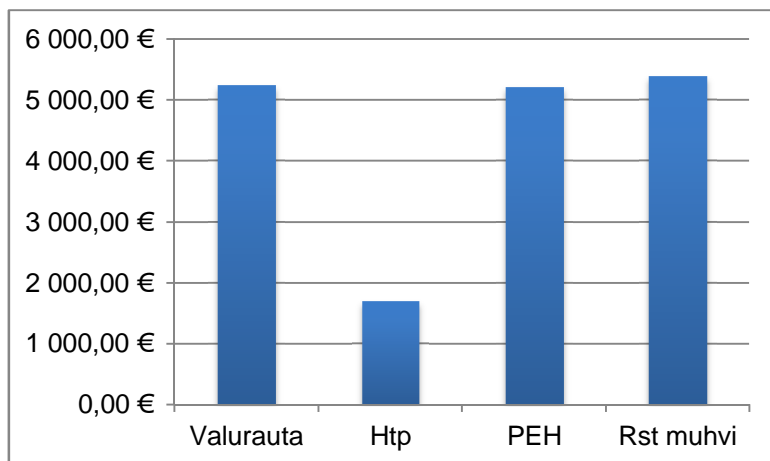
6.1 Jätevesiverkosto

Jätevesiverkoston vertailua varten on Sibelius-Akatemian rakennuksen N13 kuvista laskettu toisen kerroksen jätevesiverkoston massat. Verkosto oli kuvissa alun perin suunniteltu valurautaviemärillä, ja muista vertailussa olevista materiaaleista on valittu putken sisähalkaisijaltaan lähin vastaava koko.

Taulukosta 3, kuviosta 1 ja liitteen 3 taulukosta 1 nähdään vertailua varten suoritettua laskelmia. Laskelmista voidaan huomata, että materiaalillisesti valurauta- ja ht-viemärit ovat edullisimpia, kun taas PEH- ja rst-viemärit ovat kalliimpia. Kuitenkin valurautaviemäriin asennus on reilusti kalliimpaa kuin muilla viemärimateriaaleilla, joka muuttaa asetelman niin että valurauta on yksi kalleimmista viemärimateriaaleista kokonaisuudessaan. (Taulukko 3; kuvio 1.)

Taulukko 3. Jätevesiverkoston muutoskertoimet

		Muunnos			
		Valurauta	Htp	PEH	Rst/muhvi
Muunnettava	Valurauta	1,000	0,322	0,995	1,027
	Htp	3,101	1,000	3,084	3,186
	PEH	1,005	0,324	1,000	1,033
	Rst/muhvi	0,973	0,314	0,968	1,000



Kuvio 1. Jätevesiverkoston yhteenlasketut materiaali- ja asennuskustannukset

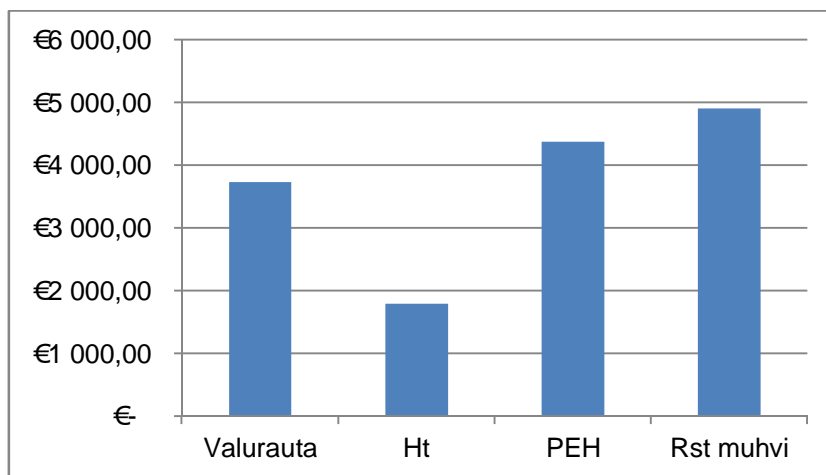
6.2 Sadevesiverkosto

Sadevesiverkoston vertailua varten on Sibeliuksen Akatemian rakennuksen N13 kuvista laskettu viidennen kerroksen ja kolmannen kerroksen pihasiiven sadevesiverkoston massat. Viides kerros on rakennuksen ylin kerros, mutta pihasiivessä on ainoastaan kolme kerrosta, joten näiden kerrosten yhteenlasketuilla massoilla saadaan parhaan vertailuarvot koskien sadevesiverkoston hintoja. Sadevesiverkosto on alun perin suunniteltu toteutettavaksi muhvilisella rst-viemärille, joten muista vertailumateriaaleista on valittu tämän materiaalin suunnittelukokoa lähinnä oleva putkikoko.

