



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Jani Lindvall

Jäähdytysputkistomateriaalin valinnan vaikutus urakkahintaan

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

16.3.2022

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jani Lindvall Jäähdytysputkistonmateriaalin valinnan vaikutus urakkahintaan 36 sivua + 5 liitettä 16.3.2022
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-tekniikka
Ohjaajat	diplomi-insinööri Mikko Lahdensuo lehtori Markku Leino
<p>Tämä insinööri työ tehtiin Consti Talotekniikka Oy:n toimeksiannosta. Työssä esitellään, mikä jäähdytysputkistonmateriaali on urakoitsijalle kustannustehokkain materiaali- ja asennuskustannuksiltaan.</p> <p>Työssä esiteltiin toteutettava toimistorakennus, joka saneerataan kokonaisuudessaan. Kohteen jäähdytysputkistoista massoiteltiin kaikki materiaalit osineen ja tehtiin kokonaiskustannusvertailu. Vertailussa olleiden materiaalien massat kilpailutettiin useammalla eri toimittajalla ja selvitettiin kustannuksiltaan edullisin materiaali. Jokaiselle vaihtoehdoiselle järjestelmälle laskettiin LVI-toimialan työehtosopimuksen mukaiset normitunnit ja laskettiin näiden perusteella asennuskustannukset sosiaalikuluneen. Kokonaiskustannuksia vertailemalla saatiin selvitettyä urakoitsijalle kustannustehokkain ja edullisin vaihtoehto toteuttaa jäähdytysputkistot.</p> <p>Työssä vertailtiin materiaaleina haponkestävää ja ruostumatonta teräsputkea hitsaamalla ja puristusliitoksin, kupariputkia kapilaariosin ja puristusliitoksin, komposiittiputkea puristusliitoksin ja sähkösinkittyä teräsputkea puristusliitoksin. Kaikki vaihtoehtoisten järjestelmien materiaalit ja liitostavat esiteltiin.</p>	
Avainsanat	Consti, jäähdytysputkisto, toimistorakennus, kokonaiskustannus, kupari, teräs, komposiitti, sinkitty, maailmanmarkkinat, hintakehitys

Author Title	Jani Lindvall Impact of Cooling Piping Material on Total Contract Costs
Number of Pages Date	36 pages + 5 appendices 16 March 2022
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Engineering, Production Orientation
Instructors	Mikko Lahdensuo, Master of Science in Engineering Markku Leino, Senior Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to determine the most cost-efficient cooling pipe system (CPS) material for a contractor when both material expenses and installation expenses were considered. The case evaluation performed in this thesis was an office building that was scheduled to be fully renovated. The total mass of the CPS of the building was calculated for different materials, and the total costs of the resulting alternative CPSs were compared to one another.</p> <p>The different CPS materials compared in this thesis were acid resistant steel (welded joint, crimped joint), stainless steel (welded joint, crimped joint), copper (capillary joint, crimped joint), composite (crimped joint), and electrogalvanized steel (crimped joint). All of the materials and joint designs were presented in the thesis.</p> <p>Quotations for the CPS materials were obtained from several suppliers, and the most cost-efficient material was determined. The total working hours of installation for the different systems were calculated on the basis of the collective labour agreement for the heating, plumbing and air conditioning sector, and the installation expenses (including social expenses) were calculated. By comparing the total costs (material expenses and installation expenses) of the alternative CPSs, the most cost-efficient option was determined.</p>	
Keywords	cooling pipe system, office building, overall cost, copper, steel, composite, galvanized, world market, price development

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Consti Oyj yrityksenä	2
3	Vertailtavat putkistomateriaalit ja asennustavat jäähdytysverkostoissa	4
3.1	Ruostumaton ja haponkestävä teräsputki	4
3.2	Kupariputket	8
3.3	Komposiittiputket	13
3.4	Sähkösinkitty teräsputki	15
4	Mallikohteen esittely	16
5	Jäähdytysjärjestelmät kohteessa	18
6	Massojen keräys	21
7	Hinnoittelun perusteet	22
7.1	Materiaalikustannukset	22
7.2	Kannake- ja kiinnikekustannukset	23
7.3	Asennushinta	23
7.4	Normituntien lisäprosentit	24
7.5	Sosiaalikulut	25
8	Lopulliset kustannukset	26
9	Materiaalihintojen kehitys maailmanmarkkinoilla	27
9.1	Haponkestävä ja ruostumaton teräs	29
9.2	Kupari	30
9.3	Komposiitti	31
9.4	Sähkösinkitty teräs	31
10	Yhteenveto ja pohdinta	33
	Lähteet	34

Liitteet

Liite 1. Mallikohteen massalistat

Liite 2. Kannake- ja kiinnikemateriaalien kustannuslaskenta

Liite 3. Kohteen normituntilaskenta järjestelmittäin

Liite 4. Kokonaiskustannukset järjestelmittäin

Lyhenteet

Hfe	haponkestävä teräs
JIV	jäähdytysilmanvaihtoverkosto
JPV	jäähdytyspalkkiverkosto
KVR	kokonaisvastuurakentaminen
LVI	lämpö, vesi ja ilmanvaihto
RFe	ruostumaton teräs
VAK	valvonta-alakeskus

1 Johdanto

Sisäilmastoluokkien lämpötilavaatimusten tiukentuessa, tulevaisuudessa rakennusten suunnittelussa ja toteutuksessa on yhä enemmän tarvetta paneutua jäähdytyksen tarpeeseen. Tämän vuoksi yhä useampaan rakennukseen toteutetaan jäähdytysjärjestelmä uudiskohteissa. Saneerauskohteissa sen sijaan on yleisempää huonekohtaisten jäähdytysten lisääminen rakennukseen. Suomessa toimistotalokanta on jo kohtalaisen vanhaa. Jotta vanhemmat toimistorakennukset pystyisivät kilpailemaan uudisrakennusten kanssa vuokralaisista, on niiden investoitava saneerauksiin, etenkin talotekniikkaan ja sen myötä myös jäähdytykseen.

Consti OYj on Helsingissä sijaitseva suuryritys, jolla on monta toimialayksikköä, mm. talotekniikkaan erikoistunut Consti Talotekniikka Oy. Yhä useammassa kohteessa on tulevaisuudessa tarve jäähdytykselle, sen vuoksi haluttiin selvittää kustannustehokkain tapa toteuttaa jäähdytysverkostot. Tällöin saadaan suuri etu tarjouksia jättäessä sekä jo saatuja kohteita toteuttaessa. Kustannustehokkuudessa yrityksellä on jo vakiintuneet käytännöt, mutta näitä haluttiin tarkastella tarkemmin ja päivittää vastaamaan nykypäivän tarpeita. Tämä insinööri työ tehdään Consti Talotekniikka Oy:n toimeksiannosta vastaamaan yrityksen tarvetta.

Insinööriyön tavoitteena on selvittää kustannustehokkain tapa toteuttaa jäähdytysverkostot materiaali- ja asennuskustannuksineen. Vertailtaviksi materiaaleiksi on valittu RST/HST-putkistot hitsattavilla ja puristettavilla osilla, kupariputket kapilaariosilla ja puristusosilla, sähkösinkitty teräspankki puristusosilla ja komposiitti puristusosilla. Materiaaleihin tutustutaan työssä tarkemmin ja perehdytään niiden soveltuvuuteen jäähdytysverkostossa.

Opinnäytetyössä lasketaan kahden eri kohteen jäähdytysputkistojen massat, pyydetään näistä useammalta toimittajalta tarjoukset sekä lasketaan työlle asennushinta talotekniikka-alan työehtosopimuksen mukaisesti. Kokonaiskustannuksia vertailemalla on tavoitteena valita kustannustehokkain tapa toteuttaa jäähdytysverkosto kyseisiin kohteisiin urakoitsijan näkökulmasta.

2 Consti Oyj yrityksenä

Consti OYj on yksi Suomen johtavista taloteknisiin ja korjausrakentamiseen keskittyneistä yhtiöistä. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Helsingissä. Yhtiöllä on neljä toimialaa: Yritykset, Julkiset, Taloyhtiöt ja Talotekniikka. Jokainen toimiala toimii omalla Y-tunnuksella emoyhtiön alaisuudessa. Yhtiön toiminta on keskittynyt Suomen kasvukeskuksiin, ja sillä on toimipisteitä joka puolella Suomea, sen pääkonttori sijaitsee Helsingissä, ja muut toimipisteet sijaitsevat Tampereella, Turussa, Oulussa, Kuopiossa, Hämeenlinnassa sekä Jyväskylässä. Kaikkiaan Consti-konserni työllistää noin 1 000 talotekniikan ja korjausrakentamisen ammattilaista. [1]

Consti-konserni tarjoaa laajalle asiakaskunnalleen kattavasti korjausrakentamisen ja talotekniikan palveluita sekä toteuttaa myös valikoidusti uudisrakentamisen kohteita. Laajaan asiakaskuntaan kuuluu yritykset, taloyhtiöt, sijoittajat ja julkinen sektori. [1]

Consti-konserni toteutti vuonna 2020 noin 700 eri projektia, jotka koostuivat korjauskohteista, koulu- ja muut toimitilauudistuksista, asuintalojen linjasaneerauksista sekä julkisivuremonteista. [2]

Lukuisista toteuttamista kohteista mainittakoon referenssikohteina:

- Turun messukeskus
- Finlandia-talo
- Plaza Helsinki-Vantaan lentoasema
- Vaasan sairaala
- Hotelli Scandic Marski.

Vastuullisuus kuuluu keskeisenä osana Consti-konsernin strategiaan, yhtiö päivitti kulu-neena vuonna vastuullisuusteemansa ja kartoitti tärkeimmät kehityskohteensa matkalla

alan vastuullisuuden ja kestäväen kehityksen edelläkävijäksi. Consti OYj:n kaikkien toimialojen vastuullisuusteemoja ovat työturvallisuus, työhyvinvointi, ympäristömyönteisyys, toimitusketjut ja asiakastytyväisyys. [2]

Consti Talotekniikka Oy

Consti Talotekniikka Oy on perustettu vuonna 2003 osakeyhtiö, joka toimii emoyhtiönsä Consti OYj:n alaisuudessa, kotipaikkakuntana toimii Helsinki, ja sen päätoimiala on talotekniikka. [3]

Consti Talotekniikka Oy:n yksikkö tekee pääsääntöisesti LVI-, sähkö, automaatio-, jäähdytys- ja sprinkleriurakointia, sillä on myös Consti Service -tiimi ylläpidon töitä varten. Näiden lisäksi Consti Talotekniikalla on myös omat suunnittelijat, joiden työtehtävät vaihtelevat talotekniikan kokonaissuunnittelusta aina konehuonesuunnitteluun asti. Yksikkö on myös vahva KVR-urakoiden moniosaaja, sillä on paljon kokemusta projektinjohtourakoista ja Allianssikohteista. Yksikön tavoitteena on tarjota asiakkailleen laadukkaat ja kustannustehokkaat ratkaisut sekä olla yksi markkinoiden johtavista moniosaajista. [4]

Consti Talotekniikan referenssikohteita ovat muun muassa

- St. George -hotelli, Yrjönkatu 13
- Länsimetro, Koivusaaren, Niittykummun ja Matinkylän asemat
- IKEA Espoo
- Helsinki-Vantaan lentokentän uusi terminaali 2
- Kauppakeskus Kaari [5].

3 Vertailtavat putkistomateriaalit ja asennustavat jäähdytysverkostoissa

3.1 Ruostumaton ja haponkestävä teräsputki

Kirkkaiksi teräksiksi luokitellut materiaalit jakautuvat haponkestäviin, ruostumattomiin, ja duplex-teräksiin. Mustiin teräksiin verrattuna kirkkaiden teräksien materiaalit ovat seostetuimpia, ja niiden nikkeli-, kromi-, ja molybdeeniarvot ovat korkeampia. Nämä antavat vastustuskykyä hapettumista ja korroosiota vastaan. Niiden hitsaus- ja muovausominaisuudet ovat erinomaiset, eikä materiaali päästä kromiseostuksen vaikutuksen muodostamasta passiivikalvosta ilmaa tai vettä seinämien lävitse. Mahdollisten pintavaurioiden yhteydessä se muodostaa passiivikerroksen uudelleen. [6]

Kirkkaat teräkset noudattavat painelaitedirektiiviä eli PED (Pressure Equipment Directive), ja ne täyttävät eurooppalaiset painelaitemääräykset. Materiaali on ympäristöystävällinen ja täysin kierrätettävissä käyttöikänsä jälkeenkin. [6]

Ruostumattomia ja haponkestäviä teräksiä on saatavilla mm. seuraavilla pinnanlaaduilla:

- 1D = kuumavalssattu, hehkutettu, peitattu
- 2B = kylmävalssattu, hehkutettu, peitattu, viimeistelyvalssattu [6].

