

Niko Supinen

Viemärit sairaalaympäristössä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

27.11.2018

Tekijä Otsikko	Niko Supinen Viemärit sairaalaympäristössä
Sivumäärä Aika	41 sivua 27.11.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	lehtori Hanna Sulamäki DI Markku Heinonen
<p>Insinööriyössä tarkoituksena oli vertailla eri materiaaleista valmistettujen viemäriverkostojen ominaisuuksia ja ongelmakohtia sairaalaympäristössä valmistajien tuote-esitteiden ja sairaaloiden ylläpidosta vastaavien henkilöiden sekä niiden LVI-valvojen haastatteluiden muodossa.</p> <p>Työssä käydään läpi aiheeseen oleellisesti liittyvät rakentamismääräykset. Työssä tehty vertailu toteutettiin suurimmilta osin valmistajilta saatavilla teknisillä tuote-esitteillä. Haastatteluiden avulla pyrittiin saamaan tietoa sairaaloiden viemäriverkostojen ongelmakohdista ja niissä käytetyistä materiaaleista. Työssä käydään läpi myös Fraunhofer Instituten Saksassa toteuttamat riippumattomat äänitekniset mittaukset standardin EN 14366 mukaan eri materiaalien kesken.</p> <p>Tutkimuksen aikana selvisi, että suurin osa sairaaloiden viemäriverkostoista on toteutettu valuraudalla ja näiden kestävyudessa on ollut ongelmia. Teknisten sairaalalaitteiden aiheuttamien korkealämpöisten jätevesien ja muiden vahvojen liuosten, jotka on kaadettu viemäriin, on arveltu aiheuttaneen valuraudan nopean kulumisen. Ääntäeristävien desibeli-viemäreiden aiheuttamat äänitasot ovat hyvin lähellä hyvän äänieristävyyden omaavaa valurautaa.</p> <p>Insinööriötä voidaan käyttää apuna LVI-suunnittelussa, kun viemäriverkoston materiaaleja valitaan ja halutaan vertailla eri materiaalien välisiä teknisiä ominaisuuksia toisiinsa.</p>	
Avainsanat	viemäri, valurauta, ruostumaton ja haponkestävä teräs, muovi, dB-viemäri, sairaala

Author Title	Niko Supinen Sewers in Hospital Environment
Number of Pages Date	41 pages 27 November 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Design
Instructors	Hanna Sulamäki, Senior Lecturer Markku Heinonen, M.Sc.
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to compare the features and weaknesses of different materials used in hospital sewer systems. The study was done by gathering information from manufacturers' technical leaflets and by interviewing hospitals maintenance staff.</p> <p>The different materials were compared utilizing the technical data provided by the producers. The interviews with the maintenance staff aimed at getting information about the used materials and possible problems in sewerage systems.</p> <p>The study established that most hospital sewer systems were made of cast iron and that this has caused problems with the durability of the sewers. The high temperature of waste water and the strong fluids and substances which are poured to the sewer have caused a rapid wear of the cast iron.</p> <p>This thesis can be used as a guideline for design when selecting sewer materials and comparing the features of different materials to each other.</p>	
Keywords	sewer, cast iron, stainless and acid-proof steel, plastic, silent plastic drainpipe, hospital

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Teoriaosa	2
2.1	Määräykset	2
2.2	Äänen teoria	5
2.3	Palamisen teoria	6
3	Materiaalit ja tekniset ominaisuudet	7
3.1	Valurautaviemäri	7
3.2	Muoviviemäri	8
3.3	Desibeliviemäri	9
3.3.1	Geberit	10
3.3.2	Polo-Plast	11
3.3.3	Rehau	11
3.3.4	Uponor	11
3.3.5	Wavin Labko	12
3.4	Ruostumaton ja haponkestävä viemäri	13
3.5	Materiaalien ominaisuudet	14
3.6	Paloneristys	16
3.7	Äänieristävyys	18
3.8	Kannakointi	20
3.9	Korroosion kestävyys	23
3.10	Hintaerot materiaalien välillä	26
4	Erikoisviemärit sairaaloissa	27
4.1	Sairaaloiden erityisvaatimuksia	27
4.2	Höyryautoklaavi	27
4.3	Dialyysiviemäri	29
4.4	Välinehuolto	31
4.5	Lääkehuone	32
4.6	Ongelmakohtat sairaalan viemäristössä	33
5	Mittaukset	34