Taulukosta 4, kuviosta 2 ja liitteen 3 taulukosta 2 nähdään sadevesiverkoston vertailua varten tehdyt laskelmat. Laskelmissa on havaittavissa, samoin kuin jätevesiverkostosakin, että valurautaviemäri pärjää hyvin vertailtaessa osien hintoja, mutta kun siihen lisätään vielä asennukseen laskettavat normitunnit, ei se enää olekaan niin edullisempi. Ht-viemäri on reilusti edullisin sadevesiverkoston rakennusmateriaali, mutta tämän jälkeen tulevat valurautaviemäri ja PEH eivät ole hintaeroiltaan kovin suuret. Rst-viemäri on selvästi vertailun kallein vaihtoehto. (Taulukko 4; kuvio 2.)

Taulukko 4. Sadevesiverkoston kertoimet

		Muunnos			
Muunnettava		Valurauta	Htp	PEH	Rst/muhvi
	Valurauta	-	0,480	1,175	1,316
	Htp	2,082	-	2,445	2,740
	PEH	0,851	0,409	-	1,121
	Rst/muhvi	0,760	0,365	0,892	-



Kuvio 2. Sadevesiverkoston yhteenlasketut materiaali- ja asennuskustannukset

6.3 Lämmitysverkosto

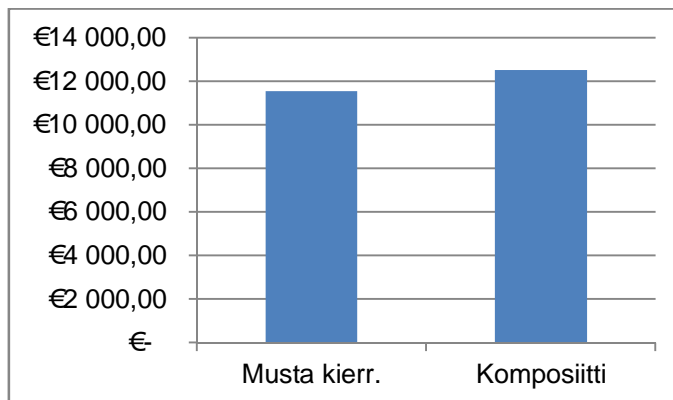
Lämmitysverkoston vertailua varten Sibelius-Akatemian rakennuksen N13 kuvista on laskettu toisen kerroksen lämmitysverkoston massat. Rakennuksen eri kerrokset ovat hyvinkin samankaltaisia, joten yhden kerroksen laskemisella saadaan hyvä vertailuarvo koskien koko rakennuksen lämmitysverkoston hintoja. Verkosto on alun perin suunniteltu tehtäväksi mustasta putkesta kierrelliitoksin. Nyt vertailussa käytettävästä komposiittiputkesta on valittu putkikoko, jonka sisähalkaisija parhaiten vastaa mustaa putkea.

Taulukosta 5, kuviosta 3 ja liitteen 3 taulukosta 3 nähdään lämmitysverkoston vertailua varten tehdyt laskelmat. Näistä voi huomata putkistojen kokonaishintojen olevan lähellä toisiaan, vaikka eri materiaalien materiaali- ja asennuskustannuksissa on erittäin suuria

eroja. Komposiitin materiaalikustannukset ovat moninkertaiset verrattuna mustan putken vastaaviin, mutta asennus taas on reilusti edullisempaa. Vaikka tässä kohteessa hinnat menevät aika lähelle toisiaan, toisessa kohteessa, jossa suoran putken vedon osuus on suurempi ja käytettävien osien pienempi, on komposiitti varmasti kokonaisuudessaan edullisempaa. Jos osia menee paljon, mutta asennusmetrejä ei paljoa synny, on musta putki edullisempi vaihtoehto. (Taulukko 5; kuvio 3.)