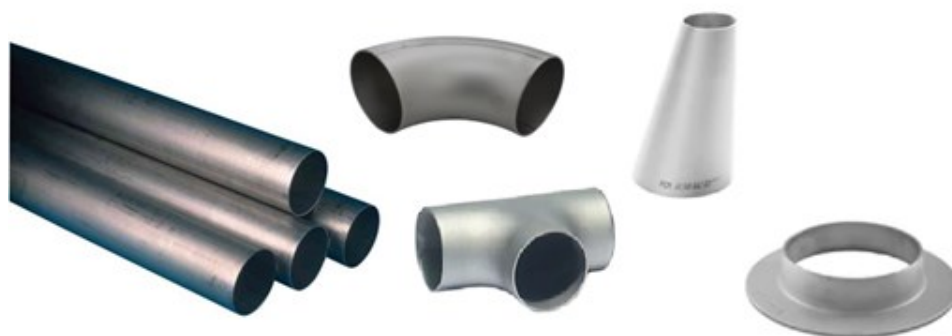
Ruostumaton teräsputki

Ruostumattomien teräsputkien materiaalien pääseosaineina ovat nikkeli ja kromi. Eurooppalaisen standardin 7 EN 10088 mukainen 1.4307 (AISI 304L), teräslaji tunnetaan myös 18/8 teräksenä, 18-10 kuvaa juuri kromin ja nikkelin prosentteja, ja sen seokset on valmistettu hyvin niukkahiilisenä, mikä puolestaan helpottaa mm. hitsausta. Ruostumaton teräs on lujaa ja sitkeää, sekä sillä on useita käyttökohteita. Materiaalin suurin käyttäjä ja elintarviketeollisuus. Materiaalin valtteja ovat sen helppo puhdistettavuus ja hygieenisuus, sen vuoksi sitä käytetään usein myös kodinkoneissa ja aterimissa. Ruostumattoman teräksen elinkaari on monissa kohteissa pidempi, kuin esimerkiksi hiiliteräksellä, vaikka hiiliteräs käsiteltäisiin vulkanoimalla, suojamaalaamalla tai sinkkaamalla. Myös sen elinkaaren aikana on kunnossapito edullisempaa. [7]

Haponkestävä teräsputki

Haponkestävissä teräksissä kromi ja nikkeli pysyvät pääseosaineina, mutta korroosion kestävyyttä saadaan kasvatettua lisäämällä molybdeeniä. Mitä enemmän molybdeeniä lisätään seokseen, sitä enemmän materiaali kestää kovempia happoja. [7]

Tavanomaisimmin kauppalaadut, kuten 1.4404 haponkestävät teräkset (kuva 1) sisältävät molybdeeniä 2 %. Aiemmin Suomessa suosittu kauppalaatu oli 1.4432 ja 1.4436, joissa oli molybdeeniä noin 3 %. Molybdeenin määrä on kuitenkin suoraan materiaalin hintaa korottava tekijä, joten matalampipitoiset laadut ovat käytetyimpiä. Kemianteollisuus ja kuljetus ovat haponkestävän teräksen suurimmat kuluttajat. Haponkestävä teräs on eurooppalaisen standardin EN 10088 mukainen 1.4401 (AISI 316) -materiaali. [7]

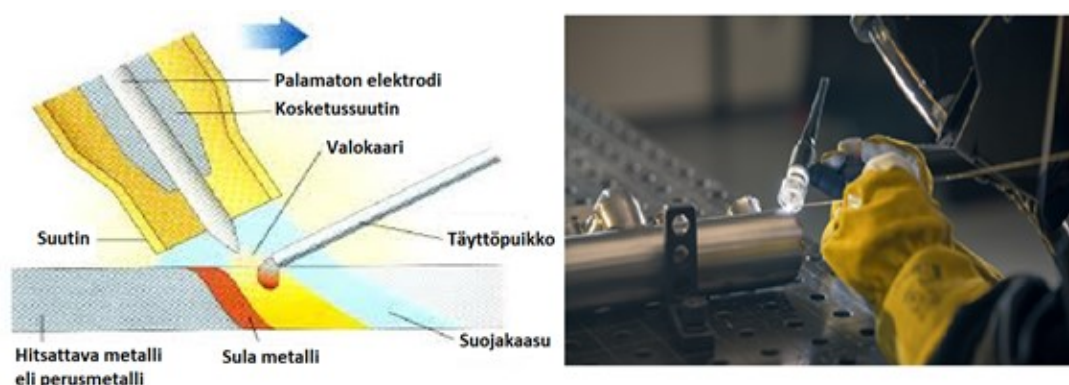


Kuva 1. Haponkestäviä teräsputkia ja hitsattavia osia.

RFe- ja Hfe-liitostavat, hitsaus- ja puristusmenetelmä

Hitsausmenetelmät

Yleisimmät hitsaustavat työmailla ovat puikkohitsaus ja TIG-hitsaus (Tungsten Inert Gas welding). TIG-hitsausmenetelmä (kuva 2) valitaan usein kohteissa, jossa vaaditaan luokkasaumaa ja sauman ulkonäkö on tärkeä. Luokkahitsauksen vaatimukset on esitetty standardissa SFS-EN ISO 9606-1, ja se asettaa erityisvaatimuksia tarkkuudelle. Luokkahitsauksen lisäksi vaativuutta lisää TIG-hitsauksessa se, että sen hitsaustekniikassa on enemmän hallittavia asioita kuin muissa menetelmissä. TIG-hitsauksessa toisella kädellä kuljetetaan poltinta, ja toisessa kädessä on lisäainetta, jota syötetään hitsisulaan. Hitsaajan on siis hallittava hyvin molempien käsien koordinaatio, kun taas esimerkiksi MIG/MAG-hitsauksessa voidaan antaa lisätukea polttimolle. [8]



Kuva 2. TIG-hitsausmenetelmä ja asentaja hitsaamassa.

TIG-hitsaus tapahtuu polttimen työntävällä liikkeellä, ja lisäainetta voidaan syöttää hitsattavaan saumaan joko tipoitain tai jatkuvana syöttönä, jolloin lisäainelanka pidetään koko ajan hitsisulassa. Lisäainetta ei välttämättä tarvita TIG-hitsauksessa, sillä kappaleet voidaan liittää myös toisiinsa sulattamalla railo yhteen. Putkistoja hitsatessa lisäainetta käytetään aina ja se syötetään aina hitsisulaan käsin eikä hitsauspolttimen kautta, kuten MIG/MAG-hitsauksessa. [8]

TIG-hitsauspoltin eroaa rakenteeltaan täysin MIG/MAG-polttimesta. TIG-hitsauksessa valokaari palaa sulamattoman volframelektrodin ja työkappaleen välissä. Suojakaasuna käytetään aina inerttiä kaasua, joka ei vaikuta itse hitsausprosessiin. Yleisimmin käytetty

suojakaasu on argon, joka suojaa hitsisulan lisäksi myös polttimen elektrodi hapettumiselta. TIG-hitsausmenetelmiä on myös erilaisia, esimerkiksi tasavirtaa käyttävä DC TIG -hitsaus ja vaihtovirtaa käyttävä AC TIG -hitsaus ja pulssi-TIG. [8]

Puristusmenetelmä

Geberitin puristusmenetelmässä käytetään ohutseinäisempää putkea kuin hitsausmenetelmässä, ja esimerkiksi RST-putkelle on kolme eri laatua, ja ne ovat kaikki värikoodattuja, CrNiMo (ei väriä), CrMoTi (vihreä) ja CrNi (punainen). Järjestelmässä on myös RST-osat värikoodattu kaikki sinisiksi, poikkeuksena kaasuputkistoille sopivissa osissa on keltainen neliskanttinen leima, joka on havaittavissa kuvassa 3. [9]



Kuva 3. Geberit RST -järjestelmien puristusosia

Puristusosat eivät vaadi tulitöitä, joten ne ovat saneerauskohteissa käytännöllisempiä. Puristusosiin on saatavilla useampaan järjestelmään soveltuvia tiivisteitä, joka tekee niiden käytöstä yleisempää. Puristusliitokseen on myös kehitelty jo useamman toimittajan osalta vuodonilmaisim, joka luo turvaa asennuksille ja mahdolliset epäonnistuneet/ puristamattomat liitokset tulevat esiin jo koeponnistusvaiheessa. [10]

Puristusliittimiä on olemassa kahdelle erilaiselle leukamallille, V-leukaisille ja M-leukaisille. Liittimille yleisin leukamalli on M-leukainen, jota myös Geberit käyttää tuotteissaan, ne sopivat valmistajasta riippumatta kaikkiin niille tarkoitettuihin liittimiin, vastaavasti erimerkkisille V-leukaisille tarkoitetuille puristusosille on olemassa oma puristustyökalu.

Puristustyökalu koostuu puristuslaitteesta ja puristusleuoista tai puristuskauluksista. Puristustyökoneelle on kalibroitu juuri oikeansuuruinen momentti automatiikan avulla, joten puristukset ovat tekijästä riippumatta aina jokaisella liitoksella automaattisesti oikean suuruisia. Puristustyökalu tulee muistaa kalibroida aina määrätyin väliajoin, jotta puristukset säilyvät asennusohjeiden mukaisesti oikeassa momentissa. Puristustyökaluja on olemassa hydraulilla toimivia käsikäyttöisiä ja sähkökäyttöisiä. Leukoja on aina jokaiselle putkikoolle erikseen, pienemmille on tarkoitettu pelkät puristusleuat, ja suuremmille kokoluokille puristuskaulukset. [10]

3.2 Kupariputket

Materiaaliesittely

Kupariputki on yleisimmin jäähdytysverkostoissa käytetty materiaali, sen helpon työstettävyyden ja seostettavuuden johdosta. Kuparia käytetään myös usein lämmönsiirtimen materiaalina sen hyvän lämmönjohtokyvyn takia. Kupariputkien valmistukseen on olemassa kupariputkistandardi SFS-EN 1057, jonka mukaan putket on valmistettava fosforilla deoksidoidusta kuparista, jonka tulee sisältää vähintään 99,9 % kuparia ja 0,015–0,040 % fosforia, joka parantaa kuparin kuumahaurausominaisuuksia. [11]

Kuparin fysikaaliset ominaisuudet ovat

- tiheys 8,94 kg/ dm³
- ominaislämpökapasiteetti 385 J/kg K
- sulamislämpötila +1 083 °C
- lämpölaajenemiskerroin 1,68 x 10⁻⁵/K
- lämmönjohtavuus 295 W/Km [12]

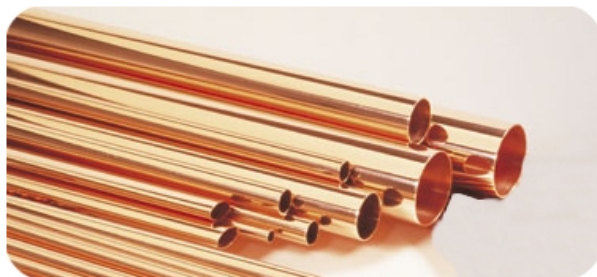
Kupariputkia on useampaa eri laatua, joiden mekaaniset ominaisuudet on esitetty taulukossa 1. [12]

Taulukko 1. Kuparin mekaaniset ominaisuudet.