6 Yhteenveto

37

Lähteet

38

Lyhenteet

dB	Desibeli, äänenvoimakkuuden mittayksikkö.
EPDM	Eteeni-propeenikumi, viemäriputkien välisissä liitoksissa käytettävien tiivisteiden materiaali.
HUS	Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri.
Hz	Hertsi, äänentaajuuden mittayksikkö.
$L_{A,eq,T}$	Taajuuspainotettu keskiäänitaso (dB).
$L_{A,max}$	Enimmäisäänitaso (dB).
NR/SBR	Luonnonkumin ja styreenibutadieemi-kumin seos, viemäriputkien välisissä liitoksissa käytettävien tiivisteiden materiaali.
PE	Polyeteeni, viemäriputkissa käytettävä muovilaatu.
pH	Aineiden happamuustaso.
PP	Polypropeeni, viemäriputkissa käytettävä muovilaatu.
PVC	Polyvinyylikloridi, viemäriputkissa käytettävä muovilaatu.
RST	Ruostumattomalle teräkselle käytetty nimitys.
SG-putki	Pallografiittiraudasta valmistetut valurautaiset putket.
TPE	Muovin ja kumin seos, viemäriputkien välisissä liitoksissa käytettävien tiivisteiden materiaali.

1 Johdanto

Suomen rakentamismääräyskokoelmissa ei ole suoranaisesti otettu kantaa sairaaloiden viemärijärjestelmien suunnitteluun ja toteutukseen, vaan tässä on hyödynnetty hyvin pitkälti suunnittelutoimistojen, urakoitsijoiden, valvojen ja kunnossapitohenkilöstön kokemuksia ja tietotaitoa.

Sairaaloissa on paljon ääniteknisesti hankalia tiloja, kuten leikkaussalit, potilashuoneet ja heräämöt, joissa henkilökunnan työrauhan ja potilaiden viihtyvyyden ja toipumisen varmistamiseksi on pyrittävä minimoimaan kaikki ylimääräiset äänet. Viemärijärjestelmissä tähän äänien minimointiin voidaan vaikuttaa viemärimateriaalin valinnalla ja viemäriputkien ääneneristyksellä asentamalla putkien ympärille villaeriste tai äänieristetty kotelo.

Sairaaloiden viemärijärjestelmissä kulkee hyvin paljon erilaisia jätteitä ja erilaisia liuoksia aina tavallisesta kiinteästä jätevedestä lääketai pesuainejäämääseen jäteveeseen asti. Viemäritävän veden lämpötilat voivat kohota erilaisten sairaalalaitteiden vuoksi hyvinkin korkeiksi. Sairaalan viemärijärjestelmän tulee kestää tämä lämpötilojen vaihteluista ja erilaisista kemikaaleista johtuva rasitus.

Sairaaloiden viemäreiden materiaalina on käytetty pääasiassa valurautaa, sen ääni- ja paloteknisten ominaisuuksien johdosta, sekä ruostumatonta terästä korkean hygienian tiloissa tai tiloissa, jotka vaativat viemärijärjestelmältä hyvää kemiallista sietokykyä ja kestävyyttä lämpötilojen vaihtelua vastaan. Tavallista muoviviemäriäkin on käytetty, mutta sen ääni- ja paloteknisten ominaisuuksien johdosta se on ollut vähäistä. Nykyaikaisten palo- ja äänieristeiden johdosta myös muovia on alettu käyttämään sairaaloiden viemärijärjestelmien materiaalina.