Taulukko 5. Lämmitysverkoston kertoimet

Muunnettava	Muunnos	
	musta kier.	komposiitti
musta kier.	-	1,082
komposiitti	0,924	-



Kuvio 3. Lämmitysverkoston yhteenlasketut materiaali- ja asennuskustannukset

6.4 Jäähdytysverkosto

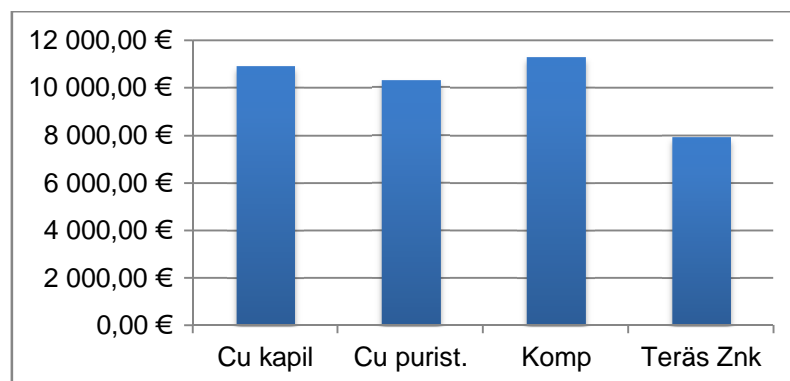
Jäähdytysverkoston vertailua varten Sibelius-Akatemian rakennuksen N13 kuvista on laskettu toisen kerroksen jäähdytysverkoston massat. Rakennuksen eri kerrokset ovat hyvinkin samankaltaisia, joten yhden kerroksen laskemisella saadaan hyvä vertailuarvo koskien koko rakennuksen jäähdytysverkoston hintoja. Verkosto on alun perin suunniteltu tehtäväksi kuparista. Nyt vertailussa käytettävästä komposiittiputkesta on valittu putkikoko, jonka sisähalkaisija parhaiten vastaa kupariputken vastaavaa.

Taulukosta 6, kuviosta 4 ja liitteen 3 taulukosta 4 on nähtävissä jäähdytysverkostoa varten suoritettut laskelmat. Kuten näistä huomataan, kokonaiskustannuksiltaan eri asennusmenetelmät eivät juuri eroa toisistaan. Komposiitti on putken materiaalina halvempaa kuin kupari, mutta osissa kupariosat ovat edullisempia kuin komposiittiosat. Materiaalikustannuksissa kupari kapillaariosilla on selvästi edullisin vaihtoehto. Kun vertailuun otetaan asennuskustannukset, puristusosilla toteutettu kupariverkosto on hinnaltaan erittäin kilpailukykyinen ja tässä vertailussa sen kokonaishinta tuli jopa edullisemmaksi kuin kapillaariosin toteutettuna. (Taulukko 6; kuvio 4.)

Jos osia joudutaan paljon lisäämään, kupari kapillaariosilla muodostuu kokonaishinnaltaan edullisimmaksi. Jos suoraa putkea on kuitenkin paljon, kupari puristeosilla tai komposiitti saattavat monessa tapauksessa tulla edullisemmaksi.

Taulukko 6. Jäähdytysverkoston kertoimet

		Muunnos			
Muunnettava		Cu/kapil	Cu/purist	Komposiitti	Teräs znk
	Cu/kapil	1,000	0,943	1,035	0,726
	Cu/purist	1,060	1,000	1,098	0,770
	Komposiitti	0,966	0,911	1,000	0,701
	Teräs znk	1,377	1,299	1,426	1,000



Kuvio 4. Jäähdytysverkoston yhteenlasketut materiaali- ja asennuskustannukset.

