

Samu Ahola

# Putkimateriaalien kestävyys LVI-järjestelmissä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

8.3.2014

Tekijä Otsikko	Samu Ahola Putkimateriaalien kestävyys LVI-järjestelmissä
Sivumäärä Aika	30 sivua + 6 liitettä 10.2.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	ryhmäpäällikkö Sauli Heino yliopettaja Olli Jalonen
<p>Tämän kirjallisuuspohjaisen insinööriyön tavoitteena oli kiinteistöjen sisäpuolisissa LVI-järjestelmissä käytettävien putkimateriaalien käyttöikien selvittäminen. Työn tavoitteena oli löytää ja määrittää käyttöikä tietoja putkimateriaaleille eri käyttöolosuhteissa. Työssä selvitettiin myös putkien käyttöikään vaikuttavia tekijöitä.</p> <p>Työ esittää perustiedot kiinteistön sisäpuolisissa verkostoissa käytetyistä putkimateriaaleista. Työssä käydään läpi myös eri materiaalien yleisimmät vauriot ja käyttöikä lyhentävät tekijät. Putkimateriaaleille taulukoitiin eri lähteistä löytyneitä käyttöikä arvioita sekä käyttöikään vaikuttavia tekijöitä. Työssä selvitettiin myös putkistojen jäljellä olevan käyttöiän määrittämiseen tarvittavia menetelmiä.</p> <p>Insinööriyötä voidaan käyttää apuna LVI-suunnittelussa, kun valitaan putkimateriaaleja rakennuksiin. Kuntoarvioita ja kuntotutkimuksia tehdessä tätä työtä voi käyttää apuna putkimateriaalien tyypillisten vaurioiden ja riskitekijöiden selvittämisessä.</p> <p>Insinööriyötä tehdessä selvisi, että Suomessa olisi tarve kattavalle putkimateriaalien käyttöikä selvitykselle, jossa kartoitettaisiin käyttöikien lisäksi vauriomekanismit ja niiden yleisyys.</p>	
Avainsanat	LVI, putkistot, kuntotutkimus, käyttöikä, kestävyys

Author(s) Title	Samu Ahola Endurance of pipes used in HVAC and piping systems
Number of Pages Date	30 pages + 6 appendices 10 February 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructor(s)	Sauli Heino, Group Leader Olli Jalonen, Principal Lecturer
<p>The topic of this literature based Bachelor's thesis was the endurance of pipes used in HVAC systems. The aim of the thesis was to establish the technical lifespan of piping materials. In addition, factors influencing the lifespan of pipes were discussed. The source literature included textbooks, studies and tutorials on the subject. Furthermore, experts of various fields of mechanical engineering were interviewed for the thesis.</p> <p>In the thesis, elementary knowledge of piping materials and the most common damaging elements for pipes were introduced. Lifespan predictions for piping materials were displayed in tabular form. Methods for solving the remaining technical lifespan of pipes were also discussed.</p> <p>This thesis can be used as a guideline for design when selecting piping materials for buildings. As for condition surveys this thesis helps assessing the damages and potential risks of different piping materials. The final year project revealed that there is a need for more research about the technical life span of pipes used in HVAC systems. In addition, the elements causing damage and their rarity should be further studied.</p>	
Keywords	HVAC, pipe systems, lifespan, pipe network condition survey, piping systems

# Sisällys

## Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Rakennuksissa käytetyt putkimateriaalit eri aikakausina	1
2.1	Kylmä käyttövesi	2
2.2	Lämmin käyttövesi	2
2.3	Viemärit	3
2.4	Lämmitys ja jäähdytysverkot	4
3	Putkimateriaalit rakennuksen sisäpuolisissa verkostoissa	4
3.1	Teräspanputket	5
3.2	Sinkityt teräspanputket	6
3.3	Ruostumaton ja haponkestävä teräs	6
3.4	Valurautaiset putket	7
3.5	Kupariputket ja messinkiset liitososat	7
3.6	Muovi- ja komposiittiputket	8
4	Putkimateriaalien käyttöikään vaikuttavat tekijät	10
4.1	Teräspanputket	11
4.2	Sinkityt teräspanputket	12
4.3	Ruostumaton ja haponkestävä teräs	13
4.4	Valurautaiset viemäriputket	13
4.5	Kupariputket ja messinkiset liitososat	15
4.6	Muoviviemärit	17
4.7	Muovi- ja komposiittiputket	18
5	Korroosio	18
5.1	Paikallinen korroosio	19
5.1.1	Pistekorroosio	19
5.1.2	Rakokorroosio	19
5.2	Galvaaninen korroosio	20
5.3	Sinkinkato	20
5.4	Erosiokorroosio	21
5.5	Jännityskorroosio	21
5.6	Mikrobiologinen korroosio	21

6	Kokemuspohjaiset käyttöiät putkimateriaaleille	22
7	Putkistojen jäljellä olevan käyttöiän määrittäminen	23
8	Tutkimustulokset	25
9	Tutkimustulosten käyttö LVI-suunnittelussa ja kuntoarvioissa	27
10	Yhteenveto	27
	Lähteet	29

#### Liitteet

Liite 1. Eri aikakausina käytettyjä putkimateriaaleja vesi- ja viemärijärjestelmissä

Liite 2. Sinkittyjen teräsputkien standardikokoja eri aikakausina

Liite 3. Kupariputkien standardikokoja eri aikakausina

Liite 4. Muhvillisten valurautaviemäreiden standardikokoja eri aikakausina

Liite 5. Viemäriputkistojen valmistustapoja, materiaaleja ja liitosmenetelmiä eri aikausina

Liite 6. Putkistomateriaalien vauriomekanismeja ja vaurioita

## Lyhenteet ja käsitteet

LVI	lämmitys, vesi, ilmanvaihto
LVV	lämmitys, vesi, viemärointi
PB	polybuteeni
PE	polyeteeni
PEM	keskikova polyeteeni
PEH	kova polyeteeni
PEX	ristisilloitettu polyeteeni
PE-RT	lämpösuojattu polyeteeni
PP	polypropeeni
PVC	polyvinyylikloridi
austeniitti	metallin ei-magneettinen olomuoto
komposiittiputki	metallilla vahvistettu monikerroksinen muoviputki
korroosio	metallin syöymistä ympäristön vaikutuksesta
eroosiokorroosio	metalli syöpyy virtaavan veden aiheuttamasta mekaanisen kulumisen ja kemiallisen syöymisen yhteistoiminnasta
galvaaninen korroosio	sähkökemiallista korroosiota, jossa kaksi eri jalousasteen metallia reagoivat keskenään samassa liuoksessa
jännityskorroosio	metallin vaurioitumista jännityksen ja korroosion yhteisvaikutuksesta

mikrobiologinen  
korroosio

metallin syöpymistä mikrobitoiminnan johdosta

paikallinen korroosio

pienelle alueelle keskittyvää syöpymistä

sinkinkato

valikoivaa syöpymistä, jossa sinkki liukenee veteen

## 1 Johdanto

Tässä insinööriyössä on aluksi selvitetty yleisimpiä rakennusten sisäpuolisissa LVI-järjestelmissä käytettyjä putkimateriaaleja eri aikakausina. Insinööriyön tavoitteena on määritellä eri putkimateriaaleille käyttöiät niiden käyttötarkoituksen perusteella. Työn aikana kerättiin putkimateriaalien käyttöikä arvioita aiheesta tehdyistä tutkimuksista ja alan kirjallisuudesta.

Tämän työn tarkoituksena on luoda selkeä taulukko eri putkimateriaaleista ja niiden käyttöiistä sekä käyttöikään vaikuttavista tekijöistä. Taulukon tarkoitus on helpottaa putkimateriaalien valintaa LVI-suunnittelussa ja auttaa putkimateriaalien jäljellä olevan käyttöiän arviointia kuntoarvioissa. Tässä työssä käydään läpi myös putkien kuntotutkimuksessa käytettäviä menetelmiä.

LVI-suunnittelijan tehtäviin kuuluu kestäväen putkimateriaalin valinta käytettävään verkostoon. LVI-suunnittelijoiden vastuu kestävien materiaalien valinnassa kasvaa jatkuvasti, koska uusia materiaaleja tulee markkinoille nopeaan tahtiin. Putkistojen keskimääräiseksi käyttöiäksi arvioidaan yleisesti 50 vuotta. Kokemus on kuitenkin osoittanut, että tiettyjen putkien ja tiettyjen olosuhteiden vallitessa putkien käyttöikä voi olla huomattavasti lyhyempi tai pitempi. Putkimateriaalien valinta vaikuttaa olennaisesti verkostojen käyttöikään. LVI-suunnittelijan tulee tuntea tavanomaiset putkimateriaalit ja niissä ilmenevät vauriot ja korroosiotekijät.

## 2 Rakennuksissa käytetyt putkimateriaalit eri aikakausina

Helsingissä rakennettiin ensimmäinen vesijohto 1876 ja se johdettiin kahteen kaivoon, josta vettä pystyi hakemaan. Viemäriverkostoa alettiin rakentaa hieman tämän jälkeen. Ei ole tarkkaa tietoa siitä, milloin ensimmäinen kylmän käyttöveden kiinteistövesijohto rakennettiin, mutta jo vuonna 1882 rakennettiin Suomen ensimmäinen vedellä huuhdeltava WC-istuin. Vuonna 1890 rakennettiin ensimmäinen talokohtainen lämmin käyttövesijohto. [Karjalainen 1995.] Liitteessä 1 on esitetty 1910-luvulta lähtien kiinteistöjen vesi- ja viemärijärjestelmissä käytettyjä materiaaleja.

## 2.1 Kylmä käyttövesi

1900-luvun alussa kylmävesijohtojen materiaalina käytettiin lähinnä sisä- ja ulkopuolelta sinkittyä terästä. Putkissa oli yleensä kierrelitokset, jotka tiivistettiin hampulla ja pel-lavaöljykitillä tai talilla. Putkien laatu, seinämävahvuus ja putkikoot ovat muuttuneet vuosien mittaan. Sinkityksen laadussa ja paksuudessa on myös eroja. [Kapanen 1995: 35–36.] Liitteessä 2 on esitetty sinkittyjen teräsputkien mitat eri aikakausina.

Valuraudasta ja lyijystä tehtyjä putkia käytettiin vähäisissä määrin käyttövesijohtoina 1900-luvun alussa [Karjalainen 1995: 14]. Sota- ja pulavuosina on kylmävesijohtoja rakennettu myös hiiliteräksestä, mutta suurin osa niistä on vaihdettu heti, kun sinkittyä terästä on ollut taas tarjolla.

Kuparin käyttö kylmävesijohdoissa alkoi jo 1950-luvulla, mutta vasta 1970-luvun puolivälissä se syrjäytti sinkityn teräsputken käytön. 1970-luvun puolivälin jälkeen sinkittyä teräsputkea käytettiin vielä jossain määrin rakennusten runkolinjoissa. Kupari on edelleen yksi yleisimmistä kylmävesijohtojen materiaaleista. [Kapanen 1995.] Liitteessä 3 on esitetty kupariputkien mitat eri aikakausina.

RakMK (Suomen rakentamismääräyskokoelma) osan D1 vuodelta 1976 mukaan PVC-, PEL-, ja PEH-muoveja on saanut käyttää vesijohtojen materiaalina. Muoviputkia on tyypillisesti käytetty käyttövesijärjestelmien putkimateriaalina vasta 1990-luvulta lähtien. Komposiitin käyttö putkimateriaalina on yleistynyt vasta 2000-luvun jälkeen. Nykyään muovi ja komposiittiputket ovat yleisimpiä materiaaleja käyttövesijärjestelmissä kuparin rinnalla. Muoviputket ovat nykyään useimmin PEX-muovia. Komposiitin muoviosan materiaalina käytetään PE-RT- tai PEX-muoveja. [Kekki ym. 2008: 88; Kiinteistönhoidon käsikirja 2003: 77.]