1990-luvun lopussa markkinoille tuli ensimmäisiä desibeliviemäreitä, mutta niiden ominaisuudet ja kustannukset eivät olleet halutulla tasolla, minkä vuoksi menekki ei ollut valmistajien toivomalla tasolla, ja täten ensimmäisten desibeliviemäreiden valmistusta vähennettiin tai lopetettiin kokonaan. 2010-luvun alussa desibeliviemärit tulivat takaisin markkinoille, ja nykyään desibeliviemärit ovat useampien viemäriputkien valmistajien valikoimissa.

Aiemmin suunnittelussa ja urakoinnissa on ollut vallitsevana trendinä valuraudan suosiminen sen ääni- ja paloteknisten ominaisuuksien johdosta. Nykyiset epoksinnoitetut valurautaputket ovat kuitenkin seinämäpaksuudeltaan miltei puolet pienempiä kuin vanhat pinnoittamattomat valurautaputket. Tällöin viemäriputkissa voi väärässä käyttöympäristössä tai väärin asennettuna esiintyä puhkisyöpyneitä kohtia jo 10 vuoden käytön jälkeen [1, s. 3]. Lisääntyneiden ongelmien ja niistä seuranneiden kustannusten nousun takia sairaaloiden kunnossapitohenkilöstö on viemäriin korjauksissa alkanut suosimaan valuraudan sijaan muovia.

Perinteinen muoviviemäri ei kuitenkaan sairaala-oloissa sovi käytettäväksi joka paikkaan, vaan ääniteknisesti hankaliin tiloihin on tarjolla muovista valmistettua desibeli-viemäriä. Muiden materiaalien ongelmien ja kustannusten johdosta, sairaaloiden kunnossapitohenkilöstö onkin alkanut rummuttamaan desibeliviemäreiden puolesta jo uusien rakennushankkeiden alussa, kuten myös korjatessa vanhoja järjestelmiä.

2 Teoriaosa

2.1 Määräykset

Suomen rakentamismääräyskokoelmissa ei ole selkeitä sairaaloita koskevia erillissäännöksiä, ja täten sairaaloiden taloteknisten järjestelmien suunnittelu voi olla hankalaa. Suunnittelussa on huomioitava tilaajan, rakennusvalvontaviraston ja laitetoimittajien ohjeet sekä hyödynnettävä suunnittelutoimiston kokemustieto. Vuoden 2018 alussa rakentamismääräykset muuttuivat entistä ohjeellisempaan suuntaan korostaen suunnittelijoiden vastuuta suunnittelutyöstä. Vanhat määräykset ovat kuitenkin edelleen käytössä tukemassa suunnittelutyötä.

Kiinteistöjen vesi- ja viemärilaitteistojen suunnittelua ohjaavassa ympäristöministeriön asetuksessa ei oteta kantaa sairaalasuunnittelun vaatimiin erityisjärjestelmiin. Viemäri-suunnittelun kannalta haasteita aiheuttavat palo- ja äänitekniset vaatimukset, viemärijärjestelmän kestävyys ja sairaaloille tyypillisten erikoisviemäreiden rajut lämpötilojen vaihtelut. [2]

Rakennuksen ääniympäristön suunnittelua ohjaavassa ympäristöministeriön asetuksessa ilmoitetaan lukuarvot rakennuksen hissien ja taloteknisten laitteiden aiheuttamille