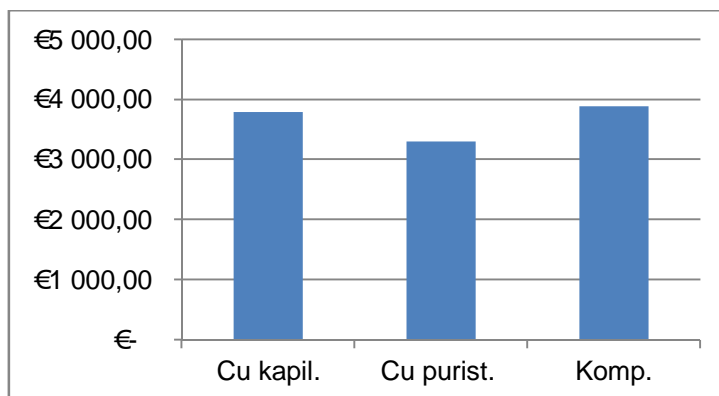
6.5 Käyttövesiverkosto

Käyttövesiverkoston vertailua varten Sibelius-Akatemian rakennuksen N13 kuvista on laskettu toisen kerroksen käyttövesiverkoston massat. Rakennuksen eri kerrokset ovat hyvinkin samankaltaisia, joten yhden kerroksen laskemisella saadaan hyvä vertailuarvo koskien koko rakennuksen käyttövesiverkoston hintoja. Verkosto on alun perin suunniteltu tehtäväksi kuparista. Nyt vertailussa käytettävästä komposiittiputkesta on valittu putkikoko jonka sisähalkaisija parhaiten vastaa kupariputken vastaavaa.

Taulukosta 7, kuviosta 5 ja liitteen 3 taulukosta 5 on nähtävissä käyttövesiverkostoa varten tehdyt laskelmat. Kuten näistä nähdään, kaikki asennusmenetelmät ovat hinnallisesti erittäin lähellä toisiaan. Tässä tapauksessa kuparista toteutettu verkosto puristusosin tulisi näillä massoilla edullisimmaksi. Kupari on jälleen kapillaariosilla tehtynä edullisin vaihtoehto materiaalien kannalta, mutta asennuskustannukset jälleen tasoittavat näitä eroja ja lopullisessa hinnassa kupari puristeosilla näyttäisi tässä tapauksessa olevan edullisin vaihtoehto. (Taulukko 7; kuvio 5.)

Taulukko 7. Käyttövesiverkoston kertoimet.

Muunnettava	Muunnos		
	Cu/kapil	Cu/purist	Komposiitti
Cu/kapil	-	0,872	1,025
Cu/purist	1,146	-	1,175
Komposiitti	0,975	0,851	-



Kuvio 5. Käyttövesiverkoston yhteenlasketut materiaali- ja asennuskustannukset.

7 Yhteenveto

Taloteknisissä putkistoissa on vuosikymmenten ajan käytetty hyvin pitkälle samoja materiaaleja ja liitostapoja, lukuun ottamatta muoviputkien tuloa markkinoille 1980-luvulla. Näissä perinteisissä materiaaleissa ja menetelmissä on yleensä yhteisenä nimittäjänä materiaalien edullinen hinta ja kalliit asennuskustannukset. Markkinoille on kuitenkin tullut viime vuosina uusia materiaaleja ja liitostapoja, joilla asennusaikaa on saatu nopeutettua huomattavasti, mutta yleensä näissä järjestelmissä osien hinta on suhteessa kalliimpia verrattuna perinteisiin asennusmenetelmiin. Viime vuosina näiden osien hinta on niiden käytön yleistyessä tullut alaspäin ja samaan aikaan asentajakustannukset ovat nousseet. Näiden yhteisvaikutuksena työssä nähtävät laskelmat osoittavat, että joissain tapauksissa uudet nopeammat menetelmät tulevat kokonaishinnaltaan edullisemmaksi kuin työlääät perinteiset menetelmät. Hyvä esimerkki nähdään esimerkiksi käyttövesiverkostossa, jossa puristettavat kupariosat tulevat kokonaishinnaltaan edullisemmaksi kuin kapillaariosin tehtynä. Sama ilmiö on havaittavissa verrattaessa valurautaviemäriä ja PEH-viemäriä kokonaishintoja.

Tulevaisuudessa uudet menetelmät, kuten puristusliitokset, tulevat varmasti yleistymään taloteknisten putkistojen asennuksissa, varsinkin kun käytön yleistyessä osien hinnat tulevat vielä laskemaan.