Kupariputkien mekaaniset ominaisuudet				
Kuparin merkintä	Kovuustila	Murtoraja, Rm, Mpa	Venymä	Kovuus, HV5
R290	Kova	min. 290	min. 3	keskim. 125
R250	Puolikova	min. 250	min.20	keskim. 85
R220	Hehkutettu	min. 220	min. 40	keskim. 55

Kupari sopii erinomaisesti useampaan, kuten vesijohto-, lämmitys-, jäähdytys- ja kylmäainejärjestelmiin. Suljetuissa järjestelmissä, kuten jäähdytysverkosto, kupari on yksi parhaista materiaaleista, koska se ei jaloutensa vuoksi syövy hapettomissa järjestelmissä ja tällöin sillä on rajaton käyttöikä. Kuparin käyttöikää vaikuttaa veden happamuus, jonka tulisi olla vähintään 6,7, ja sen suojakerrokset ovat parhaimmillaan pH-arvolla 8,9. [13]

Kupari on materiaalina pehmeä ja täten altis kolhuille, eli sitä on käsiteltävä varoen, jotta putkeen ei synny kolhiintumia tai painaumia. Kupariputkea asentaessa putkien päät tulee tulpata aina varastoidessa sekä myös aina välittömästi asennuksen jälkeen, putken sisään ei saa päästä likaa, jotta vältetään mahdollisilta tukkeumilta ja korroosioilta. Kupari on lähtökohtaisesti käsittelemättömänä todella luja metalli, minkä vuoksi sen kannatusväli on sama kuin muilla metalliputkistoilla käytettävä kannatusväli, mikäli kupariputkia hehkutetaan asennusten yhteydessä, tulee siitä pehmeämpää ja se tulee huomioida kannatusta rakentaessa. [14] Kupariputken teknisiä tietoja on esitetty kuvassa 4.



Suorat, kovat (R290) kupariputket, SFS-EN 1057
Putkipituus 5,0 m ja ulkohalkaisijoilla 12 mm-28 mm myös 3,0 m

Ulkohalkaisija, mm	Sisähalkaisija, mm	Seinämä, mm	Paino, kg/m	Tilavuus, dm ³ /m	LVI-Koodi	Suurin sallittu käyttöpaine (t
6	4,4	0,8	0,117	0,015	1581102	176
8	6,4	0,8	0,162	0,032	1581105	127
10	8,4	0,8	0,207	0,055	1581108	99
12	10,0	1,0	0,309	0,079	1581111	104
15	13,0	1,0	0,393	0,13	1581114	82
18	16,0	1,0	0,477	0,20	1581117	67
22	20,0	1,0	0,590	0,31	1581120	54
28	25,6	1,2	0,903	0,49	1581123	51
35	32,0	1,5	1,41	0,8	1581126	51
42	39,0	1,5	1,71	1,2	1581129	42
54	51,0	1,5	2,21	2,0	1581132	33
64	60,0	2,0	3,43	2,8	1581136	37
76,1	72,1	2,0	4,16	4,1	1581139	31
88,9	84,9	2,0	4,88	5,7	1581141	26
108	104,0	2,0	5,95	8,5	1581144	22
133	127,0	2,0	7,33	13,1	1581146	17
159	153,0	3,0	13,14	18,4	1581148	21

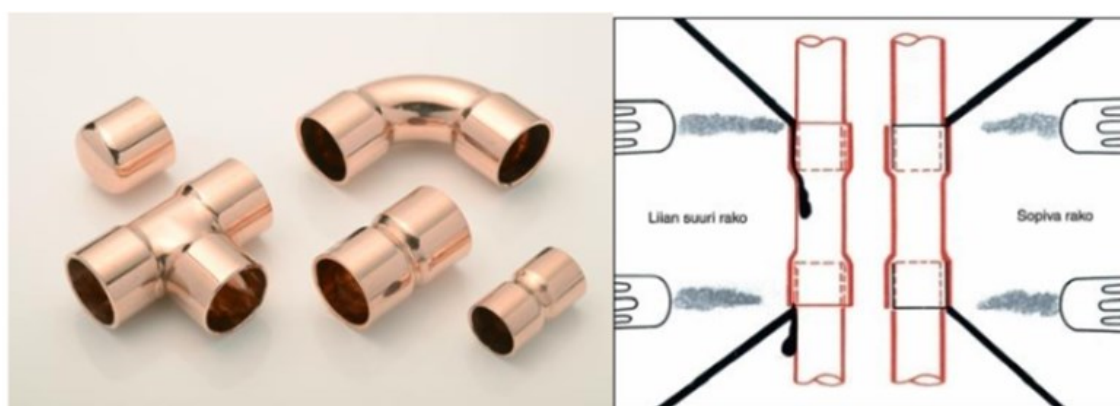
*) Suurin sallittu putken sisäpuolinen käyttöpaine on laskennallinen ja perustuu saksalaisten standardien mukaiseen laskentatapaan, jossa varmuuskerroin on 3,5 ja putkiston käyttölämpötila + 20 ° C. Laskennassa $R_m = 200 \text{ N} / \text{mm}^2$, joka vastaa lämpökäsittelyn yhteydessä pehmeäksi hehkuttuneen putken tilaa. Ilmoitetut arvot koskevat ainoastaan putkea, eivät liittimiä.

Kuva 4. Kupariputkien tekniset tiedot [12].

Kupariputkien liitostavat, juottaminen ja puristusosat

Juottaminen

Kovajuottaminen on edullisin ja yleisimmin käytetty liitostapa Suomessa. Juotoksella tarkoitetaan liitosta, jossa sideaineilla liitetään metalliosat toisiin, sideaineen sulamispisteen tulee olla aina yhdistettävää materiaalia alhaisempi (kuva 5). Sideainetta kutsutaan myös toiselta nimeltä juotteeksi. Ennen juotosta kappaleet tulisi puhdistaa mekaanisesti tai kemiallisesti, joissain tapauksissa puhdistamiseen käytetään myös rasvanpoistoaineita. Juotettavat materiaalit käsitellään ennen juotosta juoksutteella, eli fluksilla. [15]



Kuva 5. Kapillaariosia ja kapillaariliitoksen asennusohje.

Liitettävien materiaalien liitoskohdat kuumennetaan kaasuliekillä (esim. happiasetyyleeni) juotteen sulamislämpötilaan. Juotetta pidetään tällöin lämmitetyssä liitoskohdassa, jolloin se sulaa ja täyttää kapillaarivoiman ansiosta kappaleiden välissä olevan raon. Liitosta tehdessä kupariputken lämpötilan tulee olla yli 450 °C, liitoksessa lämpötila voi olla korkeampi (600–750 °C). Liitoksen jälkeen liitoskohta tulisi puhdistaa käyttäen esimerkiksi vettä, harjaamalla se tai käyttämällä juotos ultraääniälaaassa. Kovaliitoksia voidaan tehdä myös automaattisilla juotuskoneilla, käsin juottaminen on kuitenkin ylivoimaisesti käytetyin menetelmä. Kovajuottamisella voidaan myös yhdistää eri materiaaleja toisiinsa, tällöin on huomioitava kuitenkin oikean juotemateriaalin ja juoksutteen käyttö. Yleisin juotusmateriaali on fosfori, joka toimii aina kupari-kupari-liitoksissa tai hopeapohjaisten rauta tai ruostumattoman teräksen liitoksissa. Juoksutteet voivat sisältää boraatteja, klorideja, boorihappoa ja fluorideja. Puhdistuksessa käytettäviä materiaaleja ovat suolahappo- (kloorivetyhapon), typpi-, ja rikkiseokset. [15]

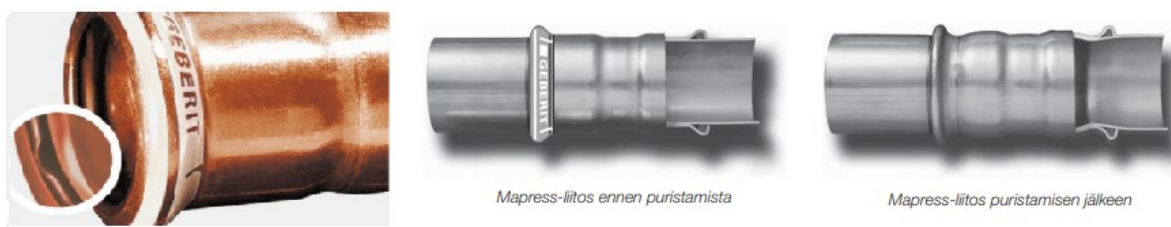
Puristaminen

Puristusliitoksia tehdessä käytetään täysin samaa kupariputkea kuin juotettavia osia käyttäessä, tällöin materiaaliominaisuuksissa ei tapahdu muutosta. Järjestelmissä suurin eroavaisuus on puristusosissa käytettävät tiivisteet, joita on saatavilla eri järjestelmille mittavasti, kun vastaavasti kapilaariosissa ei tiivisteitä ole lainkaan. Puristusliitokset (kuva 6) ovat yleistyneet kehityksen myötä, sillä ne ovat nopeampia asentaa ja ne eivät vaadi tulitöitä asennuksessa. Tällöin esimerkiksi saneerauskohteissa ei jouduta ottamaan turhia tulipaloriskejä. [16]



Kuva 6. Erilaisia kupariputkelle sopivia Mapress-puristusosia, ja puristuskone.

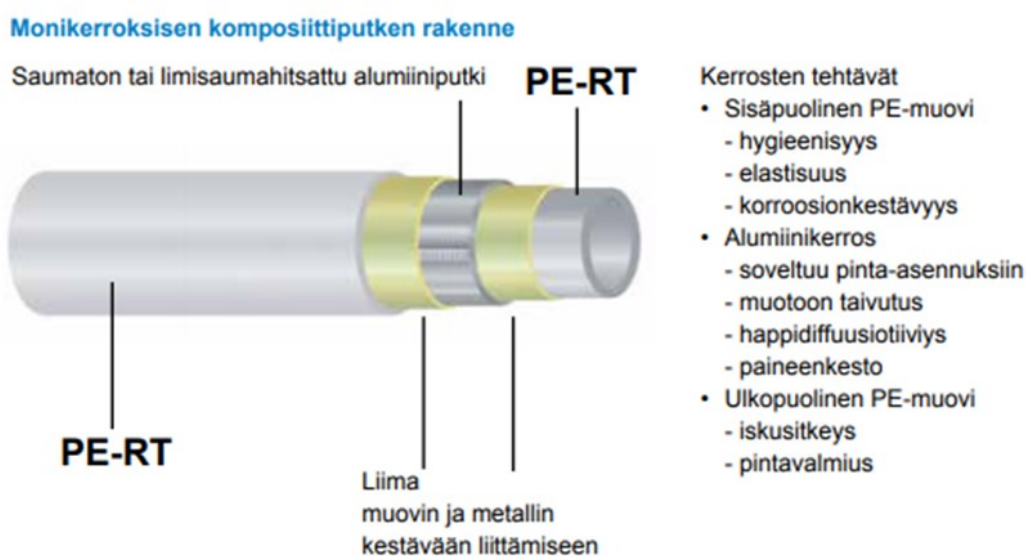
Valkoisesta puristusindikaattorista (kuva 7) käy ilmi puristusosan koko ja osan materiaali. Suoritettuaan puristuksen asentaja poistaa puristusindikaattorin joka osoittaa puristuksen asianmukaisuuden. Puristusosat ovat soikeita, ja niiden O-renkaat on muotoiltu (kuva 7). Muotoiltu tiiviste toimii vuodonilmaisimena puristamattomalle osalle. Paineellisenä vesi pääsee valumaan tiivisteestä läpi. Puristetun osan O-rengas painautuu tiiviisti putkea vasten, jolloin siitä tulee tiivis. [16]



Kuva 7. Geberit-puristusosan vuodonilmaisimien toiminta

3.3 Komposiittiputket

Komposiittiputkijärjestelmät ovat yleistyneet lujaa vauhtia, ja niitä käytetäänkin jo maailmalla yli 60 maassa. Uponor-järjestelmässä perustana toimii MLCP-komposiittiputki (MLCP = multilayer composite pipe), joka on monikerroksinen PE-muoviputki (kuva 8), jonka sisä- ja ulkokuorena toimii PE-muoviputki, ja näiden välissä on alumiinilaippa, joka on kiinnitetty metallin ja muovin kestäväällä liimalla. Rakenteessa yhdistyvät molempien materiaalien hyvät ominaisuudet. Muovi antaa putkelle siistin ulkokuoren, jossa eivät pienet kolhut erotu helposti, ja se on samalla syöpymätön materiaalina. Alumiinivaippa tekee puolestaan putkesta happitiiviin, ja sen lämpölaajeneminen on hyvin pieni ja sillä on hyvä metallin muodonpysyvyys ja lujuus. [17]