## 2.2 Lämmin käyttövesi

Lämpimän käyttöveden kiinteistövesijohtoja rakennettiin jo hieman ennen 1900-luvun alkua, mutta vasta 1930-luvulla ne alkoivat yleistyä rakennuksissa. Materiaalina lämminvesijohdoille on aluksi ollut kupari ja messinki. Messinkiä on käytetty liitososina sekä venttiilien materiaaleina. Liitokset tehtiin messinkijuotoksilla. Kupari tuotiin ulkomailta ja materiaalina oli puhdas hapeton elektrolyyttikupari. Kupariputkien valmistus Suo-

messa alkoi vasta 1941. Kuparista oli pula vuonna 1942, ja silloin lämminvesijohtoja on rakennettu teräsputkista, mutta ne on uusittu heti kun kuparia on ollut taas saatavilla. Vuonna 1959 kotimaisien kupariputkien valmistusmenetelmää muutettiin ja niihin alettiin seostaa pieniä määriä fosforia juotosominaisuuksien parantamiseksi. 1960-luvulta 1970-luvun alkuun kupariputkien juotomateriaaleina käytettiin useampaakin eri seosta. 1970-luvulla muut materiaalit korvasi fosforikuparijuote. Ulkomailta tuotujen putkien laatu on ollut huonompi kuin kotimaisten putkien. Yleensä ulkomailta tuotujen putkien huono kestävyys on johtunut liian suurista rautapitoisuuksista. Outokumpu aloitti vuonna 1979 kupariputkien fosforideoksidoinnin. [Karjalainen 1995.]

Vuoden 1977 jälkeen vesijohtoverkoissa käytettävien messinkiosien tuli olla sinkinkadon kestävä messinkiä [Kekki ym. 2008: 74]. Kupari on edelleen yksi yleisimmistä lämminvesijohtojen materiaaleista [Kapanen 1995]. Messinkisiä liitososia ja venttiileitä käytetään nykyäänkin kupariputkista tehtyjen verkostojen yhteydessä.

Muovi- ja komposiittiputkien käyttö lämminvesijohtoina on alkanut samaan aikaan kuin niiden käyttö kylmävesijohtoina.

### 2.3 Viemärit

Ensimmäiset viemärit tehtiin harmaasta suomugrafiittivaluraudasta. Materiaalia on käytetty jo 1880-luvulla. Suomessa valurautaviemäreiden valmistus alkoi 1903, mutta viemäriverkostoa oli jo rakennettu ennen 1900-luvun alkua. Putket olivat muhvollisia ja ovat siten helppo tunnistaa uudemmista valurautaputkista. Liitokset on tyypillisesti tiivistetty hamppunarulla, sulalla lyijyllä ja bitumilla. Liitostavat, valmistustavat ja putkien seinämäpaksuudet ovat muuttuneet useasti vuosien aikana. 1980-luvun alun jälkeen suomugrafiittivaluraudasta valmistettuja viemäreitä ei ole enää asennettu. [Karjalainen 1995; Kekki ym. 2008.] Valurautaviemäreitä asennetaan edelleenkin uusiin rakennuksiin. Muhvillisten valurautaviemäreiden mitat eri aikakausina on esitetty liitteessä 4. Viemäreiden materiaaleja ja liitostapoja on esitetty liitteessä 5.

Muhvittomat pallografiittirautaiset putket tulivat markkinoille vuonna 1971, ja ne syrjäyttivät muhvollisten suomugrafiittirautaisten putkien käytön 1980-luvun aikana. [Karjalainen 1995: 19]. Valurautaputkien sisäpuolinen epoksinnoitus aloitettiin 1990-luvun

puolivälin jälkeen. Pinnoitteesta johtuvan korroosiosuojan takia valurautaputkien seinämävahvuutta pienennettiin. [Markelin-Rantala & Rautiainen 2007: 5.]

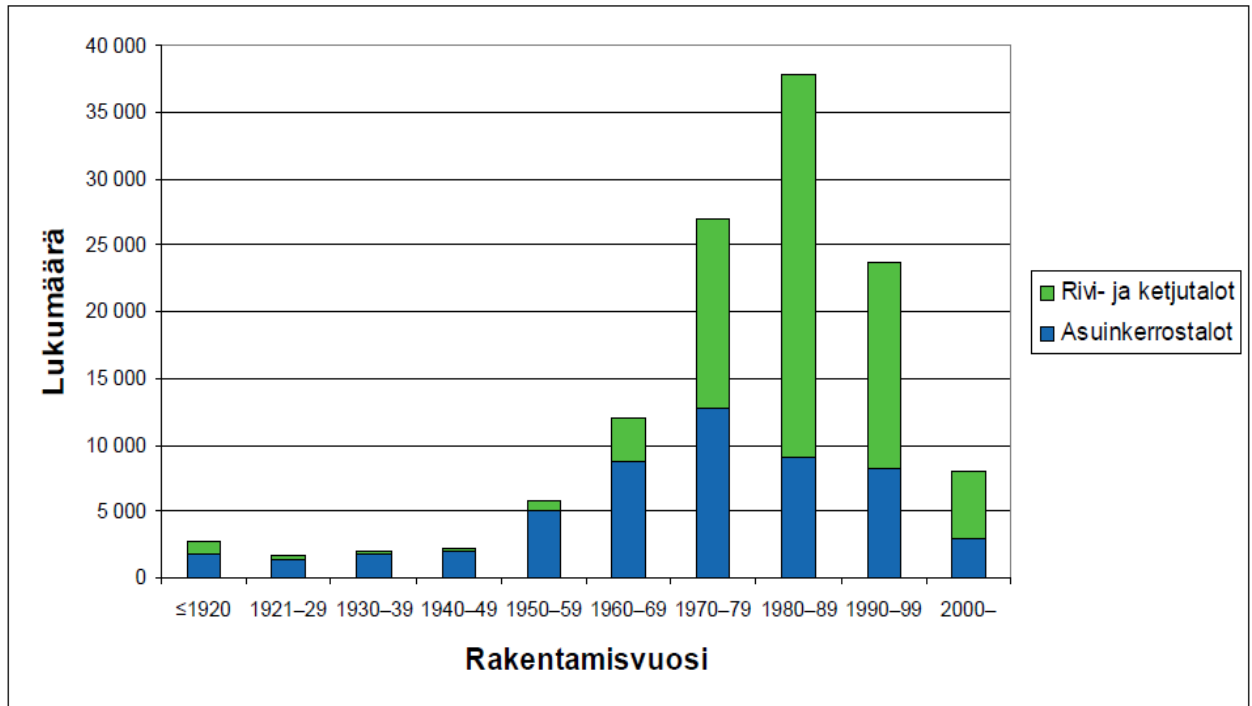
Ensimmäiset muoviviemärit tulivat käyttöön jo 1960-luvulla. Putkien materiaali oli PVC-muovi. Ensimmäisiä PVC-viemäreitä jouduttiin vaihtamaan vaurioiden takia. 1970-luvulla alettiin käyttää kestävämpiä PVC-putkia sekä muita muovimateriaaleja. Polypropeeni (PP) muoviputkien asennukset aloitettiin 1990-luvun lopussa. [Markelin-Rantala & Rautiainen 2007: 6]. Polypropeenaa käytetään viemäriputkissa edelleen. Nykyään yleisimmät muoviviemärit ovat PVC-, PP- tai PEH-muovia.

## 2.4 Lämmitys ja jäähdytysverkot

Lämmitysverkostojen putkimateriaalina on tyypillisesti käytetty teräsputkea. Lämmitysputkien materiaali on suojaamatonta hiiliterästä. Hiiliterästä käytetään nykyäänkin lämmitysjärjestelmien putkimateriaalina. Nykyään lämmitysjärjestelmissä käytetään myös diffuusiosuojattuja muovi- ja komposiittiputkia. [Putkistojen asennus 2004.] sekä sinkittyjä teräsputkia. Jäähdytysverkostoissa käytetään samoja materiaaleja kuin lämmitysverkostoissa.

## 3 Putkimateriaalit rakennuksen sisäpuolisissa verkostoissa

Suurin osa Suomen asuntorakennuskannasta on rakennettu 60-luvun jälkeen (kuva 1). Putkistojen käyttöikäksi arvioidaan yleensä noin 50 vuotta. [Markelin-Rantala & Rautiainen 2007: 5.] Tämä tarkoittaa sitä, että 60- ja 70-luvulla rakennetuissa taloissa putkistot ovat laskennallisen käyttöikänsä päässä.



Kuva 1. Asuinkerrostalojen ja rivi- ja ketjutalojen ikäjakautuma [Markelin-Rantala & Rautiainen 2007: 4]

### 3.1 Teräsputket

Seostamaton teräs eli hiiliteräs sisältää rautaa ja hiiltä, sekä pieniä määriä mangaania, piitä, kromia, kuparia ja epäpuhtautena fosforia. Hiiliteräsputkien hiilipitoisuus on 0,05–0,25 %. Hiiliteräksellä on hyvät mekaaniset ominaisuudet, mutta huono korroosionkestävyys, jonka vuoksi sitä ei käytetä paljaana kosteissa happipitoisissa olosuhteissa. Hiiliterästä ei tavallisesti käytetä käyttövesijärjestelmissä. [Kekki ym. 2007: 48.]

Hiiliterästä käytetään lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät ovat suljettuja verkostoja. Suljetuissa verkostoissa vesi on tarpeeksi niukka-happista, jotta korroosiota ei esiinny.

Vesi sisältää tarpeeksi happea aiheuttamaan korroosiota. Suljetuissa järjestelmissä veden sisältämä happi kuluu pois korroosioreaktioissa, minkä jälkeen korroosiota ei pääse enää tapahtumaan. Korroosioreaktiot voivat kuitenkin jatkua, jos järjestelmään pääsee happea. Yleensä näin tapahtuu verkostoa täyttäessä vesijohtovedellä. Jos verkostoon lisätään jatkuvasti vettä, teräsputkien käyttöikä voi lyhentyä huomattavasti.

Teräksen korroosion kannalta riskittömänä pidetään, kun vettä lisätään 5 % suljetun verkoston vesitilavuudesta vuodessa. [LVV-kuntotutkimusopas 2013: 70.]

### 3.2 Sinkityt teräspuutket

Sinkitty teräs on tavallista hiiliterästä, jossa on suojaava sinkkipinnoite. Sinkitys on prosessi, jossa teräs suojataan sinkillä. Teräspuutket voidaan sinkitä kahdella eri tavalla. Kuumasinkityksessä teräspuutke upotetaan sulaan sinkkiin, jolloin teräspuutke saa sinkki kerroksen sekä ulko- että sisäpinnalle. Galvanointi eli sähkösinkitys toteutetaan sähkövirran avulla. Galvanoinnissa on mahdollisuus pinnoittaa teräspuutke pelkästään sisä- tai ulkopuolelta. Sinkityn teräksen tyypillinen liitostapa on ollut muhvikierreltiitos. Nykyään käytetään myös puristusliitosta.

Kuumasinkittyjen teräspuutkien käyttö käyttövesiverkostoissa lopetettiin 1970-luvun loppupuolella [Karjalainen 1995: 17]. Nykyään kuumasinkittyä teräspuutkeä käytetään sprinkleriverkostoissa sekä erikoistapauksissa lämmitys- ja käyttövesiverkostoissa.

Ulkopinnalta sähkösinkittyä teräspuutkeä käytetään suljetuissa lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä varsinkin kytkentäjohtoina. Sprinklerijärjestelmissä käytetään sisä- ja ulkopuolelta sähkösinkittyä teräspuutkeä.

Tavallista terästä ei käytetä käyttövesiverkostoissa, koska sen korroosio on liian nopeaa. Sinkin korroosio vedessä on huomattavasti hitaampaa kuin teräksen. Sinkki suojaa terästä myös katodisesti; tällöin vaurioituneeseen kohtaan liukenee sinkkiä estäen teräksen korroosion. [LVV-kuntotutkimusopas 2013.]