Lähteet

- 1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. 2012. Määräykset ja ohjeet 2007. Suomen Rakentamismääräyskokoelmat D1. Ympäristöministeriö.
- 2 Talotekniikka RYL 2002: talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset 2002, osa 1. 2003. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 3 LVI-ohjekortti 20-10348. Putkistojen asennus 2004. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 4 Kekki, Tomi K., Keinänen-Toivola. Minna M., Kaunisto, Tuija, Luntamo, Marja. 2007. Talousveden kanssa kosketuksissa olevat verkostomateriaalit Suomessa. Vesi-Instituutin julkaisuja 1. Saatavissa:
http://www.samk.fi/download/27072_Julkaisu1.pdf
Luettu 28.2.2014
- 5 Käyttövesi. Verkkodokumentti. Scandinavian Copper Development Association.
<http://www.kupari.com/index.asp?page=48>
Luettu 28.2.2013
- 6 PEX-käyttövesijärjestelmä käsikirja. 2009. Uponor Suomi Oy
http://www.uponor.fi/~media/Files/Uponor/Finland/Tap%20water%20PEX/Brochures/PEX_Kasikirja_2009.pdf
Luettu 7.3.2014
- 7 Komposiittijärjestelmä käsikirja. 2010. Uponor Suomi Oy
http://www.uponor.fi/~media/Files/Uponor/Finland/MLCP/Installation%20manuals/9001_Komposiitti_kasik_010610.pdf
Luettu 7.3.2014
- 8 Viemärintijärjestelmät käsikirja. 2006. Uponor Suomi Oy
<http://www.uponor.fi/~media/Files/Uponor/Finland/Soil-waste/Installation%20manuals/37003Kiintviemksikirja022007.pdf>
Luettu 7.3.2014
- 9 Polyeteenin perustiedot. Verkkodokumentti. HAKA Plast OÜ
<http://www.hakaplast.ee/fin/tekninen-tieto>
Luettu 7.3.2014
- 10 Puristusliitos – tiivisterenkaallinen. Verkkodokumentti. Scandinavian Copper Development Association.
kupari.com http://www.kupari.com/files/Pressfitt_FI.pdf
Luettu 7.3.2014

- 11 Mapress kupari. Verkkodokumentti. Geberit Oy
http://www.geberit.fi/media/local_media/Aelae_stressaa__Purista_se_CU.pdf
Luettu 7.3.2014
- 12 Htisausmenetelmät. Verkkodokumentti, OY ESAB.
<http://www.esab.fi/fi/fi/education/processes.cfm>
Luettu 8.3.2014
- 13 Gas Welding / OXY – Asetylene Welding. Verkkodokumentti. Notes Cart
<http://www.notescart.com/gas-welding-oxy-acetylene-welding>
Luettu 8.3.2014
- 14 Weho Press käsikirja. 2009. Oy KWH Pipe Ab.
<http://www.kwhpipe.fi/Link.aspx?id=369676>
Luettu 9.3.2014
- 15 HT-PP-viemärijärjestelmä. Pipelife Nordic Oy.
http://www.pipelife.fi/media/fi/Tuote-esitteet/HT_PP_viemarijarjestelma.pdf
Luettu 9.3.2014
- 16 PE-putken sähköhitsaus. 2011. Muoviteollisuus Ry. Putkijaoston julkaisu no 40.
<http://www.pipelife.fi/media/fi/Asennusohjeet/Sahkomuhvihitsaus/PE-putkien-shkhitsaus-painettu-2011-05-12.pdf>
Luettu 9.3.2014
- 17 Tuoteluettelo. Liitospanta Duo 100. Verkkodokumentti. Saint-Gobain Pipe Systems Oy, <http://www.sgps.fi/captum.asp?tid=203&id=53&taso=2&sivu=>
Luettu 12.3.2014
- 18 Esitys: Kierrelitoksen tekeminen. Verkkodokumentti. Opetushallitus. EDU.fi.
http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/lvi/aihio3/flash/esitys_1.htm
Luettu 12.3.2014
- 19 Esitys: Energiatehokas paineilmajärjestelmä, Osa 1/2. Verkkodokumentti. Koulutusmateriaali. Motiva Oy
http://www.motiva.fi/files/7808/Energiatehokkaan_paineilmajarjestelman_suunnittelu_KOULUTUSAINEISTO.pdf
Luettu 14.3.2014
- 20 Lämmitysputkien kustannusvertailu materiaalien ja asennusmenetelmien välillä. 2011. Insinööriyö. Mäkelä, Ilkka. Talotekniikan koulutusohjelma. Oulun seudun ammattikorkeakoulu.
http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27399/Makela_Ilkka.pdf?sequence=1
Luettu 14.3.2014