Kuva 8. Komposiittiputken eri kerrokset

Putkessa yhdistyvät siis metalliputkien ja muoviputken hyvät ominaisuudet. Uponorin komposiittiputkijärjestelmä tunnetaan helposti ja nopeasta asennettavuudesta, ja se on myös turvallinen asentaa. Järjestelmän vahvuutena on sen soveltuvuus useaan käyttökohteeseen, kuten lämpöjohto-, vesi-, jäähdytys- ja lattialämmitysjärjestelmiin. Näiden lisäksi se sopii myös useampiin teollisuuden tarpeisiin. Järjestelmällä on myös oma tyyppihyväksyntä, johon sisältyy oma asennusmenetelmä, kaikki komponentit, liittimet ja

putket, aina 16 millimetristä 110 millimetriin. Asennettaessa on tärkeä muistaa käyttää aina vain saman valmistajan järjestelmiin hyväksytyjä osia (liittimet, putket ja työkalut). Komposiitin suurimpia etuja on sen soveltuvuus saneerauskohteisiin, sillä se on helppo ja turvallinen asentaa ilman tulitöitä. [17]

Komposiittiputken liitostavat

Komposiittiputken liitostapana toimii puristaminen. Liittimien (kuva 9) materiaalina on käytetty DR-messinkiseosta, ja 20 vuoden kokemuksella on kehitetty PPSU-materiaali, jolla taataan kestävyys eri vesilaaduille. Materiaali on sopiva niin jäähdytys-, lämmitys-, kuin käyttövesiverkostoille, ja se on erittäin kestävä korroosiota vastaan. [17]



Kuva 9. Erilaisia komposiitin puristusosia

Uponorin valmistamissa liittimissä on ainutlaatuinen puristusilmaisin takaa nopean ja turvallisen liitoksen. Puristusholkin ympärillä olevasta ilmaisimesta näkee heti, onko liitin puristettu. Niiden kokoluokat on tehty erittäin helposti tunnistettaviksi eri värikoodein. Puristusilmaisinfolio voidaan irrottaa, kun puristus on tehty. Liittimissä on tarkkaa puristusleuan aseointi, jolloin asennus on turvallinen ja puristusleuka asemoituu aina oikein. Puristuskone on tärkeää käyttää kalibroitavana asennusohjeiden määrittelemien väliajoin. Liittimissä on vuodonilmaisimet, jolloin mahdolliset puristamattomat liitokset tulevat esiin jo asennusvaiheessa erittäin alhaisilla paineilla, mikä tuo lisävarmuutta asennuksiin. [17]

3.4 Sähkösinkitty teräsputki

Sähkösinkitty Mapress-teräsputki on DIN 2394:n mukainen ohutseinämäinen tarkkuusteräsputki, joka on valmistettu seostamattomasta teräksestä (RSt. 43-2), jolle on ominaista suuri puhtaus ja alhainen hiilipitoisuus. Putki on suojattu ulkopuolista korroosiota vastaan galvanoidulla sinkkikerroksella, galvanoitu sinkitys tarjoaa varman suojan ulkopinnan korroosiota vastaan jopa vuosikymmeniksi. Sähkösinkittyä putkea voidaan käyttää ainoastaan suljettuihin järjestelmiin, kuten lämmitys- ja aurinkoenergilaitteistoihin, paineilma- ja jäähdytysjärjestelmäsovelluksiin, VdS-hyväksyttyä putkea voidaan käyttää myös sprinkleriasennuksiin. Sinkkikerros suojaa ainoastaan ulkopuoliselta korroosiolta, ja tällöin putki ei kestä avoimissa järjestelmissä altistumista hapelle, joka aiheuttaa korroosiota putken sisäpuolelle. Sen vuoksi materiaalia ei voi käyttää esimerkiksi vesijohtoverkostoissa. [18]

Sähkösinkityn teräsputken liitostavat

Sähkösinkitylle putkelle on kolme eri tapaa tehdä liitoksia: juottamalla ja hitsaamalla sekä puristamalla. Juotos- ja hitsausliitokset ovat kohtalaisen harvinaisen tapa liittää putkia, tällöin tulee huomioida sinkinkato sinkkikerroksesta, mikä hidastaa merkittävästi asennusta. Puristusliitokset (kuva 10) ovat yleisin ja helpoin liitostapa asennuksille, sähkösinkityn teräksen puristusjärjestelmä on vastaava kuin kupariputkella. [19]



Kuva 10. Sähkösinkittyjä puristusosia ja puristuskone työssään.

4 Mallikohteen esittely

Kasarminkatu 25 (kuva 11) on yksi harvoista Helsingin ydinkeskustassa sijaitsevista 1800-luvulla rakennetuista suojelluista arvokiinteistöistä. Rakennuksella on kellarikerros ja kuusi maanpäällistä kerrosta, se sijaitsee arvostetulla alueella Eteläesplanadin ja Kasarmintorin välissä Helsingin ydinkeskustassa. [20]



Kuva 11. Kohteen julkisivu

Rakennus on toiminut elinkaarensa aikana pääsääntöisesti toimistorakennuksena, ja se on peruskorjattu jo kertaalleen 1990-luvulla. Rakennuksen runkorakenteena on kellarikerroksessa kivilatomusten varaan muuratut seinät, jotka kantavat teräsrakenteella tuetua kappaholvia. Kerroksissa 1–5 on muuratut massiivirakenteiset seinät, joiden sisään

jääviin koloihin on istutettu kantavat puiset välipohjapalkit. Ullakkokerros (6. krs) on rakennettu jälkikäteen ullakon tilalle teräsrunkoisena. Teräsrakenteiden välissä on puukoolaukset. Lämmöneriste on mineraalivilla ja höyrynsulkuna muovikelmu. Vesikatto ja ullakon seinärakenteiden ulkopinta ovat rivipeltiä, ja rakenne muodostaa yhtenäisen kokonaisuuden. [21]

Rakennus on päätetty peruskorjata aikaisemman käyttäjän kokeman sisäilmaongelman johdosta. Rakennuksessa on päätetty tehdä laajat rakenteelliset korjaukset ja samalla uusia koko talotekniikka. Korjaustapana on pääasiassa epäpuhtaudet kokonaan poistava uusiva korjaaminen. Kellarikerroksen seinärakenteista sekä alapohjasta ei kaikkia epäpuhtauksia voi poistaa rakenteiden kantavuuden pettämisen riskin takia. Niiltä osin korjaus perustuu epäpuhtaan rakenteen eristämiseen ja eristetyn alueen alipaineistamiseen ja erilliseen ilmanvaihtoon. Kuudennen kerroksen ja yläpohjan korjauksien osalta korjausrakentaminen päätettiin jättää tekemättä, koska katsottiin, että vesikattorakenteen korjaustyöt eivät olleet tutkimustietojen mukaisesti välttämättömiä. Kohteen tilaajana toimi Kiinteistö Oy Helsingin Kasarmikatu 25, peruskorjauksen arkkitehtuurista vastasi ARRAK arkkitehdit Oy ja rakennesuunnittelusta AFRY Finland Oy sekä pääurakoitsijana toimi Consti korjausrakentamisen yksikkö. [21]

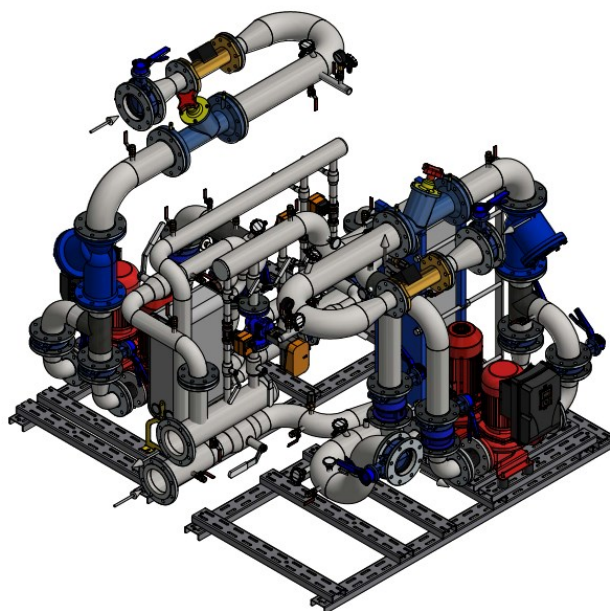
Talotekniikka uusittiin korjaushankkeen yhteydessä vastaamaan ja palvelemaan nykypäivän vaatimuksia ja se myös 3D-mallinnettiin helpottamaan urakoitsijoita asennustyössä. Kohteessa uusittiin vesi-, viemäri-, lämmitys- ja jäähdytysverkostot kokonaisuudessaan pohjaviemäreitä myöten. Sähkö-, palo-, ja automaatiojärjestelmät uusittiin saman peruskorjauksen yhteydessä vastaamaan nykypäivää. LVI-tekniikan suunnittelusta vastasi insinööritoimisto Matti Hallasaari Oy, sähkö ja automaation suunnittelusta vastasi Ramboll Finland Oy. [22]

Tulevaisuudessa rakennus palvelee käyttäjiään tarjoamalla modernit toimitilat kaupungin halutuimmalla paikalla. Rakennuksen maantasossa sijaitsee Lounge-henkinen aula-tila ja uusitut ravintolat. [20]

5 Jäähdytysjärjestelmät kohteessa

Kohteessa jäähdytysjärjestelmät päätettiin uudistaa kokonaisuudessaan palvelemaan tulevaa käyttäjää. Kohteeseen lisättiin aikaisemmasta toteutuksesta poiketen kaukokylmäkeskus (kuva 12), joka on liitetty Helen Oy:n kaukokylmäverkkoon, josta saadaan käytettyä suhteessa 8 °C – 16 °C jäähdytysenergiaa rakennukselle. [22]

Keskus jouduttiin palastelemaan kahteen osaan, jotta se saatiin mahtumaan vanhassa rakennuksessa sille kaavailtuun tilaan. Keskuksessa on palkki- ja IV-jäähdytysverkostolle omat siirtimensä, ja siitä irtoaa tehoa yhteensä 478 kilowattia (jäähdytyspalkkiverkosto 137 kW ja IV-jäähdytysverkosto 341 kW), josta saadaan tuotettua toisiopuolen verkostoille 15–18 °C:n ja 10–18 °C:n lämpöistä nestettä. Kaukokylmäkeskuksessa komponentteina on lisäksi mm. kaksi pumppua molemmille verkostoille, josta toinen toimii varapumppuna käytössä olevalle pumpulle ja sitä käytetään viikoittain päällä noin 15 minuuttia, pidentäen pumppujen elinkaarta. Lisäksi keskuksessa on nykypäivänä pakolliset energiamittarit, jotka toimivat M-Bus-väyläkorteilla. Etäluettavilla mittareilla varmistetaan reaaliaikainen energiankulutus kohteen käyttäjälle. Kaukojäähdytyskeskusta ohjataan valvontakeskukselta, jolle M-Bus-väylän kautta saapuvat lämpötilan ja paineen muutokset sekä pumppujen vika-, ristiriita ja anturihälytykset. [22]



Kuva 12. Gebwell Oy:n toimittamasta kaukokylmäkeskuksesta 3D-mallinnus.

Rakennukseen asennettiin korjausten yhteydessä kaksi eri toimistorakennuksissa yleisimmin käytettyä nestekiertoista jäähdytysverkostoa: ilmanvaihdon jäähdytysverkosto, sekä jäähdytyspalkkiverkosto (JPV +15 / 18 °C, vesi). Lähtökohtaisesti kaikkien jäähdytysvesiverkostoihin liitettävien laitteiden suunnittelulämpötilan tuli olla vähintään +50 °C ja suunnittelupaineen 1,0 MPa. [22]

Ilmanvaihdon jäähdytysverkostossa (JIV + 10 / 18 °C, vesi) verkoston huonetilojen päätelaitteina toimivat puhallinkonvektorit (kuva 13) ja serveritilojen jäähdyttiminä vakioilmastointikojeet. Puhallinkonvektoreita asennettiin rakennukseen yhteensä 40 kappaletta, ja ne on sijoitettu pääsääntöisesti avonaisempiin tiloihin, joissa on suuremmat desibelivaatimuksen kuin yksittäisissä toimistoissa. Puhallinkonvektoreiden etuna on jäähdytyspalkkeja nopeampi vaikutus tilan ilman lämpötilaan. [22]



Kuva 13. Kohteeseen asennettu puhallinkonvektori.