### 3.3 Ruostumaton ja haponkestävä teräs

Ruostumattomat teräkset sisältävät vähintään 10,5 % kromia. Vesilaitteistoissa yleisimmin käytetyt ruostumattomat teräkset sisältävät noin 18 % kromia ja 8–10 % nikkeliä. Kromiseostuksen vaikutuksesta pintaan muodostuu kromioksidinen passiivikalvo, jonka ansiosta teräksen korroosionkestävyys on erittäin hyvä. Kromi ei päästä ilmaa tai vettä lävitseen, ja pinnan vaurioituessa se muodostaa passiivikerroksen uudelleen. [Kekki ym. 2007.] Nikkeliseostus tekee teräksen kiderakenteen austeniittiseksi [LVV-kuntotutkimusopas 2013]. Yleisin ruostumaton teräslaji on eurooppalaisen standardin

EN 10088 mukainen 1.4307 (AISI 304L), joka tunnetaan myös ns. 18/8 teräksenä [Esittelysivut 2013.]

Haponkestäväksi teräkseksi kutsuttu teräs sisältää noin 18 % kormia, 10–14 % nikkeliä ja 2 % molybdeeniä, ja se on eurooppalaisen standardin EN 10088 mukainen 1.4401 (AISI 316) [Esittelysivut 2013].

Ruostumatonta ja haponkestävää terästä käytetään käyttövesi-, viemäri-, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä. Lämmitys- ja jäähdytysverkostoissa voidaan käyttää ruostumatonta ja haponkestävää terästä, jotta järjestelmän käyttöikää saataisiin pidennettyä.

### 3.4 Valurautaiset putket

Valuraudaksi kutsutaan rautaseosta, joissa on hiiltä enemmän kuin 1,7 % [Korroosio-käsikirja 1988]. Harmaa valurauta eli suomugrafiittirauta sisältää hiiltä grafiittisuomuina. Grafiittisuomut tekevät valuraudasta kovan, mutta niiden yhdensuuntainen kuvio tekee valuraudasta myös haurasta. Pallografiittiraudassa grafiitti saadaan pallomaiseksi magnesium tai ceriumseostuksella. Pallografiittirauta on lujempaa ja sitkeämpää kuin suomugrafiittirauta. [Kekki ym. 2007.]

Suomugrafiittiraudasta tehtyjä vesi- ja viemäriputkia ei ole asennettu 1980-luvun jälkeen. Nykyään pallografiittiraudasta tehdyt putket ovat epoksinnoitettuja ja niitä käytetään kiinteistöviemäröinnissä. [Karjalainen 1995: 19.]

### 3.5 Kupariputket ja messinkiset liitososat

Kupariputkistandardin SFS-EN 1057 mukaan putket valmistetaan fosforilla deoksidoidusta kuparista, joka sisältää vähintään 99,9 % kuparia ja 0,015–0,040 % fosforia. Fosforilisäys parantaa kuparin kuumahaurausominaisuuksia. [LVV-kuntotutkimusopas 2013.]

Kupariputkia käytetään kiinteistöjen käyttövesi-, lämmitys-, jäähdytys ja viemärijärjestelmissä. Käyttövesijärjestelmissä kupari on edelleen yleisin putkimateriaali. Kupari on kestävä materiaali vesijohdoissa, koska vedessä olevat happiatomit reagoivat kuparin kanssa ja muodostavat putken sisäpinnalle suojaavan oksidikerroksen. Oksidikerros

suojaa putken seinämiä metallin liukenemiselta. Viemärijärjestelmissä kuparia käytetään pieninä putkikokoina, yleensä halkaisijaltaan alle 50 mm. Pienet kupariset viemärit ovat lähes poikkeuksetta kondenssivesiputkia. Kuparin etuna on myös huomattavasti vähäisempi lämpölaajeneminen kuin muovilla. [Outokumpu Copper 1996.]

Kuparin liitostapoina käytetään juotosta tai mekaanisia liittimiä. Puristusliitokset ovat nykyään hyvinkin yleisiä vaikka juotoksia käytetään edelleen.

Messinki on seosmetalli, joka sisältää kuparia ja sinkkiä. Messinkiin on voitu sekoittaa myös lyijyä, arseenia, antimonia ja fosforia. Messinkiä käytetään kuparista tehdyissä järjestelmissä liitososina ja venttiileinä. Vanhoissa järjestelmissä on liitokset tehty messinkijuotoksilla. Kuparista tehdyissä käyttövesijärjestelmissä venttiilit ovat tyypillisesti messinkisiä. [Karjalainen 1995: 42.] Nykyään muoviputkien yhteydessä käytetään messinkisiä liitososia.

### 3.6 Muovi- ja komposiittiputket

Muoviputkien materiaalina voi olla melkein mikä tahansa muovi (kuva 2). Muoviputkien läpi diffuusioituu kaasuja ja nesteitä. Diffuusio on kuitenkin niin hidasta, että se ei aiheuta ongelmia kiinteistöverkostoissa. Käyttövesijärjestelmissä muoviputket asennetaan suojaputkien sisälle, jotta vuodot voidaan havaita ja putki on myös vaihdettavissa. Muoviputkien liitostapana käytetään mekaanisia liitoksia, erilaisia liitoskappaleita sekä hitsausta. [LVV-kuntotutkimusopas 2013: 103.]

**Taulukko 10. RakMK osan D1 mukaiset vesilaitteistojen muovimateriaalit.**

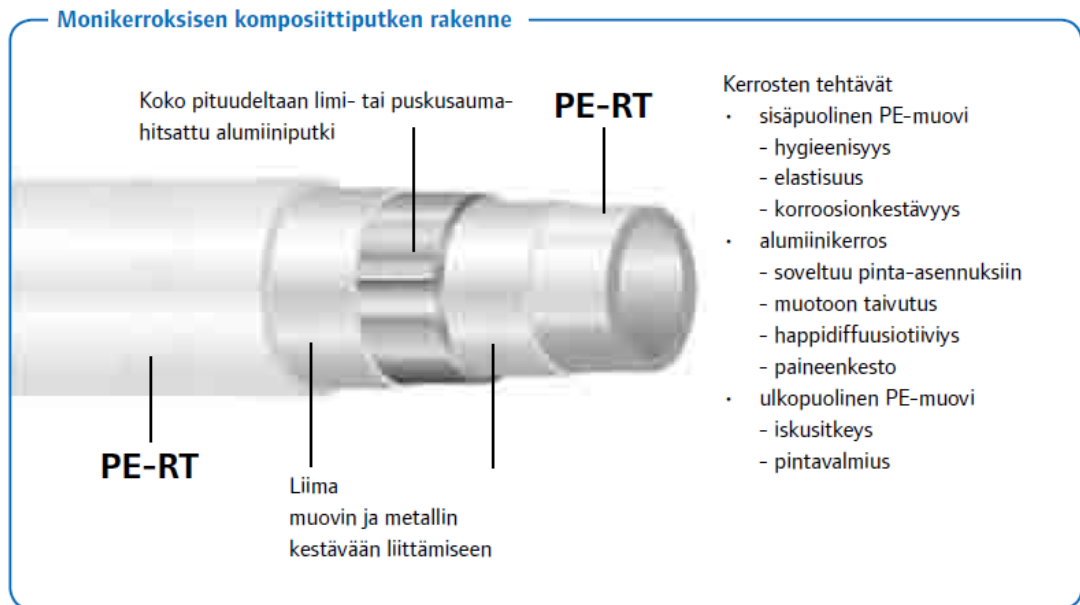
Materiaali	Liitokset	Huomautus
<b>D1 1987</b>		
PVC <sup>1)</sup>	ilman, kumirengas, laippa	Hyväksyttävät liitostavat on annettu erikseen maassa ja rakennuksessa oleville vaihdettaville ja ei-vaihdettaville vesijohdoille.
PEL <sup>1)</sup>	ilman, kumirengas, puristus	
PEH, PEM, PP <sup>1)</sup>	ilman, hitsaus, kumirengas, laippa, puristus	
PB <sup>2)</sup>	ilman, puristus, laippa	
PEX <sup>2)</sup>	ilman, puristus	
<b>D1 2007</b>		
PE	Puristus, pisto, hitsaus, laippa	Nimellispaino vähintään PN 10.
PE-X	Puristus	
PP <sup>1)</sup>	Puristus, hitsaus	
Monikerrosputket <sup>2)</sup>	Puristus	
1) Kupari asennetaan virtaussuunnassa PP:n ja teräksen jälkeen. 2) Liittäminen vain putkivalmistajan suosittelemilla liittimillä.		

**Taulukko 11. RakMK osan D1 mukaiset viemärlaitteistojen muovimateriaalit.**

Materiaali	Liitokset	Huomautus
<b>D1 1987</b>		
PVC	Kumirengas, liimaliitos	
PE	Kumirengas, puristus, hitsaus	
PB	Kumirengas, hitsaus	
<b>D1 2007</b>		
PE		
PP		
Mineraalivahvisteinen PP		Käyttö kerrostalojen kytkentä- ja kokoojaviemäreinä
PVC-U		
PE SDR 17		Esimerkki paineviemäriputkesta, paineluokan valinta nostokorkeuden, paineenvaihteluiden ja ulkoisen kuormituksen perusteella

Kuva 2. LVI-järjestelmissä käytettäviä muovimateriaaleja [LVV-kuntotutkimusopas 2013]

Komposiittiputket ovat muoviputkia, jotka on vahvistettu metallikerroksella (kuva 3). Metallikerros on yleensä alumiinia. Komposiittiputkien metallikerros toimii happidifфуsiosuojana. Sen sijaan hapettomissa järjestelmissä käytettävissä PEX-putkissa on diffуsiosuojakalvo. [Uponor-komposiittijärjestelmän suunnittelu ja asennus 2010.]



Kuva 3. Uponorin komposiittiputken rakenne [Uponor-komposiittijärjestelmän suunnittelu ja asennus 2010].

#### 4 Putkimateriaalien käyttöikään vaikuttavat tekijät

Putkistomateriaalien kestävyteen ja käyttöikään vaikuttavat monet tekijät. Oleellisesti putkistomateriaalien kestävyteen vaikuttaa käyttöolosuhteet. Käyttöolosuhteisiin luettaen veden huono laatu, suunnitellusta poikkeavat lämpötilat ja virtausnopeudet, sähkökemiallinen korroosio, vanheneminen, aineiden liukeneminen, mikrobittoiminta ja mekaaniset rasitukset. Metallisissa putkissa vauriot ovat yleensä syöpymiä ja murtumia. Muovisten putkien yleisiä vaurioita ovat vanheneminen, aineiden liukeneminen ja ylikuormituksesta johtuva murtuma. Yksittäisten putkivaurioiden syynä on yleensä usean eri tekijän vaikutus. [LVV-kuntotutkimusopas 2013.]

Yleisimmät kriittiset kohdat ovat kuitenkin verkoston liitoksissa, mutkissa, juotoskohdissa ja venttiileissä. Riski suurenee, jos nämä tunnetut ongelmakohdat ovat rakenteiden sisällä, jolloin vuotojen ja vaurioiden havaitseminen on vaikeaa.

Syöpyminen on mahdollista myös putken ulkopinnalla. Putki voi syöpyä (kuva 4), jos putken pinnalle pääsee kosteutta ja epäpuhtauksia. Jos putki on kosketuksissa jalomman metallin kanssa, sähkökemiallinen korroosio syövyttää putkea. Putkien ulkoapäin syöpyminen tapahtuu yleensä puutteellisten eristysten takia. On myös mahdollista, että

putkea ympäröivästä materiaalista liukenee syövyttäviä aineita putken pintaan. [LVV-kuntotutkimusopas 2013.]