- 21 Käyttövesi, komposiitti. Verkkodokumentti. Uponor Suomi Oy.
<http://www.uponor.fi/ratkaisut/talotekniikka/komposiitti/putki.aspx>
Luettu 14.3.2014
- 22 Ensign Manual. 2009. Saint-Gobain PAM UK
http://www.saint-gobain-pam.co.uk/assets/docs/sdr/Ensign_Manual_2009.pdf
Luettu 14.3.2014
- 23 Viemäröintitekniikka, oppikirja. 2007. Penan tieto-opus Ky.
http://www.penantieto-opus.fi/files/viemarointitekniikan_oppikirja.pdf
Luettu 15.3.2014
- 24 PEX-putken rakenne kuva. Verkkodokumentti.
<http://waastek.palvelut.pohjalainen.fi/2012/01/04/rakentajat-laadukas-aurelia-lattialammitusjarjestelma-waastek-oy-0503170179/>
Luettu 15.3.2014
- 25 Välitinkalvot painelähetimille. Verkkodokumentti. Oy Sääto Ab.
<http://www.saato.fi/fi/Tuotteet/Paineeromittaus/?cat%3D205%26page%3D0%26ws%3D%26prod%3D642>
Luettu 15.3.2014
- 26 Kupariputkien liittäminen. Verkkodokumentti. Cupori Oy
<http://www.cupori.com/kupariputkien-asennus/asennus-asennusopas/kupariputkien-liittaminen>
Luettu 17.3.2014
- 27 Tietoa Caverionista. 2014. Verkkodokumentti.
http://www.caverion.fi/fin/Tietoa_Caverionista/Caverion-konserni
Luettu 3.4.2014

Liitostapojen ja materiaalien soveltuvuustaulukko

	Juottaminen	Puristusliitos	Hitsaus	Kierreltiitos	Muhviliitos	Sähköhitsaus	Pantaliitos	Laippaliitos**
Kupari	X	X	-	-	-	-	-	X
Rst	-	X	X	X	-	-	-	X
Teräsputki	-	X*	X	X	-	-	-	X
Komposiitti	-	X	-	-	-	-	-	-
PEH	-	-	-	-	-	X	-	X
Htp viemäri	-	-	-	-	X	-	-	X
Valurautaviemäri	-	-	-	-	-	-	X	X

*puristusliitokset ainoastaan sinkitylle teräsputkelle

**laippaliitosta varten joudutaan laippa yleensä ensin asentamaan putkeen jollain muulla liitostavalla

Materiaalien ja asennustapojen soveltuvuustaulukko

	Cu/juot	Cu/ puris.	Rst/ hits.	Rst/ puris.	Rst/ kier.	Rst/ laippa	Teräs/ hits.	Teräs/ kier.	Teräs/ laippa	Kom- posiitti	PEX	PEH	Rst/ muhvi	Htp	Valur/ panta
Käyttövesi	X	X	X	X	X	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-
Jätevesi	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X
Sadevesi	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X
Lämmitys	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-
Jäähdytys	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-
Paineilma	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Höyry			X		X*	X*	X	X*	X*						

*Laippa- ja kierrelitoksia käytetään vain jos liitettävä laite tai varuste sitä edellyttää

Vertailuissa käytettävät massat ja laskutoimitukset

Taulukko 1. Jätevesiviemärien massat ja laskutoimitukset.

Tarvikkeet: valurauta (muovi/rst)		Valurauta	Htp	PEH	Rst muhvi
100 (110)	41				
70 (75)	20				
50 (50)	9				
100 (110) 45°	24				
70 (75) 45°	18				
50 (50) 45°	8				
100x45 (110x45) kulmayhde	21				
70x45 (75/45) kulmayhde	5				
100->70 (110->75) supistus	18				
70->50 (75->50) supistus	6				
100 panta (valur.)	70				
70 panta (valur.)	50				
50 panta (valur.)	30				
110 smuhvi (muovi/rst)	10				
75 suora muhvi (muovi/rst)	7				
50 suora muhvi (muovi/rst)	5				
Yhteensä					
Holvin lävistys	18				
Asennustunnit	NH				
Asennuskustannukset	48				
Materiaali ja asennus kustan.					