Jäähdytyspalkkiverkosto (JPV + 15 / 18 °C, vesi) palvelee pääosin yksittäisiä toimistotiloja, joissa on tiukemmat äänivaatimukset. Verkostoa ei eristetty sen lämpötilan jäädessä kastepistettä suuremmaksi. Jäähdytyspalkkeihin (kuva 14) on liitetty myös ilmanvaihto, jolloin ilman lämpötilan haluttua muutosta on nopeampi säätää sisään puhalluksen ollessa integroituna palkkiin. Huonetilan erilliset huonesäätimet pitävät huoneilman lämpötilan asetusarvossaan ohjaamalla ja säätämällä kyseisen tilan jäähdytyspalkkien säätöventtiileitä, lämpötilan asetusarvoa voidaan halutessa muuttaa huonesäätimeltä +/- 3 astetta. Järjestelmän ohjaus tapahtuu muuten valvomossa sijaitsevan valvonta-ala-keskuksen kautta. [22]



Kuva 14. Kohteeseen asennettuja jäähdytyspalkkeja

Jäähdytyspalkkeja asennettiin kohteeseen yhteensä 189 kappaletta, ja ne kaikki ovat perforoituja. Suurin osa palkeista on integroituna alakaton kanssa, jolloin ulkonäkö on saatu arkkitehdin haluamaksi.

6 Massojen keräys

Massalaskenta tehtiin käsin mittaamalla tasokuvista, joiden mittakaava oli 1:50. Massoissa on laskettu ainoastaan kerroksissa olevat putkistot, sillä LVI-työselostuksessa oli määrätty runkoputkien materiaaliksi suojakaasulla hitsattavat haponkestävä teräsputki.

Kohteesta laskettiin tarkasti kaikki jäähdytysverkostoon asennettavat osat, jotta massalista olisi mahdollisimman vertailukelpoinen keskenään. Suunnitelmissa jäähdytysverkosto oli suunniteltu tehtäväksi komposiitti putkesta. Taulukossa 2 on esitetty vertailussa käytettävien materiaalien kokovastaavuudet ja seinämävahvuudet.

Taulukko 2. Putkikokojen vertailussa käytettävä vastaavuustaulukko

RST ja HST teräsputki *saatavilla useampaa seinämävahvuutta	HST / RST putket puristusliitoksin	Kupariputki *saatavilla useampaa seinämävahvuutta	Komposiittiputki	sähkösinkitty teräsputki
du x s	du x s	du x s	du x s	du x s
17,2 x 1,5	15 x 1,0	15 x 1,0	16 x 2,0	15 x 1,2
21,3 x 1,5	18 x 1,0	18 x 1,0	20 x 2,25	18 x 1,2
26,9 x 1,5	22 x 1,2	22 x 1,0	25 x 2,5	22 x 1,5
33,7 x 1,5	28 x 1,2	28 x 1,2	32 x 3,0	28 x 1,5
42,4 x 2,0	35 x 1,5	35 x 1,5	40 x 4,0	35 x 1,5
48,3 x 2,0	42 x 1,5	42 x 1,5	50 x 4,5	42 x 1,5
60,3 x 2,0	54 x 1,5	54 x 1,5	63 x 6,0	54 x 1,5

7 Hinnoittelun perusteet

Hinnoittelussa laskettiin käytettävien putki- ja kannakemateriaalien kustannukset, minkä jälkeen laskettiin asennuskustannukset putkistojen asennuksille. Kokonaiskustannukset laskettiin lopulta yhteen, minkä jälkeen saatiin urakoitsijalle edullisin tapa toteuttaa järjestelmät.

7.1 Materiaalikustannukset

Materiaalikustannukset saatiin tarjouspyyntöjen perusteella useammalta toimittajalta, jotka löytyivät Consi Talotekniikka Oy:n yhteistietoluettelosta. Jokaisen yrityksen kohdalle on taulukossa merkattu x:llä ne materiaalit, joista saatiin tarjous kyseisestä tuotteesta. Taulukossa 3 on esitetty toimittajat, kenelle on lähetetty tarjouspyynnöt, ja merkattu x:llä ne, jotka ovat antaneet tarjouksen kyseisestä tuotteesta. Taulukossa 4 on puolestaan esitetty saadut materiaalikustannukset toimittajilta.

Taulukko 3. Toimittajaluettelo

Toimittaja	HST/RST putket suojakaasulla hitsattuina	HST/RST putket puristusliitoksin	Kupariputket kapilaariliitoksin	Kupariputket puristusliitoksin	Komposiittiputket puristusliitoksin	Sähkösinkityt teräsputket puristusliitoksin
LVI-Dahl Oy	x	x	x	x	x	x
Onninen Oy	x	x	x	x	x	x
Ahlsell Oy	x	x	x	x	x	x
LVI-Wabek Oy	x	x	x	x	x	x

Taulukko 4. Saadut tarjoukset kohteesta

Toimittaja	HST/RST putket suojakaasulla hitsattuina	HST/RST putket puristusliitoksin	Kupariputket kapilaariliitoksin	Kupariputket puristusliitoksin	Komposiittiputket puristusliitoksin	Sähkösinkityt teräsputket puristusliitoksin
LVI-Dahl Oy	25 867,54 €	23 431,87 €	22 751,84 €	26 294,74 €	33 139,54 €	15 478,28 €
Onninen Oy	25 934,41 €	23 683,21 €	22 864,73 €	26 373,63 €	33 423,17 €	15 633,44 €
Ahlsell Oy	26 433,71 €	24 721,54 €	23 147,53 €	26 785,98 €	33 961,82 €	15 974,18 €
LVI-Wabek Oy	x	x	23 058,79 €	26 844,67 €	34 177,44 €	15 994,61 €

7.2 Kannake- ja kiinnikekustannukset

Materiaalien kannake- ja kiinnikekustannukset saatiin pyytämällä tarjous usealta eri tukkurilta. Kannake koostuu laskemissa betoniruuvista, U-kiskosta, kierretangosta, mutteista ja putkipidikkeestä. Materiaaleilla on määräysten mukaan eripituisia kannatusvälejä, jolloin tiheän kannatusvälin järjestelmät nostavat materiaali- ja asennuskustannusten hintaa. Jokaiselle vertailukohteelle on laskettu kannake- ja kiinnikekustannuksista kokonaishinta. Taulukossa 5 on esitetty eri materiaaleille vaaditut minimikannatusvälit.

Taulukko 5. Ohjekortissa vaaditut minimikannatusvälit materiaaleille, asennettuna vaakaan lämpötilassa +20 °C [23, s. 3 2.1]

	HST / RST putket suojakaasulla hitsattuina	HST / RST putket puristusliitoksin	Kupariputket kapilaariliitoksin	Kupariputket puristusliitoksin	Komposiittiputket puristusliitoksin	Sähkösinkitty terasputki puristusliitoksin
Putken Du (millimetriä)	kannatusväli (millimetriä)	kannatusväli (millimetriä)	kannatusväli (millimetriä)	kannatusväli (millimetriä)	kannatusväli (millimetriä)	kannatusväli (millimetriä)
15/16	2500	2500	1250	1250	1200	2500
18/20	2500	2500	1250	1250	1200	2500
22/25	2500	2500	2500	2500	1300	2500
28/32	2500	2500	2500	2500	1300	2500
35/40	2500	2500	2500	2500	1400	2500
42/50	2500	2500	2500	2500	1400	2500
54/63	3000	3000	2500	2500	1500	3000

7.3 Asennushinta

LVI-toimialan työehtosopimuksessa on määritelty asennushinnat putkistojärjestelmille, sen pykälässä 2 on määritelty normitunnit eri putkimateriaaleille ja asennustavoille. Taulukossa 6 on esitetty vertailtavien järjestelmien normituntikertoimet putkimetriä kohden.

Taulukko 6. Putkistojärjestelmien normitunnit metriä kohden [24, s. 111]

Putken Du	HST / RST putket suojakaasulla hitsattuina	HST / RST putket puristusliitoksin	Kupariputket kapilaariliitoksin	Kupariputket puristusliitoksin	Komposiittiputket puristusliitoksin	Sähkösinkitty teräsputki puristusliitoksin
-22	0,40	0,30	0,38	0,30	0,30	0,30
-35	0,50	0,34	0,43	0,34	0,35	0,34
-54	0,55	0,38	0,50	0,40	0,40	0,38
-63	0,60	0,41	0,55	0,44	0,44	0,41

Jokaiselle vertailukohteina olleille materiaaleille on laskettu kokonaisnormitunnit järjestelmäkohtaisesti ja ne on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Kokonaisnormitunnit järjestelmäkohtaisesti eri materiaaleille

Putken Du	HST / RST putket suojakaasulla hitsattuina	HST / RST putket puristusliitoksin	Kupariputket kapilaariliitoksin	Kupariputket puristusliitoksin	Komposiittiputket puristusliitoksin	Sähkösinkitty teräsputki puristusliitoksin
-22	748,00	705,00	893,00	705,00	561,00	705,00
-35	400,00	197,20	249,40	197,20	252,80	197,20
-54	209,00	83,60	110,00	115,00	148,40	86,60
-63	60,00	-	-	-	55,00	-
Yhteensä	1417,00	985,80	1252,40	1017,20	1017,20	988,80

7.4 Normituntien lisäprosentit

Normitunteihin lisätään rakennustyyppistä riippuen erilaisia haittalisia. Saneerauskohteissa huomioidaan myös saneerauslisä sen mukaan, onko rakennus poistettu käytöstä, rakennus käytössä, mutta työalue ei, tai työalue on kokonaan käytössä. Haittalisäprosentit ja saneerauslisäprosentit kerrotaan laskennassa saatujen kokonaisnormituntimäärien kanssa ja tällöin ne saadaan vastaamaan lopullista normituntien määrää. Taulukossa 8 on esitetty LVI-toimialan työehtosopimuksessa määritellyt lisäprosentit. [24, s. 109.]

Taulukko 8. Talotekniikka-alan lisäprosentit [24, s. 109]

RAKENNUSTYYPPI	HAITTAISIÄ	SANEERAUSLISÄ		
	Haittaisiä %	Rakennus poistettu käytöstä %	Rakennus käytössä, työalue ei %	Työalue käytössä %
Asuinrakennukset (kerros, rivi- ja pientalot, vapaa-ajan asunnot, asuntolat ja vastaavat)	7	7	13	18
Palvelutalot, majoitusrakennukset, hotellit ja vastaavat	7	8	13	18
Varistorakennukset, parkkihallit, teollisuushallit, myymälä hallit, pysäköintitalot ja vastaavat	16	6	7	13
Sairaalat, hoitolaitokset ja vastaavat	16	13	20	23
Lasten päiväkodit, monitoimitalot, opetusrakennukset ja vastaavat	16	7	13	21
Liikerakennukset, myymälät, toimistorakennukset ja vastaavat	16	7	13	22
Muut rakennukset	16	7	13	22
Sellaisissa tapauksissa, joissa työ on verrattavissa uudistytöihin	Rak.tyypin mukaan	0	0	0
Suojelukohde	Rak.tyypin mukaan	Suojelukohteissa saneeraustalukkolisiin lisätään 5 %-yksikköä		

Haittaisiä normaalitaloissa 7 % ja erikoistaloissa 16 %.

Kasarminkatu 25 on toimistorakennus, ja se ei ole ollut rakennuskäytössä työn suorittamisen aikana. Kohteessa lasketaan erikoistalolisä 16 % rakennustyyppin mukaisesti sekä saneerauslisä 7 %. Kokonaiskustannuslaskelmissa liitteessä 4 on esitetty lisäprosenttien aiheuttamat normituntilisät.

7.5 Sosiaalikulut

Sosiaalikulut saatiin Consta Talotekniikka Oy:n omasta tietojärjestelmästä, jotka koostuvat sosiaalimaksuista ja sosiaalipalkoista. Sosiaalimaksut sisältävät kaikki lakisääteiset vakuutusmaksut, kuten eläkevakuutus- ja tapaturmavakuutusmaksut. Sosiaalipalkoissa on huomioitu arkipyhäkorvaukset, työajan lyhennys, vuosiloma- ja lomaltapaluuraha, työkyvyttömyys ja muut sosiaalipalkat. Sosiaalikulut ovat noin 72 % urakan työosuuden kustannuksista. Kokonaiskustannusten laskennassa on huomioitu sosiaalikulut kokonaisuudessaan.