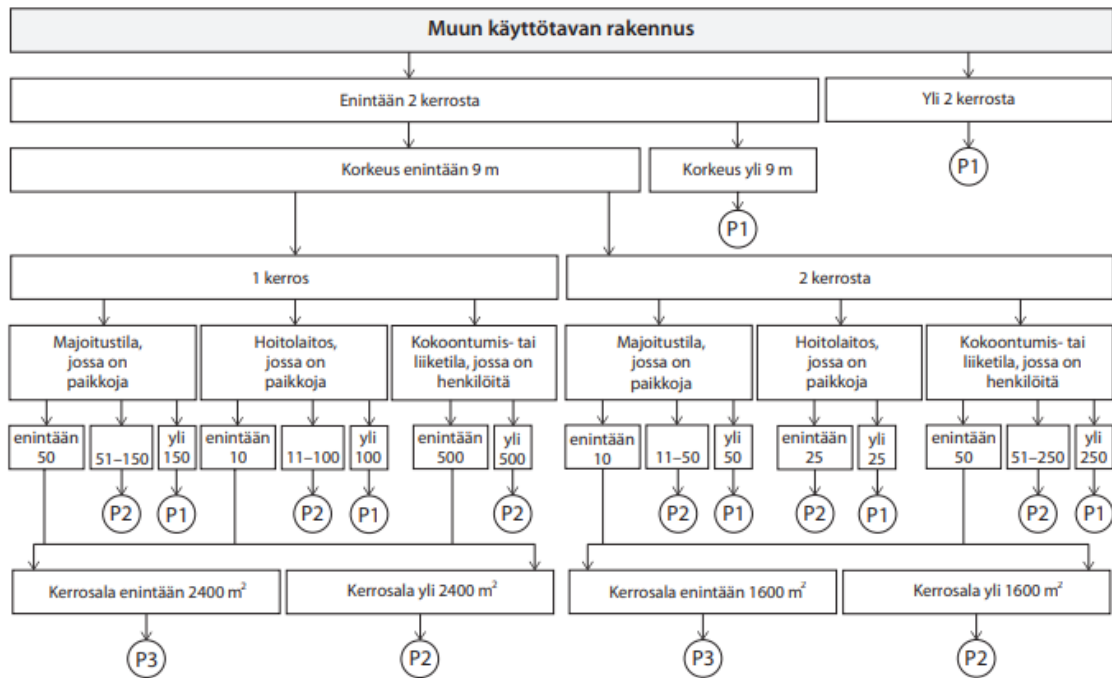
äänitasoille. Taloteknisten laitteiden asennukset on suunniteltava ja toteutettava siten, että niiden synnyttämä äänitaso ei ylitä asetuksessa annettuja raja-arvoja. Taulukossa 1 on esitetty asetuksessa ilmoitetut lukuarvot laajakaistaiselle ja kapeakaistaiselle äänelle niiden suurimman sallitun taajuuspainotetun keskiäänitason ($L_{A,eq,T}$) sekä niiden enimmäisäänitason ($L_{A,MAX}$) mukaan. [3]

Taulukko 1. Taloteknisten laitteiden aiheuttama suurin sallittu äänitaso Suomessa [3]

Huone- ja ulkotila	Jatkuva laajakaistainen ääni		Impulssimainen tai kapeakaistainen ääni	
	$L_{A,eq,T}$ (dB)	$L_{A,MAX}$ (dB)	$L_{A,eq,T}$ (dB)	$L_{A,MAX}$ (dB)
Asuin-, majoitus- tai potilashuone	28	33	25	30
Asunnon keittiö tai rakennuksen harrastustila	33	38	30	35
Porrashuone tai uloskäytävä	38	43	35	40
Ulkotila	45	50	40	45

Vuoden 2018 alussa Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 korvannut ympäristöministeriön asetus rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta ei ota enää vanhan asetuksen tavoin kantaa erityyppisten rakennusten erilaisiin tiloihin. Vanhan asetuksen äänitason ohjearvoja on aiemmin käytetty myös viemärisuunnittelun apuna.