Kuva 4. Puhki asti syöpynyt valurautainen viemäri. Putken ulkopinnalla syöpymää [VTT Expert Services Oy]

#### 4.1 Teräspuikket

Hiiliteräksellä on suhteellisen huono korroosionkestävyys useimmissa olosuhteissa. Tämän takia hiiliterästä käytetään lähinnä suljetuissa verkostoissa. Lämpimässä vähähappisessa vedessä teräspuikkeen pintaan muodostuu suojaava magneettikalvo, joka estää korroosiota. Vähähappisessa kylmässä vedessä voi esiintyä sulfaattia pelkistävien bakteerien aiheuttamaa korroosiota. [Korroosiokäsikirja 1988]. Teräksisissä lämmitysverkostoissa vesi on yleensä niukkahappista ja lievästi alkalista. Tällöin korroosiota ei pääse mainittavasti tapahtumaan. Happamissa vesiliuoksissa teräksen korroosio on mahdollista ilman happeakin. [LVV-kuntotutkimusopas 2013.]

Mikrobiologinen toiminta voi aiheuttaa teräspuikkeen korroosiota. Rauta ja mangaani voivat hapettua mikrobien toiminnan johdosta. Mikrobit voivat myös tuottaa yhdisteitä, jotka muuttavat metallipinnan olosuhteita. Korroosiotuotteet ovat suurin syy lämmitysjärjestelmissä käytettävien teräspuikkeen tukoksiin. Hitaiden virtauskohtien alueelle saattaa muodostua korroosiotuotteista suuria kerrostumia, jotka lopulta tukkivat puikkeen.

Häiritseviä sakkamuodostumia esiintyy tavallisesti vain verkostoissa, jotka eivät ole täysin happidiffuusiosuojattuja. Myös jatkuva vesijohtoveden lisäys verkostoon aiheuttaa korroosiota. [Kapanen 1995; Korroosiokäsikirja 1998.]

#### 4.2 Sinkityt teräsputket

Sinkityssä teräsputkessa yleisimmin esiintyvät korroosiomuodot ovat yleinen korrosio, paikallinen korrosio ja galvaaninen korrosio. Sinkityn teräsputken syöpyminen alkaa vasta, kun suojaava sinkkikerros on syöpynyt pois putken sisäpinnalta. Sinkin syöpmistä edistää veden korkea lämpötila, happamuus ja pehmeys tai suuri kloridipitoisuus. Suuri virtausnopeus voi estää suojakerroksen muodostumista. Veden virtausnopeus tulisi olla alle 0,5 m/s, jotta suojakerroksen muodostuminen ei esty. Yleisimpiä syitä sinkityn teräsputken korroosiolle on liian ohut sinkkikerros tai ennen asennusta vaurioitunut putki. [Kapanen 1995: 33; Karjalainen 1995: 36–37.] Varsinkin veden happamuus ja vedessä oleva aggressiivinen hiilidioksidi liuottavat sinkkikerrosta. Putken sinkkipinnoite kestää hyvin kovassa vedessä, jonka pH-arvo on yli 7. [Kapanen 1995: 34.]

Sinkityissä teräsputkissa esiintyy puhkisyöpyymiä paikallisen korroosion vaikutuksesta. Paikallisessa korroosiossa korroosionopeus on usein moninkertainen yleiseen korroosioon verrattuna. Kloridit, sulfaatit, veden pitkäaikainen seisominen ja putken sisäpinnoilla olevat epäpuhtaudet lisäävät pistekorroosion riskiä. Pistekorroosion vaaraa voi vähentää veden laatua muuttamalla. Hyvä veden laatu sinkityille teräsputkille on, kun veden pH-arvo on yli 7,5 ja bikarbonaattipitoisuus on yli 120 mg/l. [LVV-kuntotutkimusopas 2013: 65.]

Jos kupariputkia on asennettu virtaussuunnassa ennen sinkittyä teräsputkea, altistuu sinkitty teräsputki galvaaniselle korroosiolle. Galvaanista korroosiota voi esiintyä myös kannatusten ja maadoitusten yhteydessä. [Karjalainen 1995: 38.]

Materiaali ja asennusvirheet voivat myös aiheuttaa vuotoja. Sinkittyjä teräsputkia tuotiin 1970-luvulla ulkomailta, ja niiden laadussa on ollut puutteita. Sinkkipinnoite on saattanut olla joltain osin putkea liian ohut ja siten liennut pois hyvinkin nopeasti. Tunnetaan myös tapauksia, jossa sinkityt teräsputket ovat olleet liian lähellä lämmönlähdettä. Sinkkipinnoite ei suojaa terästä yli 60 °C:n lämpötiloissa. [LVV-kuntotutkimusopas 2013: 65.]

#### 4.3 Ruostumaton ja haponkestävä teräs

Ruostumattomat teräkset kestävät normaaleja vesiympäristöjä hyvin. Terästen korroosionkestävyys riippuu lähinnä kromi- ja molybdeenipitoisuuksista. Vesijohtojen materiaalina käytetään yleisesti ruostumatonta terästä, mutta kloridipitoisuuden ollessa suuri käytetään haponkestävää terästä. Viemäriputket rakennusten sisäpuolisissa verkostoissa ovat ruostumatonta tai haponkestävää terästä. Maassa olevien viemäriputkien tulee kuitenkin olla aina haponkestävää terästä. [Korroosiokäsikirja 1988.]

Ruostumattomalle teräkselle tyypillisiä korroosionmuotoja ovat paikallinen korrosio, mikrobiologinen korrosio sekä jännityskorrosio. Ympäristöolosuhteet vaikuttavat paljon eri korroosionmuotojen esiintymiseen. [Korroosiokäsikirja 1988.]

Ruostumattomat teräkset kestävät huonosti korkeita kloridipitoisuuksia. Paikallista korroosiota esiintyy käyttövesijärjestelmissä, jossa veden kloridipitoisuus on suuri. Kloridit rikkovat putkien passiivikalvon ja altistavat sen piste- ja rakokorroosiolle. Raot ja jälkikäsittelemättömät hitsaussaumot edesauttavat rakokorroosion syntymistä. Kloridipitoisuuden ollessa yli 150 mg/l suositellaan vesijohtojen materiaaliksi haponkestävää terästä. [LVV-kuntotutkimusopas 2013: 71; Kekki ym. 2008: 58.]

Ruostumattomissa teräsputkissa voi esiintyä myös mikrobiologista ja jännityskorroosiota. Niiden yleisyydestä ei ole tarkkaa tietoa, mutta se on huomattavasti vähäisempi kuin paikallisen korroosion esiintyminen. Mikrobiologiselle korroosiolle altistavia tekijöitä ovat hitaasti virtaava tai paikallaan seisova vesi. Tartunta alustana mikrobeille toimii usein epätasainen hitsi. Mikrobiologista korroosiota tapahtuu varsinkin viemäriputkissa, joissa vesi pääsee olemaan paikallaan. Jännityskorroosiota esiintyy, kun putkessa on vetojännitys. Vetojännitys voi olla peräisin putkeen kohdistuneista fyysisistä rasituksista, kuten hitsauksesta tai taivutuksesta. [LVV-kuntotutkimusopas 2013: 71; Kekki ym. 2008: 58.]

#### 4.4 Valurautaiset viemäriputket

Valurautaputkissa tapahtuva korrosio on yleensä selektiivistä korroosiota. Selektiivinen korrosio ilmenee grafitoitumisena. Tällöin ferriitti syöpyy, ja jäljelle jää vain hauras grafiittisuomurunko. Grafitoituminen voi olla yleistä tai esiintyä vain paikallisesti. Grafi-

toitunut kohta on hauras ja helposti murtuva ja täten mekaaninen kestävyys heikkenee huomattavasti. [LVV-kuntotutkimusopas 2013.] Syöpymisriskiä lisää varsinkin hapan ja pehmeä vesi [Kekki ym. 2008: 44]. (Kuva 5.)



Kuva 5. Pahasti syöpyneen valurautaisen putken sisäpuoli [Granlund Oy]

Viemäreissä valuraudan syöpymistä aiheuttaa myös mikrobitoiminta (kuva 6). Jäteveissä bakteeritoiminta voi muodostaa orgaanisesti ja epäorgaanisesti rikkistä rikkivetyä. Epäorgaaniset rikkiyhdisteet tiivistyvät putken yläpintaan. Putken yläpinnassa olevat bakteerit hapettavat rikkivetyä rikkihapoksi, joka aiheuttaa valuraudan syöpymistä. [Kaplanen 1995: 20, 33.]



Kuva 6. Valurautaisen putken yläpinnassa keltaista viivamaista mikrobiologista korroosiota [Granlund Oy]

#### 4.5 Kupariputket ja messinkiset liitososat

Kupariputkistoissa tapahtuva korroosio on jaettu kahteen pääryhmään: yleiseen korroosioon ja paikalliskorroosioon. Yleinen korroosio etenee yleensä todella hitaasti, eikä aiheuta ongelmia putken keston suhteen. Kupariputkissa esiintyy seuraavia paikalliskorroosion muotoja pistekorroosio, eroosikorroosio, jännityskorroosio, saostumakorroosio ja korroosioväsyminen. Pistekorroosio (kuva 7) on kupariputkien yleisin korroosimuoto ja voi aiheuttaa putken puhkeamisen hyvinkin lyhyessä ajassa. [Outokumpu Copper.] Piste- ja eroosikorroosio kattavat yli 70 % kaikista kupariputkissa tapahtuvista vauriotapauksista [Karjalainen 1995: 39].



Kuva 7. Pistekorroosiota putken ulko- ja sisäpinnalla [Outokumpu Copper]

Pistekorroosiota aiheuttavat ympäristötekijät, eikä kuparin laadulla ole huomattu olevan vaikutusta asiaan. Pistekorroosion riski lisääntyy, kun putkissa virtaava vesi on pehmeä, happamaa tai sulfaattipitoista. Tavallista korkeampien rauta-, alumiini- ja mangaanipitoisuuksien tiedetään myös olevan haitaksi. Pistekorroosion estämiseksi veden pH-arvon tulisi olla yli 7,5, bikarbonaattipitoisuuden 70–120 mg/l ja sulfaattipitoisuuden pienempi kuin bikarbonaattipitoisuus. [LVV-kuntotutkimusopas 2013: 65–66.]

Kuparin alttius eroosikorroosiolle (kuva 8) lisääntyy lämpötilan noustessa. Tämän takia lämminvesijohdoilla on suurempi eroosikorroosion riski. Matala pH-arvo sekä suuri happi- ja kloridipitoisuus lisäävät eroosikorroosion riskiä. Pehmeä vesi edistää eroosikorroosiota, kun taas kova vesi hidastaa sitä. Riskikohtia ovat putken liitokset ja juotokset. Näissä kohdissa saattaa olla ulokkeita tai kuoppia, jotka synnyttävät veden pyörteilyä. [Outokumpu Copper: 4.10.]



Kuva 8. Kupariputkessa eroosiokorroosiota [Outokumpu Copper]

Messinkiosien yleisimmät korroosimuodot ovat sinkinkato (kuva 9) ja jännityskorroosio. Sinkinkato on tyypillinen ongelma ennen 1970-luvun puolivälin asennetuissa messinkiventtiileissä ja liittimissä. Niiden sinkinkadonkestävyys oli huono, koska seostus niissä on erilainen kuin vuoden 1977 jälkeen valmistetuissa sinkkiosissa. [Kekki ym. 2008: 74.]



Kuva 9. Sinkinkadon vaurioittama messinkiventtiili [Outokumpu Copper]

#### 4.6 Muoviviemärit

Vanhojen muoviviemärien tyypillisiä ongelmia oli huono lämmönkesto ja liitosten huono kestävyys [Kerrostalot 1880–2000: 181]. Yleisimmät ongelmat muoviviemäreissä johtuvat virheellisestä asennuksesta, kannakointivirheistä tai muista mekaanisista syistä johtuvista muodonmuutoksista.