8 Lopulliset kustannukset

Kokonaiskustannukset koostuivat asennuskustannuksista ja kilpailutetuista materiaali-hinnoista, jotka on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Kasarminkatu 25, kokonaiskustannusten hintaerittely edullisimmalla järjestelmällä

Sähkösinkityt teräsputket puristettavin osin

Materiaalikustannukset	
Sähkösinkitty teräsputki puristettavin osin	15 478,28 €
Kannake- ja kiinnikemateriaalit	5 867,07 €

Asennuskustannukset

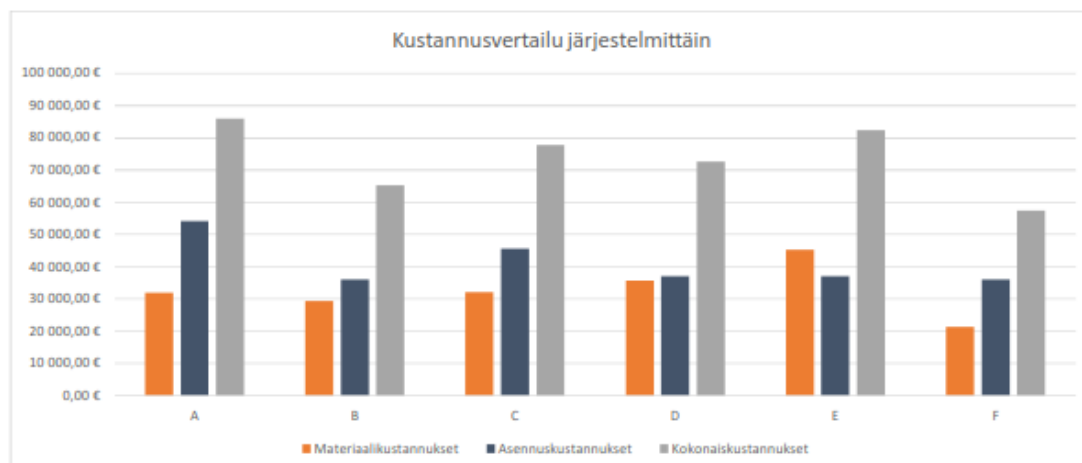
	Lisäprosentti	NH / kpl	NH kerroin	€
Normitunnit		988,8	17,22	17 027,14 €
Erikoistalolisiä	16 %	158,208	17,22	2 724,34 €
Toimistorakennukset ja vastaavat	7 %	69,216	17,22	1 191,90 €
Sosiaalikulut	72 %			15 079,23 €

Kokonaiskustannukset yhteensä 57367,96 €

Taulukko 10. Lopulliset kustannukset vaihtoehtoisille järjestelmille.

Kustannusvertailu järjestelmittäin

	HST / RST putket suojakaasulla hitsattuina	HST / RST putket puristusliitoksin	Kupariputket kapillaariliitoksin	Kupariputket puristusliitoksin	Komposiittiputket puristusliitoksin	Sähkösinkitty teräsputki puristusliitoksin
	A	B	C	D	E	F
Materiaalikustannukset	31 907,70 €	29 298,94 €	32 024,64 €	35 567,54 €	45 199,75 €	21 345,35 €
Asennuskustannukset	54 062,28 €	35 913,32 €	45 625,72 €	37 057,23 €	37 057,23 €	36 022,61 €
Kokonaiskustannukset	85 969,98 €	65 212,26 €	77 650,36 €	72 624,77 €	82 256,98 €	57 367,96 €



Kuva 15. Diagrammissa esitetty kustannusvertailu järjestelmittäin

Sähkösinkitty teräsputki osoittautui kokonaiskustannuksiltaan edullisimmaksi materiaalliksi toteuttaa kohde sekä asennus- että materiaalikustannuksiltaan. Se oli toiseksi edullisinta järjestelmää noin 14 % halvempi, ja kolmanneksi edullisinta noin 27 % halvempi. Järjestelmien kustannuksia verrattaessa hitsaamalla asennettavat haponkestävät putkistot osoittautuivat selkeästi kalleimmaksi järjestelmäksi, ollen 48 % edullisinta kalliimpia.

9 Materiaalihintojen kehitys maailmanmarkkinoilla

Materiaalihintojen hinnan kehitykset on maailmanmarkkinoista riippuvaisia. Raaka-ainerintamalla kuparin, alumiinin ja öljyn sekä muiden perusmetallien hinnat ovat vahvistuneet alkuvuodesta. Kesästä 2020 jatkuneen metallien nousukehityksen jälkeen arviot tulevasta hintakehityksestä ovat epävarmoja, mikä jättää paljon kysymysmerkkejä markkinoilla. [25]

Raakaöljymarkkina on palautunut hyvin normaaliin tasoonsa 2020 vuoden lopulla, lähitulevaisuudessa öljylle uskotaan tulevan lisäkysyntää, mikäli talouden markkinat alkavat avautua ja palata normaaliin tasoon länsimaissa 2021. Öljyn kysynnän uskotaan palautuvan kesällä, ja tuottajamaat yrittävät sopeuttaa tuotantoa talousnäkömien mukaan. [25]

Öljylle on saatu myös paljon hintatukea, mutta mantereiden eri toimijat ovat erimielisiä tuotantorajoituksista, esimerkiksi Venäjä on ajanut tuotantolisäyksiä ja vastaavasti Saudi-Arabia on yksi tuotantorajoitusten suosijoista. Vuonna 2020 hintaromahdus runteli öljyalaa ankarasti Yhdysvalloissa, ja sen tuotannon odotetaan laskevan vielä 2021. Ennen pandemiaa Yhdysvallat nousi maailman suurimmaksi öljyntuottajaksi liuskeöljynsä ansiosta, mutta ahtaalle joutuneet tuottajat eivät ole pystyneet jatkamaan tuotantoa entiseen tapaan. [25]

Taulukko 11. Materiaalien hintakehitys ja ennusteet vuoden 2021 viimeiselle neljännekselle asti, ennusteet ovat mediaaneja verrattuna nykytilaan [25].

	Hinta	Yksikkö	Hintakehitys 1 v, %	Hintakehitys 3 kk, %
Raakaöljy, Brent	63,2	USD/barreli	155,5	22,1
Raakaöljy, WTI	59,6	USD/barreli	193,7	22,9
Alumiini	2212	USD/tonni	45,0	11,8
Kupari	8786	USD/tonni	77,5	13,1
Sinkki	2819	USD/tonni	47,9	2,5
Nikkeli	16068	USD/tonni	39,9	-3,3

	Ennuste, Q3/2021	%	Ennuste, Q4/2021	%
Raakaöljy, Brent	60,0	-5,1	60,8	-3,8
Raakaöljy, WTI	57,0	-4,4	58,0	-2,7
Alumiini	2038	-7,9	2046	-7,5
Kupari	8150	-7,2	8200	-6,7
Sinkki	2800	-0,7	2700	-4,2
Nikkeli	17500	8,9	17667	10,0

Perusmetallien hinnankasvu on ollut rajua vuoden 2020 aikana. Hinnan kasvu on ollut pitkälti valtavan julkisen rakentamisen ja voimakkaan rakennusbuumin ansiota etupäässä Kiinan ja Yhdysvaltojen infraelvytyksen ansiosta. Kiinaan vietiin kyseisen vuoden aikana peräti 6,7 miljoonaa tonnia kuparia, jolloin vuosikasvu oli liki koko Yhdysvaltojen kulutuksen verran. Kuparin hinta kävi hiljattain korkeimmillaan vuosikymmeneen ja sille myönteisimmät hintalupaukset ovat ennustaneet jopa 10 000–15 000 dollarin rajapyykin rikkoutumisen. [25]

Alumiinin ja kuparin ja teollisuudessa käytettävien muiden metallien arvon odotetaan nousevan, ja niiden hinnassa odotetaan olevan paljon kirittävää vielä tulevaisuudessakin. Näillä metalleilla nähtiin vastaava hinnan nousu edellisen kerran ennen finanssikriisiä. Nikkelin ja kuparin arvoa tukee myöskin ennustettu akkuteollisuuden kiihtyvä nousu.

Vuoden 2021 kevään nousussa on varjopuolensa, ja siinä on ollut merkkejä hintaspekulaatioista, joiden suurimpia hyötyjiä ovat olleet pörssiin listatut kaivosyhtiöt. [25]

Helmikuun 2021 aikana nikkelin hinta kipusi 19 000 dollariin, ollen korkeimmillaan vuosiin, mutta tämän jälkeen se koki romahduksen tippuen kertarysäyksellä noin 16 000 dollariin. Nikkelin sentimentti kääntyi kuitenkin nousuputken jälkeen vahvaan nousuun, kun alitarjontaa alettiin kyseenalaistamaa sijoittajien toimesta. Nikkelin hinnan katsotaan olevan edelleen hyvä Suomessa olevan teollisuuden kannalta. [25]

Teknisen tukkukaupan on tilastojen mukaan tutkittu sujuvan hyvin, rakennusbuumin ansiosta korona on iskenyt alaan odotettua vähemmän, ja sen myynti jäi ansiostaan viimeisen neljänneksen aikana puolen prosentin päähän edellisestä vuodesta. Kokonaisuudessaan vuonna 2020 myynti päättyi reiluun 10 miljardiin euroon ja supistui näin ollen ainoastaan 3 %. Vuodesta 2021 odotetaan alalla reilusti parempaa, etenkin toisen neljänneksen prosenttikasvu tulee olemaan suurta johtuen osin vuoden 2020 koronan tuomasta epävarmuudesta. [26]

Raaka-aineiden pula on kasvanut markkinoilla, mikä on osaltaan nostanut hinnankehitystä odotetusta poiketen kovan kysynnän ja toimitusvaikeuksien johdosta. Vuonna 2020 tuottajat leikkasivat kapasiteettiaan huomattavasti pitäen varastotasot alhaisina, ja samalla tuonti väheni reippaasti kolmansista maista, koska Kiinassa kysyntä on ollut suurta. Tukkurit ryhtyivät täyttämään varastojaan, ja samanaikaisesti Euroopassa valmistettavan terästuotannon kapasiteetti ei pysynyt markkinoiden kehityksen perässä, tämän johdosta on syntynyt merkittäviä toimitusviiveitä, vaikka hinnat ovatkin korkeimmillaan 13 vuoteen. [26]

9.1 Haponkestävä ja ruostumaton teräs

Kuvassa 15 on esitetty haponkestävän ja ruostumattoman teräsputken materiaalihintojen kehitys viiden viime vuoden ajalta. Materiaalit sisältävät suurimmalta osalta nikkeliä, joten hintojen kehitys määräytyy pääosin nikkelin maailmanmarkkinoilla tapahtuvan hinnankehityksen mukaisesti.

LME NICKEL HISTORICAL PRICE GRAPH

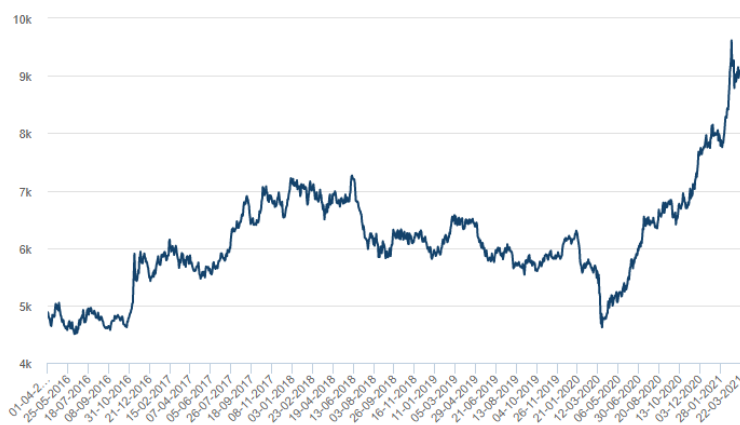


Kuva 16. Diagrammissa esitetty nikkelin hintakehitys ajalta 1/2017–4/2021, US dollaria/tonni [27]

9.2 Kupari

Kuvassa 17 on esitetty kuparin hintakehitys, joka on ollut maailmanmarkkinoilla vahvassa nousussa, etenkin viimeisen vuoden ajalla.