Rakennusten paloturvallisuutta käsittelevässä ympäristöministeriön asetuksessa rakennus jaetaan neljään paloluokkaan rakennuksen koon, henkilömäärän ja käyttötarkoituksen mukaan: P0, P1, P2 ja P3. Paloluokkaa P0 käytetään, kun rakennus suunnitellaan oleellisin osin tai kokonaan käyttäen oletettuun palonkehitykseen perustuvaa menettelyä. Paloluokkia P1, P2 ja P3 on käytettävä, kun rakennus suunnitellaan asetuksessa mainittujen lukuarvojen pohjalta. [4, s. 3.] P1-paloluokan rakennuksen palo-osastojen palokuormaryhmät on määritettävä, ja nämä palokuormaryhmät ovat; alle 600 MJ/m², 600–1 200 MJ/m² tai yli 1 200 MJ/m². P2- ja P3-paloluokkien rakennusten kokoa ja henkilömäärää, rakennuksen käyttötarkoituksesta riippuen, on rajoitettava henkilöturvallisuuden takaamiseksi sekä sammutus- ja pelastustöiden helpottamiseksi. [4, s. 4.] Vaadittava paloturvallisuustaso saavutetaan asettamalla vaatimuksia seinien, sisäkattojen ja lattioiden pintaosien ominaisuuksille. Kuvassa 1 on esitetty kaaviona muun käyttötavan rakennuksen, esimerkiksi sairaalan, paloluokan määrittäminen RT-kortin 08-11139 mukaan. [5]



Kuva 1. Muun käyttötavan rakennuksen paloluokan määrittäminen [5]

Rakennuksen kantavat ja osastoivat osat jaetaan luokkiin niiden palonkeston perusteella. Rakennusosiin kohdistuvat palonkestovaatimukset kuvataan merkinnöillä R, E ja I, jossa R on kantavuus, E on tiiviys ja I on eristävyys. Näitä merkintöjä voi olla useita eri rakennusosissa sen palonkeston mukaan. Näiden merkintöjen jälkeen ilmoitetaan palonkestävyysaika yhdellä seuraavista luvuista: 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 tai 240. Näin muodostuva merkintä on rakennusosan paloluokka. [6]

Palon ja savun leviämisen rajoittamiseksi, poistumisen turvaamiseksi, omaisuusvahinkojen rajoittamiseksi sekä pelastus- ja sammutustöiden helpottamiseksi rakennuksen tulee jakaa palo-osastoihin. Palo-osastojen osastoivien rakenteiden tulee kestää niille määrätyt palonkestoajat. Palo-osastot voidaan osastoida kolmella tavalla: kerrososastointi, pinta-alaosastointi ja käyttötapaosastointi. Kerrososastoinnilla tarkoitetaan rakennuksen eri kerrosten, kellarin ja ullakkotilan osastointia toisistaan. Pinta-alaosastoinnissa palo-osaston koko rajoitetaan pinta-alojen mukaan siten, että tulipalotilanteessa osastossa syttyvä palo ei aiheuta kohtuuttoman suuria omaisuusvahinkoja. Käyttötapaosastoinnilla pyritään erottamaan palokuormaltaan tai käyttötavaltaan oleellisesti poikkeavat tilat toisistaan henkilöiden tai omaisuuden suojaamiseksi. [4, s. 9.]

LVI-suunnittelun kannalta merkityksellisimpiä aiheita rakennusten paloturvallisuuden kannalta ovat rakennustarvikkeiden paloluokat (taulukko 2) ja läpivientien suunnittelu ja

toteutus. Läpiviennit ja muut asennukset suunnitellaan ja toteutetaan siten, etteivät ne olennaisesti heikennä rakennusosan palo-osastoivuutta.

Taulukko 2. Rakennustarvikkeiden paloluokat [6, s. 76]

A1	Tarvikkeet, jotka eivät osallistu lainkaan paloon.
A2	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu.
B	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu.
C	Tarvikkeet, jotka osallistuvat paloon rajoitetusti.
D	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävissä.
E	Tarvikkeet, joiden käyttäytyminen palossa on hyväksyttävissä.
F	Tarvikkeet, joiden käyttäytymistä ei ole määritetty.
s1	Savuntuotto on erittäin vähäistä.
s2	Savuntuotto on vähäistä.
s3	Savuntuotto ei täytä s1- eikä s2-vaatimuksia.
d0	Palavia pisaroita tai osia ei esiinny.
d1	Palavat pisarat tai osat sammuvat nopeasti.
d2	Palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä d0- eikä d1-vaatimuksia.