#### 4.7 Muovi- ja komposiittiputket

Muoviputkien vaurioitumiseen ja käyttöikään vaikuttavat tekijät voi jakaa kolmeen luokkaan: Materiaalitekijöihin, ympäristötekijöihin ja kuormitustekijöihin. Ympäristötekijöitä ovat kemiallisesti aggressiiviset kaasut, nesteet, kiinteät partikkelit, UV-säteily, radioaktiivinen säteily sekä mikrobiologinen toiminta. Fysikaalisia rasituksia ovat lämpötila ja paine sekä niiden vaihtelut. Myös mahdolliset mekaaniset vauriot ovat fysikaalisia rasituksia. Merkittävimpiä kuormitustekijöitä ovat verkoston sisäpuolinen paine sekä lämpötila. Muoviputket eivät kestä yhtä suuria lämpötiloja kuin metalliputket. Ympäristötekijöistä muoviputkien käyttöikään vaikuttavat eniten kemikaalit ja UV-säteily. [LVV-kuntotutkimusopas 2013.]

### 5 Korroosio

Materiaalit reagoivat usein ympäristönsä kanssa epäedullisin seurauksin. Tällöin materiaali vaurioituu yleensä syöpymällä. Materiaalin syöpymistä nimitetään korroosioksi. [Kekki ym 2008: 21.] Useimmat metallit esiintyvät luonnossa yhdisteinä, jotka ovat termodynaamisesti stabiilissa muodossa. Metallien valmistus- ja muokausprosesseissa niiden vapaaenergiatilaa kohotetaan ulkoa tuodulla energialla. Metallit pyrkii takaisin termodynaamisesti stabiiliin tilaan korroosioreaktioiden avulla. [Kapanen 1995: 11.] Korroosio on materiaalin kemiallista ja sähkökemiallista kulumista ympäristön vaikutuksesta.

LVI-järjestelmissä korroosio on sähkökemiallista korroosiota. Sähkökemiallisen korroosion seurauksena sähkövirtoja kulkee syöpyvässä metallissa ja vedessä, kun ne ovat kosketuksissa toisiinsa. [Kiinteistöjen metallisten käyttövesiputkistojen ja -laitteistojen kestävyys.] Sähkökemiallisessa korroosiossa metallin jalommasta osapuolesta tulee katodi ja epäjalommasta syöpyvä anodi. Sähkökemiallisessa korroosiossa edellytyksenä on sähköä johtava liuos, joka yleensä on vesi. Tällöin metalli hapettuu, jolloin metalli liukenee veteen. [Kapanen 1995; Kekki ym. 2008.] Mekaanisella korroosiolla tarkoitetaan metallien vaurioitumista mekaanisten tekijöiden vaikutuksesta. Nämä tekijät ovat yleensä jatkuvia ja hitaasti eteneviä kuten liian suuri virtausnopeus putkessa, hankaus ja tärinä. [LVV-kuntotutkimusopas 2013.]

Muoviputkissa ei tapahdu varsinaista korroosiota. Muovi haurastuu kuitenkin vanhetessaan ilman ja valon vaikutuksesta. Osa muoveista on hyvinkin herkkiä UV-valon aiheuttamalle kulumiselle. [Karjalainen 1995: 42.]

Yleisimmät kriittiset kohdat ovat kuitenkin verkoston liitoksissa, mutkissa, juotoskohdissa ja venttiileissä. Riski suurenee, jos nämä tunnetut ongelmakohdat ovat rakenteiden sisällä, jolloin vuotojen ja vaurioiden havaitseminen on vaikeaa.

## 5.1 Paikallinen korrosio

Paikallinen korrosio esiintyy pistekorrosiona ja rakokorrosiona. Paikallinen korrosio on tyypillistä kuparilla, sinkityllä teräksellä ja ruostumattomalla teräksellä [LVV-kuntotutkimusopas 2013].

### 5.1.1 Pistekorrosio

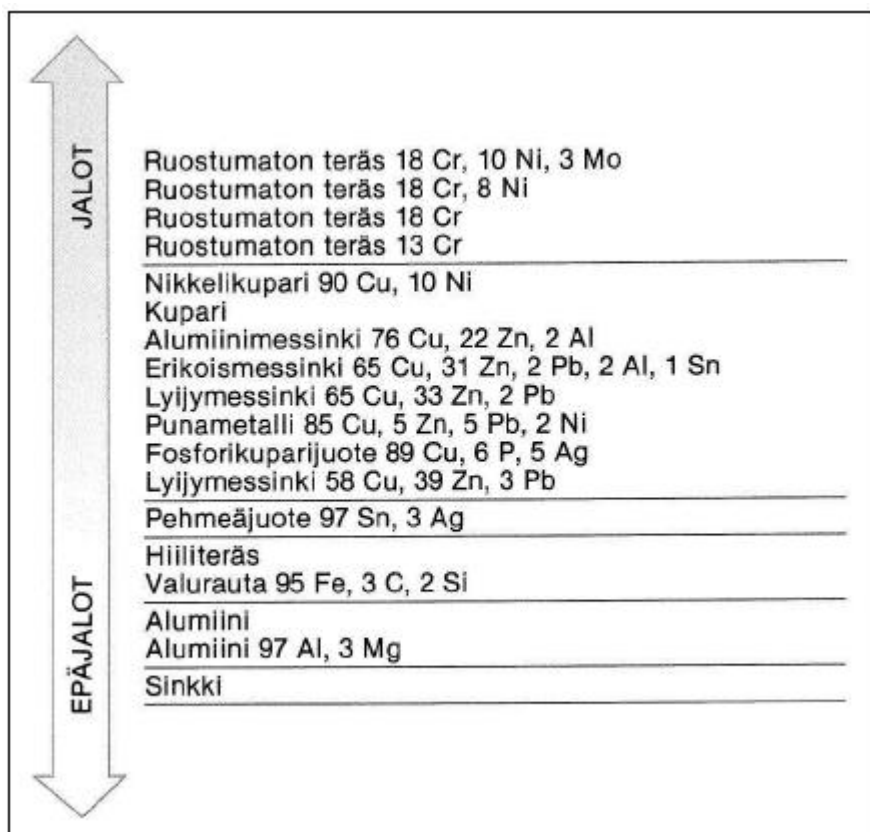
Pistekorrosio aiheuttaa paikallisen syöpymän putkeen. Syöpymät ovat usein sakanystyröiden peitossa. Pistekorrosiota esiintyy metalleissa, joiden korroosiokestävyys perustuu pintaa suojaavaan passiivikalvoon tai, jos metallia suojaa sitä jalompi pinnoite. Pistekorrosio aiheuttaa usein alueeltaan pieniä syöpymiä, jotka etenevät putken ulkopintaa kohti. [LVV-kuntotutkimusopas 2013.] Pistekorrosiota esiintyy kuparissa, sinkityssä teräksessä ja ruostumattomassa teräksessä.

### 5.1.2 Rakokorrosio

Rakokorrosiota aiheuttavat tavallisesti kloridit. Rakokorrosiota esiintyy varsinkin likaa keräävissä raoissa, jälkikäsittelemättömissä hitsausseamoissa ja metallien ja epämetallien liitoskohdissa. Aluksi metalli liukenee anodisena reaktiona. Raossa oleva liuos ei pääse kiertämään lian vaikutuksesta, jolloin raossa olevan liuoksen happipitoisuus laskee. Korrosionopeus kasvaa rakoon muodostuvien olosuhteiden vaikutuksesta. Rakokorrosiota tavataan yleensä metalleissa tai metalliseoksissa, joiden korroosiokestävyys perustuu niiden pinnalle muodostuvaan passiivikalvoon. Rakokorrosiota esiintyy ruostumattomassa teräksessä ja kuparissa. [Kapanen 1995; LVV-kuntotutkimusopas 2013.]

## 5.2 Galvaaninen korroosio

Korroosiota tapahtuu kahden eri metallin ollessa kosketuksissa samassa liuoksessa. Epäjalompi metalli syöpyy potentiaalieron johdosta. Galvaaninen korroosio voimistuu metallien potentiaalieron kasvaessa. Epäjalomman metallin korroosio nopeutuu epäjalomman metallin määrän vähentyessä jalompaan metalliin nähden. (Kuva 10.) [Korroosiokäsikirja 1998.] Galvaanista korroosiota esiintyy LVV-järjestelmissä yleensä vain sinkityissä teräsputkissa [Kekki ym. 2008: 74].



Kuva 10. Galvaaninen sarja pH 7,5 vesijohtovedessä [Outokumpu Copper 1996]

## 5.3 Sinkinkato

Sinkinkato on valikoituvaa liukenemista. Valikoituvassa liukenemisessä metalliseoksen jokin seosaine liukenee muita nopeammin. Sinkinkadossa sinkki liukenee pois messingistä, ja jäljelle jää vain huokoinen kuparirakenne. Sinkinkato perustuu seosmetallien väliseen jalouseroon. Sinkinkato kasvaa messingin sinkkipitoisuuden kasvaessa. Sin-

kinkatoa esiintyy messinkijuotoksissa ja sinkkikadolta suojaamattomissa messinkiosissa. [Korroosiokäsikirja 1988: 117; Kekki ym. 2008: 75.]

#### 5.4 Eroosiokorroosio

Eroosiokorroosio on mekaanista korroosiota ja johtuu virtaavan veden aiheuttamasta mekaanisen kulumisen ja kemiallisen syöpymisen yhteistoiminnasta. Yleensä eroosiokorroosio on huomattavaa vain kun, veden virtausnopeus on liian suuri tai virtaus on hyvin pyörteistä. Myös veden sisältämät kaasukuplat ja kiinteät hiukkaset kiihdyttävät eroosiokorroosiota. Eroosio kuluttaa varsinkin putkien liitoskohtia. Veden aggressiivisuus ja korkea lämpötila vaikuttavat syöpymisnopeuteen. [Kapanen 1995; LVV-kuntotutkimusopas 2013.] Eroosiokorroosiota esiintyy yleensä vain kupariputkissa.

#### 5.5 Jännityskorroosio

Jännityskorroosio tapahtuu staattisten vetojännityksien ja syövyttävän ympäristön yhteisvaikutuksesta. Jännityskorroosiossa metalliin syntyy repeämiä. Jännitystila voi joutua putken sisäisistä tai ulkoisista jännityksistä. Sisäiset jännitykset syntyvät yleensä putken hitsauksen, kylmämuokkauksen tai lämpökäsittelyn seurauksena. Jännityskorroosiota esiintyy yleensä vain ruostumattomissa teräsputkissa. [Korroosiokäsikirja 1988: 117–121.]

#### 5.6 Mikrobiologinen korroosio

Mikrobiologisen korroosion aiheuttaa seisovassa vedessä syntyvät mikro-organismit. Mikro-organismit tarvitsevat itselleen tartunta-alustan. Mikro-organismit tarvitsevat suotuisat olosuhteet muodostuakseen. Tällaisia voivat olla käsittelemättömän veden seisominen putkistossa tai epätasainen hitsisauma. Bakteerit voivat vaurioittaa metallin pinnalle muodostuvaa passiivikerrosta ja synnyttää syövyttäviä yhdisteitä. [Kekki ym. 2008: 41–44.] Mikrobiologista korroosiota esiintyy yleensä valuraudassa sekä ruostumattomissa teräksissä.

## 6 Kokemusperustaiset käyttöiät putkimateriaaleille

Putkistojen käyttöiästä puhuttaessa on 50 vuotta ikä, jota käytetään paljon. Putkien jäljellä olevaa käyttöikää ei voi kuitenkaan suoraan arvioida putkien iän perusteella. Putkien kuntoon vaikuttaa erilaiset rasitukset, käyttötarkoitukset ja sijainti. Putkistot ovat yleensä putkijärjestelmän pisimpään kestävä osa. Putkistolaitteita joudutaan uusimaan jo paljon aikaisemmin.

Putkimateriaalien käyttöikää arvioidessa ei yleensä huomioida todella pitkiä ja lyhyitä käyttöikäiä. Uudet valurautaiset putket saattavat olla käyttöikänsä päässä jo 10 vuoden jälkeen, kun taas lämmitysjärjestelmissä teräsputket saattavat kestää yli 100 vuotta.