Taulukko 2. Sadevesiviemärien massat ja laskutoimitukset

Tarvikkeet: valurauta (muovi/rst)		Valurauta	Htp	PEH	Rst muhvi
100 (110)	75				
100 (110) 45° kulmayhde	50				
100x45 (110x45) haarayhde	5				
100 panta (valur.)	130				
110 kaksoismuhvi (muovi, rst)	20				
Yhteensä					
Asennustunnit	NH				
Asennuskustannukset	48				
Materiaali ja asennus kustan.					

Taulukko 3. Lämmitysjärjestelmän massat ja laskutoimitukset.

Tarvikkeet: musta (komposiitti)			musta kier.	komp.
10 (16)	70		■	■
15 (20)	240		■	■
20 (25)	130		■	■
25 (32)	75		■	■
käyrät				
10 (16)	10		■	■
15 (20)	40		■	■
20 (25)	40		■	■
25 (32)	25		■	■
t-haarat				
20-10-20 (25-16-25)	50		■	■
15-10-15 (20-16-20)	60		■	■
25-15-25 (32-20-32)	10		■	■
komp. 16x3/8	80		■	■
suora muhvi 15 (20)	30		■	■
suora muhvi 20 (25)	15		■	■
suora muhvi 25 (32)	10		■	■
Yhteensä			■	■
Asennustunnit			■	■
Asennuskustannukset	48		■	■
Materiaali ja asennus kust.			■	■

Taulukko 4. Jäähdytysjärjestelmän massat ja laskutoimitukset.

Tarvikkeet kupari (komposiitti)			Cu kapil	Cu purist.	Komp
18 (20)	170				
22 (25)	80				
28 (32)	25				
35 (40)	45				
42 (50)	10				
54 (63)	65				
kaaret					
18 (20)	25				
28 (32)	15				
35 (40)	15				
54 (63)	15				
t-haarat	cu/ kap*	cu/pur komp*			
22-22-22 (25-25-25)	-	20			
54-22-54 (63-25-63)	-	10			
42-22-42 (50-25-50)	-	20			
supistukset					
22->18 (25->20)	2	50			
54->42 (63->50)	2	2			
42->35 (50->40)	2	2			
35->28 (40->32)	2	2			
Yhteensä					
Asennustunnit NH					
Asennuskustannukset 48e/NH	48				
Materiaali ja asennus kust.					

*kapillaariliitoksen osa haaroista tehdään haaroitustyökälulla, ei osilla.
Tällöin supistuksiakaan ei mene niin paljoa

Taulukko 5. Käyttövesijärjestelmän massat ja laskutoimitukset.

Tarvikkeet: kupari (komposiitti)			Cu kapil	Cu purist.	Komp
12 (16)	80		■	■	■
15 (16)	25		■	■	■
18 (20)	5		■	■	■
35 (40)	20		■	■	■
42 (50)	15		■	■	■
54 (63)	5		■	■	■
kaaret					
35(40)	10		■	■	■
42(50)	7		■	■	■
t-haarat	cu/ kap*	cu/pur komp*			
15(16)	10	12	■	■	■
18(20)	10	18	■	■	■
22(25)	3	5	■	■	■
28(32)	3	5	■	■	■
42(50)	3	5	■	■	■
supistukset	cu/ kap*	cu/pur komp*			
15->12	4		■	■	■
18->15 (20->16)	6	10	■	■	■
22->18 (25->20)	2	5	■	■	■
28->22 (32->25)	2	5	■	■	■
Yhteensä			■	■	■
Asennustunnit NH			■	■	■
Asennuskustannukset 48e/NH	48		■	■	■
Materiaali ja asennus kust.			■	■	■

*kapillaariliitoksin osa haaroista tehdään haaroitustyökälulla, ei osilla.
Tällöin supistuksiakaan ei mene niin paljoa