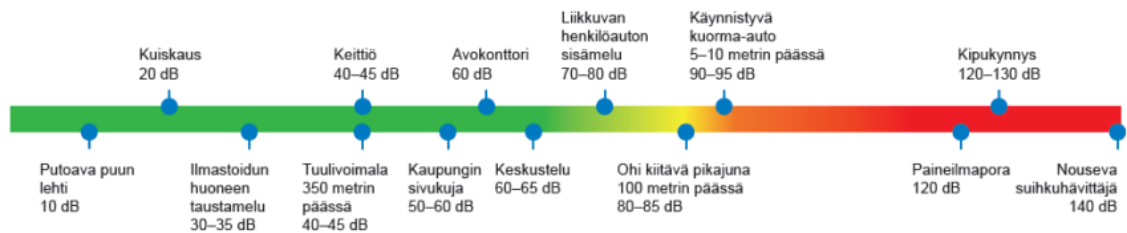
2.2 Äänen teoria

Ääni on väliaineessa, yleisimmin ilma, tapahtuvaa värähtelyä tai tärinää, joka etenee ilmassa ja runkorakenteita pitkin. Se syntyy, kun äänilähde alkaa värähdellä ja se voidaan havaita ilman tihentyminä ja harventumina tai ilman paineen vaihteluina. Äänilähteen värähtelyn seurauksena ilmassa muodostuu aaltomaisesti eteneviä paineenmuutoksia ja sen saapuessa korvaan, se koetaan äänenä. Näiden värähtelyjen säännöllisyyttä kutsutaan jaksoksi, joka kuvaa kokonaisuutta, jonka jälkeen aaltomaisen värähtelyn vaiheet alkavat alusta. [7; 8; 9.]

Äänen taajuuden määrittelee jaksojen toistumisnopeus. Toistumisnopeudeltaan hitaita ääniaaltoja kutsutaan mataliksi ääniksi, kun taas nopeita ääniaaltoja kutsutaan korkeiksi ääniksi. Värähtelytaajuuden mittayksikkö hertsi (Hz) kuvaa äänen tihentymisen tai harventumisen määrää sekunnissa. Ihmisen kuuloalue aistii ääninä värähtelyt, joiden taajuus vaihtelee 20–20 000 hertsin välillä. Kuuloalueen alapuolelle jääviä värähtelyjä kutsutaan infraääniksi ja yläpuolelle jääviä värähtelyjä kutsutaan ultraääniksi. [7; 8.]

Äänen nopeus ilmassa on noin 340 m/s. Äänen nopeus on suhteessa ilman lämpötilaan, kylmemmässä ilmassa ääni kulkee hitaammin, kuin lämpimämmässä. Kiinteässä väliaineessa, kuten teräksessä, ääni voi kulkea noin 5 000 m/s. [7; 8.]

Äänenvoimakkuus ilmoitetaan desibeleinä. Desibeliasteikolla mitattaessa ihmisen kuulokynnys on 0 desibeliä ja kipukynnys noin 120–130 desibeliä. Desibeliasteikko on logaritminen, ja asteikko on esitetty kuvassa 2. [8]



Kuva 2. Desibeliasteikko [9]

Ääni jaetaan kahteen perustyyppiin: ilmaääniin ja runkoääniin. Äänilähteestä ilman välityksellä ympäristöön leviäviä ääniaaltoja, esimerkiksi äänen johtuminen putki- ja rakenneseinämän läpi, kutsutaan ilmaääniksi. Näitä ääniä voidaan vaimentaa käyttämällä materiaaleja, joilla on ääntä vaimentavia ominaisuuksia tai suuri massa. Kiinteissä kappaleissa tai rakenteissa etenevää mekaanista värähtelyä, joka aiheuttaa ilmaääntä, kutsutaan runkoääniksi. Eristämällä runkoäänten lähde vähennetään samalla värähtelyn syntymistä, joka samalla vaimentaa ilmaääniä. Lisäksi muihin tiloihin kuuluvaa runkoääntä, joka aiheutuu esimerkiksi tavaroiden siirtelystä tai lattialla kulkemisesta, kutsutaan askeleenääniksi. [9; 10.]