Markelin-Rantalan ja Rautiaisen [2007] keräämässä aineistossa valurautaisten viemäriputkien käyttöiäksi on arvioitu noin 30–60 vuotta. LVI-kortissa 01-10424 arvioidaan valurautaisten viemäreiden käyttöiäksi 50 vuotta. Valurautaviemäreiden tiedetään kuitenkin syöpyneen puhki syövyttävissä olosuhteissa jo kahdessa vuodessa [Karjalainen 1995: 41]. Pallografiittiputkien seinämäpaksuus on pienempi kuin suomugrafiittiputkissa. Tästä syystä vaativissa olosuhteissa pallografiittiputket voivat syöpyä puhki jo muutamassa vuodessa [LVV-kuntotutkimusopas 2013: 69]. Vuonna 1999 valmistuneessa rakennuksessa jouduttiin uusimaan valurautaiset viemäriputket vuonna 2013, koska valurautaiset viemäriputket olivat tietyiltä osin läpisyöpyneitä.

Kylmä- ja lämminvesijohtoina käytettävien kupariputkien käyttöiäksi arvioidaan noin 40–50 vuotta [Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot: 20]. Karjalainen [1995: 38] arvioi kuparisten lämminvesijohtojen käyttöiäksi noin 30–50 vuotta. Kupariputket voivat syöpyä puhki epäedullisissa olosuhteissa pistekorroosion takia jo muutamassa vuodessa [Kekki ym. 2008: 143]. Kuparista tehdyt lämpimän veden kiertojohtot voivat syöpyä puhki jo alle viidessä vuodessa epäedullisissa olosuhteissa yleensä liian suuren virtausnopeuden vaikutuksesta [Karjalainen 1995: 38].

Kekin ym. [2008: 143] tutkimustulokset osoittavat, että eri lähteet ovat arvioineet kuumasinkittyjen teräsputkien käyttöiän olevan 20 ja 50 vuoden välillä. Sinkinkadon kestävä messingin käyttöiäksi arvioidaan olevan lähempänä 50 kuin 20 vuotta [Kekki ym. 2008: 143]. Sinkittyjen teräsputkien suojaava sinkkikerros saattaa liueta vaikeissa olosuhteissa jo 3–5 vuodessa, minkä jälkeen teräsputken puhkisyöpyminen voi tapahtua 20 vuodessa [LVV-kuntotutkimusopas 2013].

Jäähdytysjärjestelmissä käytetään muovi ja teräsputkia. Ulkopuolelta sinkityt teräsputket ovat joissain tapauksissa syöpyneet puhki ulkopuolelta, koska sinkitykseen on tullut vaurioita. Jäähdytysjärjestelmissä käytettävien putkien suurimmat ongelmat aiheuttavatkin huonon eristämisten takia alkavasta ulkopuolisesta syöpymisestä.

Nykyään muoviputkia käytetään paljon, ja niille annettu käyttöikäennuste on noin 50 vuotta. Koska muoviputkia on asennettu vasta vähän aikaa ja muovilaatuja on paljon, ei muoviputkien todellinen käyttöikä ole tiedossa. Oletus kuitenkin on, että muoviputkien käyttöikä on ainakin 100 vuotta. LVV-kuntotutkimusoppaassa [2013: 78] mainitaan, että muoviputkilla saattaa olla jopa pitempi käyttöikä kuin itse rakennuksella, johon ne on asennettu. Muoviputkissa eniten huolta aiheuttavat niissä käytettävät liitostavat.

Teoksessa Rakennusten vesijohdot ja viemärit [1987: 142] mainitaan vesijohtojen syöpyneen puhki muutamassa vuodessa, ja pahimmissa tapauksissa vesijohdot ovat syöpyneet puhki jo alle vuoden käytön jälkeen. Kyse on metallisista vesijohdoista, mutta teoksessa ei mainita, mitkä metallit ovat kyseessä.

## **7 Putkistojen jäljellä olevan käyttöiän määrittäminen**

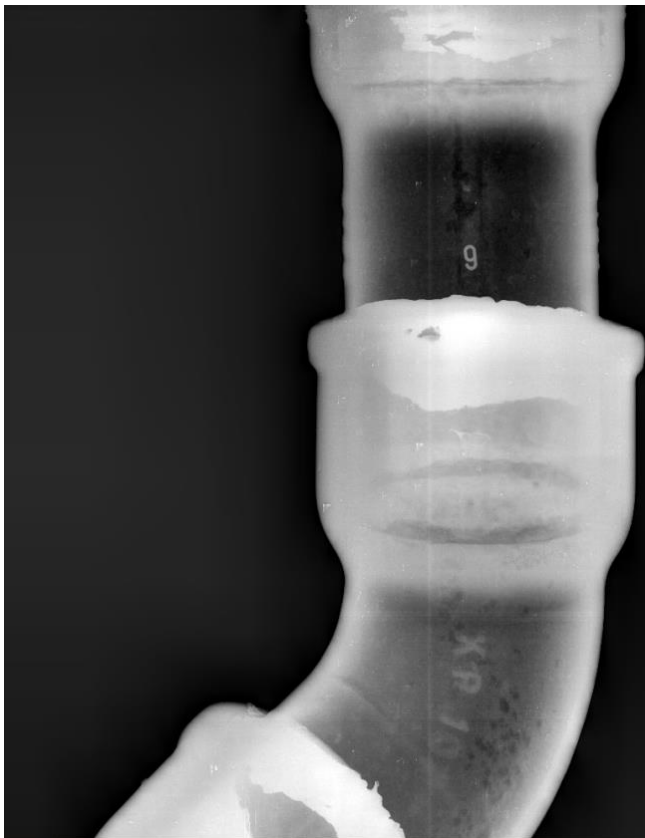
Kuntotutkimuksissa annetaan arvio putkistojen jäljellä olevasta käyttöiästä. Kuntotutkimus on ainoa tapa saada lähes luotettava arvio putkistojen jäljellä olevasta käyttöiästä. Kuntotutkimuksissa tarkastellaan järjestelmiä kokonaisuutena, ja yksittäisiä vuotoja voi ilmetä ennen jäljellä olevan käyttöiän päättymistä.

Yleisimpiä menetelmiä putkistojen kunnon tutkimiseksi ovat sisäpuolinen kuvaus, radiografinen kuvaus sekä visuaalinen tarkastus. Harvemmin käytettyjä menetelmiä on ultraäänitutkimus ja koepalan ottaminen putkesta.

Visuaalinen tarkastus on kaikkien kuntotutkimuksien lähtökohta. Visuaalisessa tarkastuksessa voidaan tehdä havaintoja vuodoista ja putkien ulkopuolisesta korroosiosta. Tärkein tehtävä visuaalisessa tarkastuksessa on kuitenkin määrittää tarvittavat jatkotutkimusmenetelmät. [LVV-kuntotutkimusopas 2013: 82.]

Sisäpuoliset kuvaukset toteutetaan TV-kameralaitteistolla tai endoskoopilla. Sisäpuoliset kuvaukset voidaan toteuttaa vain viemäriputkille. TV-kameralaitteistoon kuuluu ohjauskeskus sekä kaapeli, jonka päässä on kamera. Kameraa liikutetaan putkessa kaapelin avulla. Kuvauksissa voidaan havaita sisäpuoliset tukokset, kerrostumat, huonot liitokset, painaumat, siirtymät ja sinne kuulumattomat roskat ja esineet. [LVV-kuntotutkimusopas 2013: 83.]

Radiografinen kuvaus eli röntgenkuvaus soveltuu lähes kaikkien putkien kuntotutkimuksiin. Röntgenkuvauslaitteistoon kuuluu säteilyä tuottava röntgenputki ja sen ohjauskeskus. Kuvaukset toteutetaan asettamalla filmi kuvattavan kappaleen taakse ja säteilylähde kappaleen vastakkaiselle puolelle. Röntgensäteet menevät kuvattavan putken läpi ja jättävät siitä jäljen filmille. Röntgenkuvaus soveltuu rakennusten sisäpuolisten metallista tehtyjen verkostojen kuntotutkimuksiin. Röntgenkuvista (kuva 11) pystytään havaitsemaan putkien korroosioilmiöiden laajuus sekä muut viat materiaalissa. Muovisia vesijohtoja ei voida tutkia röntgenkuvaamalla. Muovisista viemäreistä röntgenkuvaus soveltuu selvittämään vain mahdollisia liitosvirheitä, sakkakertymiä ja putken säröilyjä. [LVV-kuntotutkimusopas 2013: 87.]



Kuva 11. Valurautaisen viemäriputken röntgenkuva [VTT Expert Services Oy]

Ultraäänilaitteistolla tehtävä tutkimuksessa mitataan putken seinämäpaksuutta pieneltä alueelta. Mittaukset tapahtuvat niin pieneltä alueelta, että pistemäisten syöpymien löytäminen on tuurista kiinni. Vanhat valurautaviemäriputket ovat usein huokoisia ja sisältävät valuvirheitä, joten ultraäänimittauksilla ei saada luotettavaa tulosta. Ultraäänimittauksilla ei saada kuntotutkimuksissa tarvittavia luotettavia tuloksia. [LVV-kuntotutkimusopas 2013: 85.]

Koepalojen ottaminen kuntotutkimuksissa on vähäistä. Ne aiheuttavat yleensä ongelmia kiinteistön normaalille toiminnalle ja ovat työläitä ottaa verrattuna röntgenkuvaukseen. Viemäreistä koepalaa ottaessa täytyy viemäriinja olla poissa käytöstä koepalan ottamisen ja vaurion paikkauksen ajan. Käyttövesi-, lämmitys- ja jäähdytysverkot tulee tyhjentää vedestä tarvittavin osin koepalan ottamisen yhteydessä. Vaurion paikkaaminen voi olla haastavaa huonokuntoisissa verkostoissa. Koepalat tutkii aina erityisasiantuntija laboratoriossa.

## **8 Tutkimustulokset**

Putkimateriaalien käyttöikä on hankala arvioida, koska olosuhteet ovat kiinteistöissä aina erilaiset. Käyttöikäarvioita ei tulisi antaa, jos olosuhteet eivät ole tarkasti tiedossa. Mitään keskimääräistä käyttöikää putkistoille ei voi laskea, koska alan julkaisuista löytyvät tiedot perustuvat arvioihin tai yksittäistapauksiin. Voidaan todeta, että Suomessa on selvä tarve kattavalle putkimateriaalien käyttöikä selvitykselle, jossa kartoitettaisiin käyttöikäen lisäksi vauriomekanismit ja niiden yleisyys.

Kirjallisuudessa mainittavat käyttöikäennusteet voivat poiketa hyvinkin paljon putkistojen todellisesta käyttöiästä. Käyttöikäarvioita on koottu taulukoihin 1–3. Varsinkin valurautaiset viemäriputket syöpyvät usein puhki jo ennen niille arvioidun käyttöiän päättymistä. Pitää myös muistaa, että yksittäisten tapausten perusteella ei voida arvioida samalla materiaalilla tehdyn verkoston käyttöikää toisessa kiinteistössä.

Taulukko 1. Käyttöikäarvioita kylmän käyttöveden putkistoille

Eri lähteistä kerättyjä käyttöikäarvioita kylmän käyttöveden putkistoille					
Lähde	a	b	c	d	e
Kupariputket	40–50	50	-	50–60	50
Sinkityt teräsputket	40–50	20–50	20–40	30–50	30–50
a) LVI-kortti 01-10424					
b) Kekki ym. 2008					
c) Karjalainen					
d) Markelin-Rantala & Rautiainen					
e) Rakennusten vesijohdot ja viemärit 1987					

Yleisesti käytettyjä putkimateriaaleja kylmän ja lämpimän käyttöveden verkostoissa ovat myös muovit ja komposiitti. Niiden käyttöiäksi arvioidaan yleensä noin 50 vuotta käyttötarkoituksesta riippumatta.