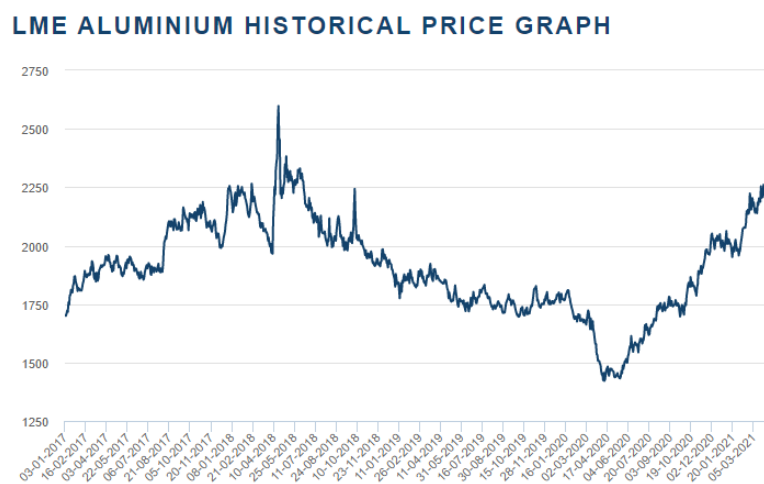
LME COPPER HISTORICAL PRICE GRAPH



Kuva 17. Diagrammissa esitetty kuparin hintakehitys maailmanmarkkinoilla 1/2017–4/2021 [27]

9.3 Komposiitti

Komposiittiputken hinnan määrittelevät alumiini ja raakaöljystä valmistettava muovi. Näiden maailmanmarkkinoiden hintakehitys on esitetty kuvissa 18 ja 19.



Kuva 18. Diagrammissa esitetty alumiinin hinnankehitys, US dollaria/tonni 1/2017–4/2021 [27]



Kuva 19. Diagrammissa esitetty raakaöljyn hinnankehitys 1/2017–4/2021 [28]

9.4 Sähkösinkitty teräs

Sähkösinkityssä teräsputkessa suurin hintaan vaikuttava materiaali hiiliteräksen lisäksi sen pinnoitteessa käytettävä sinkki, joka on tuotteessa käytetyistä materiaaleista selkeästi kalliimpi. Kuvassa 20 on esitetty sinkin hintakehitys viimeiseltä viideltä vuodelta.

LME ZINC HISTORICAL PRICES GRAPH



Kuva 20. Diagrammissa esitetty sinkin hinnankehitys US dollaria/tonni 1/2017-4/2021 [27]

Materiaalihintojen kokonaisuuden hintakehitystä vertaillen, osoittautui ruostumaton ja haponkestävä teräsputki urakoitsijalle turvallisimmaksi materiaaliksi ennakoidessa valittavaa materiaalia. Kupariputken hinnankehityksessä maailmanmarkkinoilla ovat olleet jo pidempään ailahtelevat markkinat, etenkin kun hinnankorotukset ovat tulleet suurina sykäyksinä ja raaka-aineen kulutus on ollut suurta etenkin Aasiassa. Näin ollen Eurooppa on joutunut turvautumaan omaan tuotantoon, mikä on samalla nostattanut hintoja suuresti. Kupari on materiaalina vaikea ennustettava, ja näin ollen se on riskialtis materiaali urakoita laskiessa ja tehdessä tarjouksia, etenkin jos tiedossa oleva kohde on pitkäkestoinen.

Komposiittiputkella hintamarkkinat ovat olleet jo pitkään nousussa. Tämä kuitenkin helpottaa urakoitsijaa ennustamaan materiaalin hintavaikutuksia tulevaisuuteen, sillä nouseva trendi on ollut tasainen jo pidemmän aikaa. Sähkösinkityn teräsputken hinta on ollut maltillinen jo pidemmän aikaa, ja se on kustannuksiltaan selkeästi halvin urakoitsijalle.

10 Yhteenveto ja pohdinta

Insinööriyön tavoitteena oli selvittää, millä esitetyistä materiaaleista on kustannustehokkainta toteuttaa jäähdytysjärjestelmä. Tämän lisäksi selvitettiin materiaalien ominaisuuksia ja liitostapoja.

Kustannustehokkaimmaksi järjestelmäksi osoittautui sähkösinkitty teräsputki puristusliikkeen. Työssä selvitettiin, kuinka suuria kustannuksellisia eroja esitettyjen järjestelmien välillä syntyy ja miten suurta osuutta asennuskustannukset edustavat kokonaiskustannuksista. Järjestelmä A oli noin 48 %, järjestelmä B oli noin 14 %, järjestelmä C oli noin 35 %, järjestelmä D oli noin 27 % ja järjestelmä E oli noin 39 % kalliimpi kokonaiskustannuksiltaan kuin edullisimmaksi havaittu järjestelmä F. Laskelmia tehdessä kuitenkin huomattiin, että mitä suuremmaksi putkikoko kasvaa, sen edullisempaa se on toteuttaa järjestelmällä A. Tästä tehtiin johtopäätös, että runkoputkisto kannattaa toteuttaa järjestelmän A materiaalilla työselostuksen mukaisesti.

Mikäli materiaalien maailmanmarkkina kehittyä vastaavaan tahtiin kuin viimeisen kuluvan vuoden aikana, tulee kustannusero esitettyjen järjestelmien välillä kasvamaan entisestään. Materiaalien kustannus on kuitenkin merkittävässä osuudessa kokonaiskustannuksista, joten niitä on syytä tarkastella tulevaisuudessa järjestelmien materiaaleja valittaessa.

Materiaalikiilpailutusta tehtiin ainoastaan tukkuliikkeiden kanssa. Mikäli kiilpailutusta olisi jatkettu suoraan useammalle maahantuojille, olisivat kustannukset hyvin suurella todennäköisyydellä hivenen laskeneet ainakin järjestelmän E osalta.

Työkustannuksissa hitsaamalla ja juottamalla asennettavat materiaalit ovat selkeästi puristusmenetelmiä edullisimpia ja varmempia tapoja toteuttaa järjestelmät, lisäksi niillä on matalampi riski mahdollisille vuodoille. Puristamalla asennettavat putkistot ovat asennuskustannuksiltaan selkeästi edullisempia tapoja asentaa verkostot, mutta niiden osien hintavaikutus kokonaisuuteen on melko suuri, verrattuna hitsaus- ja juotososiin. Puristusmenetelmät kasvattavat suosiota tulevaisuudessa niiden helpon asennettavuuden vuoksi, ja näin ollen ne ovat varmasti yleistymässä tulevaisuudessa, etenkin saneerauskohteissa.

Lähteet

- 1 Tietoa Constista. Verkkoaineisto. Consti Oyj. < <https://www.consti.fi/consti/tietoa-constista> > Luettu 22.4.2021
- 2 Consti OYj vuosikertomus. Verkkoaineisto. Consti Oyj. < <https://investor.consti.fi/~ /media/Files/C/Consti-IR/consti-vuosikertomus-2020.pdf> > Luettu 22.4.2021
- 3 Consti Talotekniikka Oy. Verkkoaineisto. Kauppalehti. < <https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/consti+talotekniikka+oy/1841342-8> > Luettu 22.4.2021
- 4 Consti Talotekniikka Oy. Verkkoaineisto. Consti Oyj. < <https://www.consti.fi/talotekniikka> > Luettu 22.4.2021
- 5 Consti Talotekniikka Oy referenssikohteet. Verkkoaineisto. Consti Oyj. < <https://www.consti.fi/talotekniikka/talotekniikkaurakointi> > Luettu 22.4.2021
- 6 Ruostumattomat ja haponkestävät teräkset. Verkkoaineisto. Oy Flinkenberg Ab. <<https://www.flinkenberg.fi/steel/teraslevyt/ruostumattomat-ja-haponkestavat-terakset/> > Luettu 14.2.2021
- 7 Ruostumattomien teräsputkien vertailu- niiden erot ja käyttökohteet. Verkkoaineisto. Oy Flinkenberg Ab. < <https://www.flinkenberg.fi/ruostumattomien-terasten-vertailu/> > Luettu 14.2.2021
- 8 TIG hitsauksen opas. Verkkoaineisto. KEMPPI. < <https://www.kemppi.com/fi-FI/tuki/hitsausaapinen/tighitsaus/> > Luettu 16.2.2021
- 9 Mapress ruostumaton teräs. Verkkoaineisto. Geberit Oy. <<https://www.geberit.fi/tuotteet/syottojarjestelmat/geberit-mapress-ruostumaton-teras/>; > Luettu 14.3.2021
- 10 Puristustyökalut. Verkkoaineisto. Geberit Oy. <<https://assets.geberit.fi/local-media/pdf/putkistojaerjestelmaet-jotta-kaikki-sujuisi-hyvin.pdf> > Luettu 14.3.2021
- 11 LVV-kuntotutkimusopas 2013. Verkkoaineisto. Suomen LVI-liitto. <[file:///C:/Users/jani.lindvall/Downloads/LVV-kuntotutkimus-opas_2013_WEB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/jani.lindvall/Downloads/LVV-kuntotutkimus-opas_2013_WEB%20(1).pdf)> Luettu 20.3.2021
- 12 Kupariputken ominaisuuksia. Verkkoaineisto. SCDA - Scandinavian Copper Development Association. < http://www.kupari.com/kopparror_fi/koppar/frame.html > Luettu 20.3.2021

- 13 Välilliset jäähdytysjärjestelmät. 2019. Verkkoaineisto. Suomen Kylmäyhdistys ry. < http://www.kylmaextra.fi/files/127/Valilliset_Jaahdytysjarjestelmat_2019.pdf > Luettu 20.3.2021
- 14 Kupariputket nestekiertoisessa jäähdytyksessä. 2017. Verkkoaineisto. SCDA - Scandinavian Copper Development Association. <https://www.koppar.com/wp-content/uploads/2017/01/Komfortkyla_FI.PDF> Luettu 20.3.2021
- 15 KAMAT Tietokortti, kovajuotos. 2018 Verkkoaineisto. Työturvallisuuskeskus. < https://ttk.fi/files/6455/Kovajuotos_1.3_09102018.pdf > Luettu 26.3.2021
- 16 Mapress Kupari. Verkkoaineisto. Geberit Oy. < <https://www.geberit.fi/tuotteet/syottojarjestelmat/geberit-mapress-kupari/> > Luettu 26.3.2021
- 17 Komposiittijärjestelmän käsikirja pdf. Verkkoaineisto. Uponor Oy < <https://www.uponor.fi/search-page?q=komposiittij%C3%A4rjestelm%C3%A4t> > Luettu 29.3.2021
- 18 Mapress tekninen esite. Verkkoaineisto. Geberit Oy. < <https://assets.geberit.fi/local-media/pdf/mepla-mapress-tekninen-esite.pdf> > Luettu 17.4.2021
- 19 Puristusliitinjärjestelmän asennusohjeet, Sähkösinkitty teräs. Verkkoaineisto. Lyngson < <http://www.lyngson.fi/pdf/Asennusohje.pdf> > Luettu 7.4.2021
- 20 Kasarminkatu 25, modernit toimitilat kaupungin halutuimmalla paikalla. Verkkoaineisto. < <https://www.kasarminkatu25.fi/> > Luettu 17.4.2021
- 21 Sokopro. Kasarminkatu KOy 25, ARK-työselostukset. Luettu 18.4.2021
- 22 Sokopro. Kasarminkatu KOy 25, LVI-työselostukset. Luettu 20.4.2021
- 23 Ohjekortti putkistojen ja kanavien kannakointi. 2022. Rakennustieto RT tietoväylä RT 84-10818 s.3.
- 24 Talotekniikka-alan työehtosopimus 1.5.2020–28.2.2022. LVI-Tekniset Urakoitsijat LVI-TU ry ja Rakennusliitto ry.
- 25 Monen raaka-aineen kova hinnannousu on alettu kyseenalaistaa markkinoilla, ja ennusteet ovat nyt varovaisia – Infraelvytys tukee kuparia ja Kiinan rehukysyntä maissia, hopea on pärjännyt kultaa kirkkaammin. 2021. Verkkoaineisto. Kauppalehti. <<https://www.kauppalehti.fi/uutiset/monen-raaka-aineen-kova-hinnannousu-on-alettu-kyseenalaistaa-markkinoilla-ja-ennusteet-ovat-nyt-varovaisia-infraelvytys-tukee-kuparia-ja-kiinan-rehukysynta-maissia-hopea-on-parjannyt-kultaa-kirkkaammin/bc510bf4-5b9e-40e6-ad98-d29f5c898272> > Luettu 22.4.2021