2.3 Palamisen teoria

Kemiallisessa mielessä palaminen on aineen yhtymistä happeen. Aineen yhtyessä happeen syntyy lämpöä ja hiiltä sisältäviä kaasuja. Palava aines voi esiintyä kolmessa eri muodossa: kiinteänä, nestemäisenä tai kaasuna. Palotapoja on periaatteessa kaksi: kaasut ja höyryt palavat liekehtien, kun taas hiili ja monet metallit, jähmeänä tai sulana, palavat hehkuen. Jotta palaminen olisi mahdollista, tarvitaan happea, lämpöä ja palavaa ainetta. Yhdenkin tekijän poistaminen estää palamisen kokonaan. [11]

Palo jakautuu kolmeen jaksoon: syttymisvaiheeseen, täyden palon vaiheeseen ja hiipumisvaiheeseen. Jaksojen määräävä tekijä on lämpötila. Syttymisvaiheessa palon lämpötila kohoaa 350 °C:seen, ja tämän lämpötilan saavuttaminen tavanomaisessa huonepalossa kestää alle 3 minuuttia. Täyden palon vaiheessa lämpötila kohoaa räjähdysmäisesti 1 000 °C:seen. Jakson kesto riippuu palavan aineen ja hapen määrästä. Hiipumisvaiheessa palon lämpötila laskee, sillä palava aine tai happi on loppunut. Lämpötila pysyttelee jonkin aikaa noin 350 °C:ssa. [11]

3 Materiaalit ja tekniset ominaisuudet

3.1 Valurautaviemäri

Valuraudaksi kutsutaan rautaseosta, jossa hiiltä on enemmän kuin 1,7 %. Harmaaksi valuraudaksi kutsuttu suomugrafiittirauta sisältää hiiltä grafiittisuomuina. Grafiitti on hiilen yleisin esiintymismuoto. Grafiittisuomujen ansiosta valuraudasta tulee kovaa, mutta grafiittisuomujen yhdensuuntainen kuvio tekee siitä myös haurasta. Sen iskunkestävyys on heikko, eikä se kestä suurta mekaanista rasitusta. Suomugrafiittiraudasta valmistettiin ensimmäiset viemärit. Suomugrafiittiraudasta valmistettuja viemäriputkia ei ole asennettu 1980-luvun jälkeen. [12; 13.]

Nykyiset kiinteistöviemäroinnissä käytettävät valurautaviemärit ovat pallografiittiraudasta valmistettuja epoksinnoitettuja putkia, joiden grafiitti saadaan pallomaiseksi magnesium tai ceriumseostuksella. Pallomaisen grafiitin ansiosta pallografiittiraudasta saadaan lujempaa ja sitkeämpää kuin suomugrafiittiraudasta. Pallografiittiraudasta valmistetut putket, eli SG-putket, ovat parempien ominaisuuksien takia syrjäyttäneet suomugrafiittiraudan käytön kokonaan kiinteistöviemäroinnissä. SG-putket kestävät hyvin dynaamista rasitusta, eli ajan suhteen tapahtuvaa kuormitusta, esimerkiksi iskuja ja värähtelyä [12; 13; 14]. Toisaalta taas nykyisin käytössä olevat valurautaputket ovat seinävahvuudeltaan miltei puolet pienempiä kuin 70-luvulla käytössä olleet valurautaputket, minkä takia syövyttävissä oloissa tai väärin asennettuna valurauta voi kulua hyvinkin nopeasti puhki. Kuvassa 3 on esitetty nykyaikainen valurautainen viemäriputki.