Taulukko 2. Käyttöikäarvioita lämpimän käyttöveden putkistoille

Eri lähteistä kerättyjä käyttöikäarvioita lämpimän käyttöveden kupariputkille				
Lähde	a	b	c	d
Kupariputket	40–50	30–50	30–50	50–60
a) LVI-kortti 01-10424				
b) Kekki ym. 2008				
c) Karjalainen				
d) Markelin-Rantala & Rautiainen				

Taulukko 3. Käyttöikäarvioita viemäriputkistoille

Eri lähteistä kerättyjä käyttöikäarvioita viemäriputkistoille			
Lähde	a	b	c
Suomugrafiittirauta	50	30–50	30–60
Pallografiittirauta	50	30–50	
PVC	40		20–30
a) LVI-kortti 01-10424			
b) Karjalainen 1995			
c) Markelin-Rantala & Rautiainen 2007			

Lämmitysjärjestelmissä teräs-, komposiitti ja muoviputkille arvioidaan käyttöiäksi noin 50 vuotta. Kuparille käyttöikäarvio on 40–50 vuotta. [LVI-kortti 01-10424.]

Liitteessä 6 on taulukoitua tietoa LVI-järjestelmissä käytettävistä putkimateriaaleista ja niille yleisistä vauriotyypeistä.

## **9 Tutkimustulosten käyttö LVI-suunnittelussa ja kuntoarvioissa**

Kuntoarvio on asiantuntijan tekemä arvio kiinteistön järjestelmien ja rakennusosien korjaustarpeesta. Kuntoarviossa käytetään tilastoituja tietoja rakennusosien ja järjestelmien käyttöiän arvioimiselle. Kuntoarviossa tulisi ottaa huomioon myös järjestelmien saneeraukset ja huoltovälit. Kuntoarvion onnistunut tekeminen perustuu tekijän ammatitaitoon ja kokemukseen. Kuntotutkimus on mitattujen tietojen pohjalta tehty arvio järjestelmien käyttöiästä. [LVV-kuntotutkimusopas 2013.]

Kuntoarvioita tehdessä tulee arvioitujen käyttöikätietojen lisäksi tarkastella LVI-järjestelmien olosuhteita. Veden laadulla on suuri vaikutus järjestelmien käyttöikään. Järjestelmien oikea mitoitus ja oikeaoppinen putkistojen asennus vaikuttavat paljon järjestelmien käyttöikään.

Korjausrakentamisessa vanhojen putkien käyttöikää pystyy arvioimaan käytettyjen materiaalien ja liitostapojen perusteella. Putkien uusimisia tehdessä tulee huomioida syitä putkistojen uusimistarpeelle. Kun syyt tiedetään, voidaan tehdä päätökset uusien materiaalien valinnasta tai ottaa selvää, voiko olosuhteita mahdollisesti muuttaa. LVI-suunnittelijan tehtävä on valita käytettävät putkimateriaalit rakennushankkeissa.

Uudisrakentamisessa LVI-suunnittelijan tulisi kiinnittää huomiota putkistojen vaihdettavuuteen ja vuotojen havaitsemisen helppouteen. Putkistot tulisi myös suunnitella mahdollisimman pitkäikäisiksi materiaalivalinnasta huolimatta. Tällöin materiaaleja valitessa tulee kiinnittää huomiota niille tyypillisille vaurioille ja tehdä toimenpiteet niiden estämiseksi.

## **10 Yhteenveto**

Tässä insinööriyössä haluttiin antaa lukijalle perustietoja rakennusten sisäpuolisissa verkostoissa käytettävistä putkimateriaaleista ja arvioita niiden käyttöiästä. Lisäksi tutkittiin putkimateriaalien korroosimuotoja ja niihin vaikuttaviin tekijöihin. Putkimateriaa-

lien vaurioista ja niihin vaikuttavista tekijöistä tehtiin taulukko, jotta lukijalle jäisi kuva siitä, minkä kaltaisia ongelmia eri materiaaleilla on.

Insinööriyön aihepiirin omaksuminen on tärkeää jokaiselle LVI-järjestelmiä suunnittelevalle henkilölle. Tämä insinööriyön tuloksia hyödynnettäessä on tärkeää ottaa huomioon käyttöolosuhteiden vaikutus eri materiaaleille. Täytyy myös muistaa, että putkistojen jäljellä olevaa käyttöikää ei voida määrittää ilman asiantuntijan tekemää kuntotutkimusta.

## Lähteet

Esittelysivut. 2013. Verkkodokumentti. Rautaruukki Oyj. < <http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Ruostumaton-teras-ja-alumiini/Ruostumattomat-teraslevyt-ja--kelat/Ruostumaton-teras-1430114307-kuumavalssattu>> Luettu 20.11.2013.

Kapanen, Jaakko. 1995. Kiinteistön lämmitys- ja vesiputkistojen kunnossapito. Helsinki: Hakapaino

Karjalainen Jyrki. 1995. Vesi- ja viemäriputkistojen kuntoarvio. Joutsa: Nettopaino Oy

Kekki Tomi, Kaunisto Tuija, Keinänen-Toivola Minna, Luntamo Marja. 2007. Talousveden kanssa kosketuksissa olevat verkostomateriaalit Suomessa. Turku: Vesi-instituutti, Prizztech Oy.

Kekki Tomi, Kaunisto Tuija, Keinänen-Toivola Minna, Luntamo Marja. 2008. Vesijohdantomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa. Turku: Vesi-instituutti, Prizztech Oy.

Kerrostalot 1880–2000. 2006. Tampere: Rakennustieto Oy.

Kiinteistönhoidon käsikirja. 2003. Helsinki: Suomen Kiinteistöliitto

Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. 2008. LVI - 01-10424. Rakennustietosäätiö RTS.

Kiinteistöjen metallisten käyttövesiputkistojen ja -laitteistojen kestävyys. 2009. Verkkodokumentti. <[http://www.vvy.fi/files/304/FCG\\_kuparikoroosio\\_tiivistelmaraportti.pdf](http://www.vvy.fi/files/304/FCG_kuparikoroosio_tiivistelmaraportti.pdf)>. 27.3.2009. Luettu 1.12.2009.

Korroosiokäsikirja. 1988. Espoo. Suomen Korroosioyhdistys – SKY ry.

LVV-kuntotutkimusopas 2013: Opas lämmitys-, vesi- ja viemäriverkostojen kuntotutkimuksiin. 2013. Helsinki: Suomen LVI-liitto.

Markelin-Rantala, Lina. Rautiainen, Liisa. 2007. Asuinrakennusten viemäri- ja käyttövesiputkistojen pinnoitusmenetelmät – esiselvitys. Verkkodokumentti. <[http://linjasaneeraus.vtt.fi/hankkeen\\_aineistoa/PutketPinnoitus\\_14.04.08.pdf](http://linjasaneeraus.vtt.fi/hankkeen_aineistoa/PutketPinnoitus_14.04.08.pdf)>. 1.6.2007. Luettu 11.11.2013.

Outokumpu Copper. 1996. Kupariputket

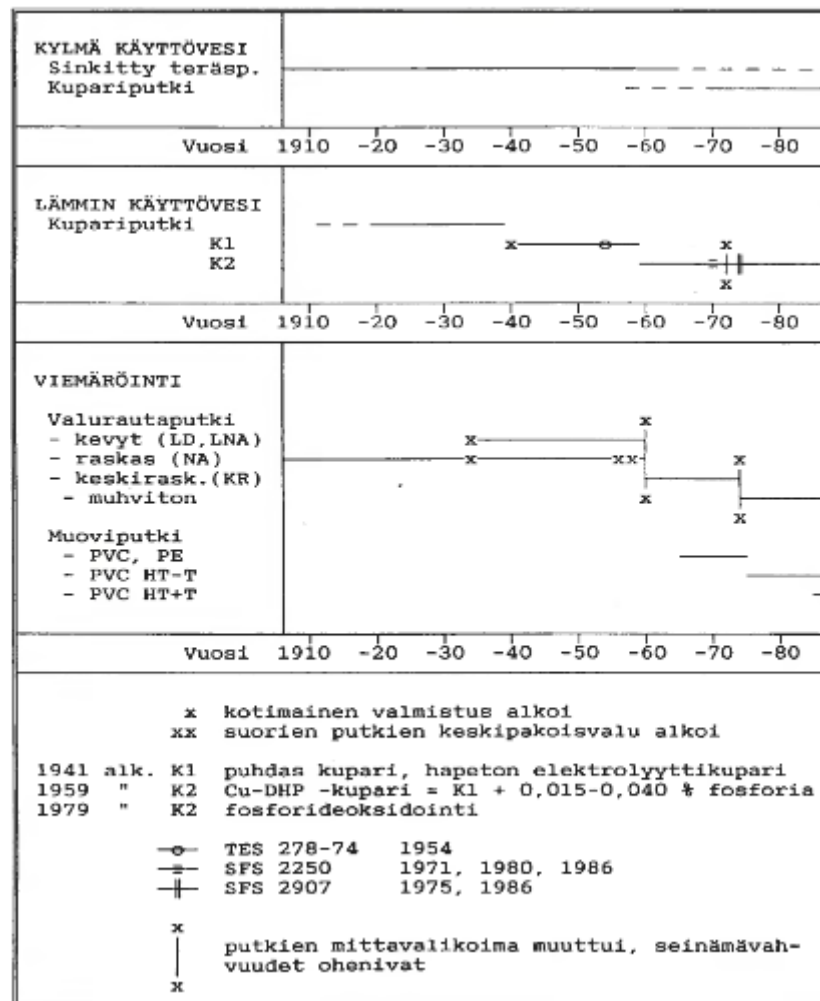
PEX-putkituotteet ja niiden ominaisuudet. 2008. Uponor Oy. Verkkodokumentti. <[http://www.uponor.fi/~media/Files/Uponor/Finland/Tap%20water%20PEX/Brochures/PEX-putkistot\\_1010\\_FI\\_1208.pdf](http://www.uponor.fi/~media/Files/Uponor/Finland/Tap%20water%20PEX/Brochures/PEX-putkistot_1010_FI_1208.pdf)>. Luettu 5.1.2014.

Rakennusten vesijohdot ja viemärit. 1987. Helsinki: Suomen Kunnallisteknillinen Yhdistys.

Uponor-komposiittijärjestelmän suunnittelu ja asennus. 2010. Uponor Oy. Verkko-dokumentti.

<[http://www.uponor.fi/~media/Files/Uponor/Finland/MLCP/Installation%20manuals/9001\\_Komposiitti\\_kasik\\_010610.pdf](http://www.uponor.fi/~media/Files/Uponor/Finland/MLCP/Installation%20manuals/9001_Komposiitti_kasik_010610.pdf)>

## Eri aikakausina käytettyjä putkimateriaaleja vesi- ja viemärijärjestelmissä



Kuva 1. Eri aikakausina käytettyjä materiaaleja vesi- ja viemärijärjestelmissä  
 [Kapanen 1995: 35]

## Sinkittyjen teräsputkien standardikokoja eri aikakausina

1906, 1906, 1911 ja 1923													
NS	3	6	10	13	20	25	30	40	50	63	75	90	
Ds		6	10	13	19	25	32	38	50	63	76	89	
1937													
NS	3	6	10	13	20	25	30	40	50	63	75	90	
Du	10	13,25	16,75	21,25	26,75	35,50	42,25	48,25	60,00	75,50	88,25	101,00	
s	2,00	2,25	2,25	2,75	2,75	3,25	3,25	3,50	3,75	3,75	4,00	4,25	
1941													
NS	3	6	10	13	20	25	30	40	50	63	75	90	
Du	10	13,25	16,75	21,25	26,75	35,50	42,25	48,25	60,00	75,50	88,25	101,00	
s	2,00	2,25	2,25	2,75	2,75	3,25	3,25	3,50	3,75	3,75	4,00	4,25	
1946													
NS	3	6	10	13	20	25	30	40	50	63	75	90	
Du	10	13,25	16,75	21,25	26,75	35,50	42,25	48,25	60,00	75,50	88,25	101,00	
1952 (DIN 2440)													
NS		6	8	10	15	20	25	32	40	50	65	80	90
Du		10,00	13,25	16,75	21,25	26,75	33,50	42,25	48,25	60,00	75,50	88,25	101,00
s		2,00	2,25	2,25	2,75	3,25	3,25	3,5	3,5	3,75	3,75	4,00	4,25
1960													
NS		6	8	10	15	20	25	32	40	50	65	80	90
s		2,00	2,35	2,35	2,65	2,65	3,25	3,25	3,25	3,65	3,65	4,05	4,05
1964													
NS		6	8	10	15	20	25	32	40	50	65	80	90
s		2,00	2,35	2,35	2,65	2,65	3,25	3,25	3,25	3,65	3,65	4,05	4,05
NS = nimellissuuruus (mm) Du = ulkohalkaisija (mm) Ds = sisähalkaisija (mm) s = seinämävahvuus (mm) Huom ! Ennen vuotta 1929 ilmestyneissä lähteissä dimensioita ei kerrottu taulukossa esitettyä tarkemmin													