- 26 Tekninen tukkukauppa käy kuumana: Teräksessä jopa puolen vuoden toimitusai-koja. 2021 Verkkoaineisto. Kauppalehti. <<https://www.kauppalehti.fi/uutiset/tekni-nen-tukkukauppa-kay-kuumana-teraksessa-jopa-puolen-vuoden-toimitusai-koja/68085cda-fe30-4445-a664-fc1473559e59> > Luettu 22.4.2021
- 27 Metal Prices. Verkkoaineisto. LME. < <https://www.lme.com/en-GB/Metals/Non-ferrous/Copper#tabIndex=2> > Luettu 23.4.2021
- 28 Raakaöljy. Verkkoaineisto. Nordnet. < <https://www.nordnet.fi/markkinakat-saus/osakekurssit/16121273-fact-set-research-systems> > Luettu 23.4.2021

Mallikohteen massalistat

Kohde: Kasarminkatu 25, 00130 Helsinki

Haponkestävät- ja ruostumattomatputket ja hitsattavat osat

Koko	17,2	21,3	26,9	33,7	42,4	48,3	60,3
Metrit	1350	520	480	320	260	120	100
käyrä	460	160	150	60	40	20	20
T-yhde	0	30	50	20	20	10	10
supistus	0	30	50	20	20	10	10

Haponkestävät- ja ruostumattomatputket ja puristusosat

Koko	15	18	22	28	32	42	54
Metrit	1350	520	480	320	260	120	100
käyrä	460	160	150	60	40	20	20
T-yhde	0	30	50	20	20	10	10
supistus	0	30	50	20	20	10	10

Kupariputket ja kapilaariosat

Koko	15	18	22	28	32	42	54
Metrit	1350	520	480	320	260	120	100
käyrä	460	160	150	60	40	20	20
T-yhde	0	30	50	20	20	10	10
supistus	0	30	50	20	20	10	10

Kupariputket ja puristusosat

Koko	15	18	22	28	32	42	54
Metrit	1350	520	480	320	260	120	100
käyrä	460	160	150	60	40	20	20
T-yhde	0	30	50	20	20	10	10
supistus	0	30	50	20	20	10	10

Komposiittiputket ja puristusosat

Koko	16	20	25	32	40	50	63
Metrit	1350	520	480	320	260	120	100
käyrä	460	160	150	60	40	20	20
T-yhde	0	30	50	20	20	10	10
supistus	0	30	50	20	20	10	10

Sähkösinkityt putket ja puristusosat

Koko	15	18	22	28	32	42	54
Metrit	1350	520	480	320	260	120	100
käyrä	460	160	150	60	40	20	20
T-yhde	0	30	50	20	20	10	10
supistus	0	30	50	20	20	10	10

Kannake- ja kiinnikemateriaalien kustannuslaskenta

Kannakkeiden kappalehinta pitää sisällään:
C-pidin 1kpl, mutteri 2kpl, kierretankoa 0,5m, Z-rauta 1kpl ja betoniruuvin 1kpl.

Hfe ja Rfe putket hitsattuna

koko	metrit	kannatusväli m	€ / kannake	Kustannus
17,2	1350,00	2,50	4,50 €	2 430,00 €
21,3	520,00	2,50	4,58 €	952,64 €
26,9	480,00	2,50	4,83 €	927,36 €
33,7	320,00	2,50	5,14 €	657,92 €
42,4	260,00	2,50	5,63 €	585,52 €
48,3	120,00	2,50	5,89 €	282,72 €
60,3	100,00	3,00	6,12 €	204,00 €

Kustannus yhteensä 6 040,16 €

Hfe ja Rfe putket puristettuina

koko	metrit	kannatusväli m	€ / kannake	Kustannus
15	1350,00	2,50	4,50 €	2 430,00 €
18	520,00	2,50	4,50 €	936,00 €
22	480,00	2,50	4,58 €	879,36 €
28	320,00	2,50	4,83 €	618,24 €
35	260,00	2,50	5,14 €	534,56 €
42	120,00	2,50	5,63 €	270,24 €
54	100,00	3,00	5,96 €	198,67 €

Kustannus yhteensä 5 867,07 €

Kupariputket kapilaariosin

koko	metrit	kannatusväli m	€ / kannake	Kustannus
15	1350,00	1,25	4,50 €	4 860,00 €
18	520,00	1,25	4,50 €	1 872,00 €
22	480,00	2,50	4,58 €	879,36 €
28	320,00	2,50	4,83 €	618,24 €
35	260,00	2,50	5,14 €	534,56 €
42	120,00	2,50	5,63 €	270,24 €
54	100,00	2,50	5,96 €	238,40 €

Kustannus yhteensä 9 272,80 €

Kupariputket puristettuina

koko	metrit	kannatusväli m	€ / kannake	Kustannus
15	1350,00	1,25	4,50 €	4 860,00 €
18	520,00	1,25	4,50 €	1 872,00 €
22	480,00	2,50	4,58 €	879,36 €
28	320,00	2,50	4,83 €	618,24 €
35	260,00	2,50	5,14 €	534,56 €
42	120,00	2,50	5,63 €	270,24 €
54	100,00	2,50	5,96 €	238,40 €

Kustannus yhteensä 9 272,80 €

Komposiittiputket puristettuina

koko	metrit	kannatusväli m	€ / kannake	Kustannus
16	1350,00	1,25	4,50 €	4 860,00 €
20	520,00	1,50	4,58 €	1 587,73 €
25	480,00	2,00	4,83 €	1 159,20 €
32	320,00	2,25	5,14 €	731,02 €
40	260,00	2,27	5,63 €	644,85 €
50	120,00	3,00	5,96 €	238,40 €
63	100,00	3,50	6,12 €	174,86 €

Kustannus yhteensä 9 396,06 €

Sähkösinkityt teräsputket puristettuina

koko	metrit	kannatusväli m	€ / kannake	Kustannus
15	1350,00	2,50	4,50 €	2 430,00 €
18	520,00	2,50	4,50 €	936,00 €
22	480,00	2,50	4,58 €	879,36 €
28	320,00	2,50	4,83 €	618,24 €
35	260,00	2,50	5,14 €	534,56 €
42	120,00	2,50	5,63 €	270,24 €
54	100,00	3,00	5,96 €	198,67 €

Kustannus yhteensä 5 867,07 €

Kohteen normituntilaskenta järjestelmittain

Haponkestävät ja ruostumattomat teräsputket hitsaamalla

Koko	m	NH/m	NH
17,2	1350	0,4	540
21,3	520	0,4	208
26,9	480	0,5	240
33,7	320	0,5	160
42,4	260	0,55	143
48,3	120	0,55	66
60,3	100	0,6	60
Yhteensä			1417

Haponkestävät ja ruostumattomat teräsputket puristusosin

Koko	m	NH/m	NH
15	1350	0,3	405
18	520	0,3	156
22	480	0,3	144
28	320	0,34	108,8
35	260	0,34	88,4
42	120	0,38	45,6
54	100	0,38	38
Yhteensä			985,8

Kupariputket kapilaariosin

Koko	m	NH/m	NH
15	1350	0,38	513
18	520	0,38	197,6
22	480	0,38	182,4
28	320	0,43	137,6
35	260	0,43	111,8
42	120	0,5	60
54	100	0,5	50
Yhteensä			1252,4

Kupariputket puristusosin

Koko	m	NH/m	NH
15	1350	0,3	405
18	520	0,3	156
22	480	0,3	144
28	320	0,34	108,8
35	260	0,34	88,4
42	120	0,5	60
54	100	0,55	55
Yhteensä			1017,2

Komposiittiputket puristusosin

Koko	m	NH/m	NH
16	1350	0,3	405
20	520	0,3	156
25	480	0,3	144
32	320	0,34	108,8
40	260	0,34	88,4
50	120	0,5	60
63	100	0,55	55
Yhteensä			1017,2

Sähkösinkitytputket puristusosin

Koko	m	NH/m	NH
15	1350	0,3	405
18	520	0,3	156
22	480	0,3	144
28	320	0,34	108,8
35	260	0,34	88,4
42	120	0,38	45,6
54	100	0,41	41
Yhteensä			988,8

Kokonaiskustannukset järjestelmittäin

Hitsattavat haponkestävät ja ruostumattomat teräsputket

Materiaalikustannukset				
Hitsattavat Hfe ja Rfe putket				25 867,54 €
Kannake- ja kiinnikemateriaalit				6 040,16 €
Asennuskustannukset				
	Lisäprosentti	NH / kpl	NH kerroin	€
Normitunnit		1417	17,22	24 400,74 €
Hitsattavat Hst ja Rst putket	10 %	141,7	17,22	2 440,07 €
Erikoistalolisiä	16 %	226,72	17,22	3 904,12 €
Toimistorakennukset ja vastaavat	7 %	99,19	17,22	1 708,05 €
Sosiaalikulut	72 %			21 609,30 €
Kokonaiskustannukset yhteensä				85969,98 €

Puristettavat haponkestävät ja ruostumattomat teräsputket

Materiaalikustannukset				
Puristettavat Hfe ja Rfe putket				23 431,87 €
Kannake- ja kiinnikemateriaalit				5 867,07 €
Asennuskustannukset				
	Lisäprosentti	NH / kpl	NH kerroin	€
Normitunnit		985,8	17,22	16 975,48 €
Erikoistalolisiä	16 %	157,728	17,22	2 716,08 €
Toimistorakennukset ja vastaavat	7 %	69,006	17,22	1 188,28 €
Sosiaalikulut	72 %			15 033,48 €
Kokonaiskustannukset yhteensä				65212,26 €

Kupariputket kapilaari osin

Materiaalikustannukset				
Kupariputket kapilaariosin				22 751,84 €
Kannake- ja kiinnikemateriaalit				9 272,80 €
Asennuskustannukset				
	Lisäprosentti	NH / kpl	NH kerroin	€
Normitunnit		1252,4	17,22	21 566,33 €
Erikoistalolisiä	16 %	200,384	17,22	3 450,61 €
Toimistorakennukset ja vastaavat	7 %	87,668	17,22	1 509,64 €
Sosiaalikulut	72 %			19 099,14 €
Kokonaiskustannukset yhteensä				77650,36 €

Kupariputket puristettavin osin

Materiaalikustannukset				
Kupariputket puristettavin osin				26 294,74 €
Kannake- ja kiinnikemateriaalit				9 272,80 €
Asennuskustannukset				
	Lisäprosentti	NH / kpl	NH kerroin	€
Normitunnit		1017,2	17,22	17 516,18 €
Erikoistalolisä	16 %	162,752	17,22	2 802,59 €
Toimistorakennukset ja vastaavat	7 %	71,204	17,22	1 226,13 €
Sosiaalikulut	72 %			15 512,33 €
Kokonaiskustannukset yhteensä				72624,78 €

Komposiittiputket puristettavin osin

Materiaalikustannukset				
Komposiittiputket puristettavin osin				33 139,54 €
Kannake- ja kiinnikemateriaalit				12 060,21 €
Asennuskustannukset				
	Lisäprosentti	NH / kpl	NH kerroin	€
Normitunnit		1017,2	17,22	17 516,18 €
Erikoistalolisä	16 %	162,752	17,22	2 802,59 €
Toimistorakennukset ja vastaavat	7 %	71,204	17,22	1 226,13 €
Sosiaalikulut	72 %			15 512,33 €
Kokonaiskustannukset yhteensä				82256,99 €

Sähkösinkityt teräsputket puristettavin osin

Materiaalikustannukset				
Sähkösinkitty teräsputki puristettavin osin				15 478,28 €
Kannake- ja kiinnikemateriaalit				5 867,07 €
Asennuskustannukset				
	Lisäprosentti	NH / kpl	NH kerroin	€
Normitunnit		988,8	17,22	17 027,14 €
Erikoistalolisä	16 %	158,208	17,22	2 724,34 €
Toimistorakennukset ja vastaavat	7 %	69,216	17,22	1 191,90 €
Sosiaalikulut	72 %			15 079,23 €
Kokonaiskustannukset yhteensä				57367,96 €