Kuva 1. Sinkittyjen teräsputkien standardikokoja eri aikakausina [Karjalainen 1995: 15]

## Kupariputkien standardikokoja eri aikakausina

1906, 1906, 1911 ja 1923													
NS	3	6	10	13	20	25	30	40	50	63	75	90	
Ds		6	10	13	19	25	32	38	50	63	76	89	
1937													
NS	3	6	10	13	20	25	30	40	50	63	75	90	
Du	10	13,25	16,75	21,25	26,75	35,50	42,25	48,25	60,00	75,50	88,25	101,00	
s	2,00	2,25	2,25	2,75	2,75	3,25	3,25	3,50	3,75	3,75	4,00	4,25	
1941													
NS	3	6	10	13	20	25	30	40	50	63	75	90	
Du	10	13,25	16,75	21,25	26,75	35,50	42,25	48,25	60,00	75,50	88,25	101,00	
s	2,00	2,25	2,25	2,75	2,75	3,25	3,25	3,50	3,75	3,75	4,00	4,25	
1946													
NS	3	6	10	13	20	25	30	40	50	63	75	90	
Du	10	13,25	16,75	21,25	26,75	35,50	42,25	48,25	60,00	75,50	88,25	101,00	
1952 (DIN 2440)													
NS		6	8	10	15	20	25	32	40	50	65	80	90
Du		10,00	13,25	16,75	21,25	26,75	33,50	42,25	48,25	60,00	75,50	88,25	101,00
s		2,00	2,25	2,25	2,75	3,25	3,25	3,5	3,5	3,75	3,75	4,00	4,25
1960													
NS		6	8	10	15	20	25	32	40	50	65	80	90
s		2,00	2,35	2,35	2,65	2,65	3,25	3,25	3,25	3,65	3,65	4,05	4,05
1964													
NS		6	8	10	15	20	25	32	40	50	65	80	90
s		2,00	2,35	2,35	2,65	2,65	3,25	3,25	3,25	3,65	3,65	4,05	4,05
NS = nimellissuuruus (mm) Du = ulkohalkaisija (mm) Ds = sisähalkaisija (mm) s = seinämävahvuus (mm) Huom ! Ennen vuotta 1929 ilmestyneissä lähteissä dimensioita ei kerrottu taulukossa esitettyä tarkemmin													

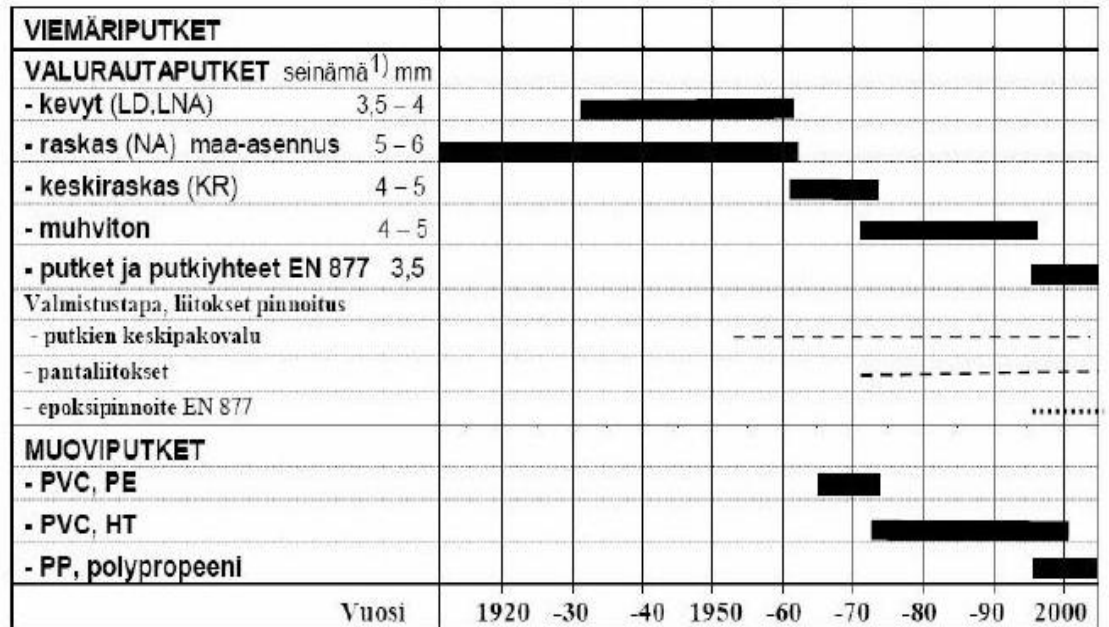
Kuva 1. Kupariputkien standardikokoja eri aikakausina  
[Karjalainen 1995: 20]

### Muhvillisten valurautaviemäreiden standardikokoja eri aikakausina

- 1906	$\Phi$	40	50	75	100	125	150	200
1906	$\Phi$		51	76		115	150	
1911	$\Phi_s$		48	70	110		146	200
1914	$\Phi_s$	40	48	70	110		146	200
1923	$\Phi_s$	40	48	70	110		146	200
1937	LD $\Phi_s$		52	65	105		146	200
	s		3,5	4,0	4,0		5,0	6,0
	NA $\Phi_s$		50	70	100	125	150	200
	s		5	5	6	6	6	6
1941	LD $\Phi_s$		52	65	105		146	200
	s		3,5	4,0	4,0		5,0	6,0
	NA $\Phi_s$		50	70	100	125	150	200
	s		5	5	6	6	6	6
1946	LD $\Phi_s$		52	65	105			
	s		3,5	4,0	4,0			
	NA $\Phi_s$		50	70	100	125	150	200
	s		5	5	6	6	6	6
1952	LD $\Phi_s$		52	65	105			
	s		3,5	4,0	4,0			
	NA $\Phi_s$		50	70	100		150	200
	s		5	5	6		6	6
1960	LD $\Phi_s$		52	65	105			
	s		3,5	4,0	4,0			
	NA $\Phi_s$		50	70	100		150	200
	s		5	5	6		6	6
1964	$\Phi_s$		50	70	100		150	200
	s		4	4	5		5	6
	$\Phi$ = "putkikoko" $\Phi_s$ = sisähalkaisija (mm)    s = seinämävahvuus							

Kuva 1. Muhvillisten valurautaviemäreiden standardikokoja eri aikakausina  
[Karjalainen 1995: 20]

## Viemäriputkistojen valmistustapoja, materiaaleja ja liitosmenetelmiä eri aikakausina



<sup>1)</sup> Putken nimelliskoko (DN): 50, 70 ja 100 mm.

Kuva 1. Viemäriputkistojen valmistustapoja, materiaaleja ja liitosmenetelmiä eri aikakausina [Karjalainen 1995: 20]

## Putkistomateriaalien vauriomekanismejä ja vaurioita

Materiaali	Käyttötarkoitus	Vaurion muoto	Vaurion aiheuttaja	Vaurioiden muodostumiseen vaikuttavat tekijät	Vaurioiden estäminen
Kupari	Lämmin ja kylmä vesi	Paikallinen syöpymä	Eroosiokorroosio	liian suuri virtausnopeus tai pyörteisyys, mekaaninen rasitus, korkea lämpötila, veden laatu (matala pH, kloridit)	mitoitus- ja asennusvirheiden välttäminen, veden teknisen laadun parantaminen
		Paikallinen syöpymä	Pistekorroosio	mekaaniset vauriot ennen asennusta, asennusvirheet, liian korkea lämpötila, veden laatu(happamuus, pehmeys, kloridit, bikarbonaa-sulfaattisuhte, rauta, alumiini, mangaani, silikaatti)	veden teknisen laadun parantaminen, oikein tehty käyttöönotto
		Murtumat	Korroosioväsyminen	asennusvirheet, lämpöliikkeiden estyminen, paineiskut, veden laatu	putkille jätettävä riittävä laajenemisvara

Materiaali	Käyttötarkoitus	Vaurion muoto	Vaurion aiheuttaja	Vaurioiden muodostumiseen vaikuttavat tekijät	Vaurioiden estäminen
Sinkitty teräs	Kylmä vesi	Paikallinen syöpymä	Yleinen korroosio	veden laatu, puutteelliset sinkitykset, valmistusvirheet, asennusvirheet, veden laatu (kloridit, pehmeys, happamuus, aggressiivinen hiilidioksidi)	veden teknisen laadun parantaminen
		Paikallinen syöpymä	Galvaaninen korroosio	asennusvirheet, jalompaa metallia oleva putki asennettu virtausuunnassa ennen sinkittyä teräsputkea. Suora kontakti jalomman metallin kanssa	asennus ja suunnitteluvirheiden välttäminen
		Paikallinen syöpymä	Piste- ja kuoppakorroosio	veden laatu(kloridit, sulfaatit), seisova vesi, pieni virtausnopeus, kerrostumat	veden teknisen laadun parantaminen, virtausnopeus yli 0,5 m/s

Materiaali	Käyttötarkoitus	Vaurion muoto	Vaurion aiheuttaja	Vaurioiden muodostumiseen vaikuttavat tekijät	Vaurioiden estäminen
Valurauta	Viemäri	Laaja-alainen syöpymä	Grafitoituminen	pinnoitteiden vauriot, veden laatu(hapan ja pehmeä vesi), valuraudan huokoisuus	
		Paikallinen syöpymä	Piste- ja kuoppakorroosio	pinnoitteiden vauriot, veden laatu(hapan ja pehmeä vesi, kloridit, sulfaatit)	
		Laaja-alainen tai paikallinen syöpymä	Yleinen korroosio	pinnoitteiden vauriot, veden laatu(hapan ja pehmeä vesi, kloridit, sulfaatit)	
		Laaja-alainen tai paikallinen syöpymä	Mikrobiologinen korroosio	pinnoitteiden vauriot, seisova vesi	

Materiaali	Käyttötarkoitus	Vaurion muoto	Vaurion aiheuttaja	Vaurioiden muodostumiseen vaikuttavat tekijät	Vaurioiden estäminen
Ruostumaton teräs	Kiinteistöverkostot	Paikallinen syöpymä	Piste- ja rakokorroosio	veden laatu(kloridit), putken vauriot lämpökäsittelyn seurauksena, jälkiäsittelimättömät hitsit, seisova vesi, suuri virtausnopeus	
		Murtumat	Jännityskorroosio	vetojännitykset, kloridit, liian korkea lämpötila	

Materiaali	Käyttötarkoitus	Vaurion muoto	Vaurion aiheuttaja	Vaurioiden muodostumiseen vaikuttavat tekijät	Vaurioiden estäminen
PEX ja komposiitti	Kiinteistöverkostot	Murtuma	Sitkea murtuminen	Suunnitellun lämpötilan tai paineen ylitys, aggressiiviset yhdisteet,	Asennus ja suunnitteluvirheiden välttäminen, sijainti
		Murtuma	Vanheneminen (hauras murtuminen)	Osittain materiaalille luontaista, mekaaninen kuormitus, aggressiiviset yhdisteet, UV, lisäaineiden liukeneminen	
Komposiitti		Kerrostien irtoaminen toisistaan		Suunnitellun lämpötilan tai paineen ylitys, aggressiiviset yhdisteet	