Kuva 3. Valurautainen viemäriputki [27]

Valurautaputket ovat raskaita asentaa ja hankala käsitellä. Muhvittomina valurautaviemärit on liitettävä toisiinsa pantaliitoksien. Pantaliitoksissa viemäreiden päiden väliin tulee kromiteräksestä tai muusta vastaavasta materiaalista valmistettu panta, joka liittää viemärit yhteen. Pannassa käytettävän tiivisteiden materiaali on eteeni-propeenikumia, joka kestää hyvin kuumaa vettä ja höyryä sekä happoja ja emäksiä. [12; 13.]

Sairaalaympäristössä valurauta on perinteisesti ollut viemärijärjestelmän hallitseva materiaali sen suuresta massasta syntyvän hyvän ääneneristävyyden johdosta. Sairaaloissa on käytössä erilaisia voimakkaita liuoksia, aineita ja suoloja, jotka voivat kuitenkin aiheuttaa valuraudan verrattain nopean syöpmisen. Viemäriin kaadettavat aineet aiheuttavat putkissa rikkiyhdisteitä, joiden takia valurautaisen putken laki syöpyy puhki, jos viemäriin tuuletusta ei ole hoidettu asianmukaisesti.

3.2 Muoviviemäri

Muovit valmistetaan polymeeristä ja niihin lisättävistä lisäaineista. Polymeeri on molekyyli, jossa useat pienet molekyylit ovat liittyneet toisiinsa. Tätä prosessia kutsutaan polymerisaatioksi. Muovit ovat yhden tai useamman polymeerin seoksia, joihin on lisätty lisäaineita haluttujen ominaisuuksien parantamiseksi. Muoviviemärit valmistetaan polyeteenistä (PE), polypropeenista (PP) tai polyvinyylikloridista (PVC). Tällöin polymeereihin on lisätty eteeniä, propeenaa tai vinyylikloridia, jotka ovat hiilivetyjä. Muoviputket voidaan liittää toisiinsa joko hitsaamalla tai muhviliitoksilla. Muhviliitoksilla tehtäessä liitosten väliset tiivisteet ovat, valmistajasta riippuen, yleensä luonnonkumin ja styreenibutaadiemi-kumin seosta NR/SBR tai TPE-kumia, joilla on hyvät kemiallisten ja korkeiden lämpötilojen kestävyudet. [15; 16.]

Muoviputkea on käytetty jo 50-luvulla rakennusten ulkopuolisissa viemäreissä. 60-luvulla asennettiin ensimmäiset rakennuksen sisäpuoliset muoviviemärit PE- ja PVC-putkista.

Näiden putkien liitokset tehtiin joko liimaten tai hitsaten. 70-luvulla tulleiden muhwillisten muoviviemäreiden ansiosta muoviputkien käyttö rakennusten sisäpuolisissa viemäröinneissä yleistyi. [17, s. 46.]

Nykyisin kiinteistöjen sisäpuolisessa viemäröinnissä käytetään yleensä PP-muovista valmistettuja muhwillisia putkia (kuva 4). PP-putket ovat helppoja käsitellä ja nopea asentaa. PP-putket kestävät hyvin yleisimpiä kemikaaleja, ja ne kestävät hyvin myös viemäröitävien aineiden lämpötilavaihtelut.



Kuva 4. Nykyaikainen PP-muovista valmistettu viemäriputki [28]

Sairaaloissa perinteistä muoviputkea on käytetty pääasiassa ääniteknisesti heikommassa tiloissa, joissa äänitekniset vaatimukset eivät ole olleet korkealla tasolla ja täten sallineet muovin käytön. Pääasiallisena materiaalina muovia ei ole käytetty, sillä sen äänitekniinen suojaaminen on koettu haastavaksi ja aikaa vieväksi. Muovilla on kuitenkin korjattu joitakin puhkisyöpyneitä valurautaisen viemärijärjestelmän putkiosuuksia.

3.3 Desibeliviemäri

Ensimmäiset desibeliviemärit tulivat markkinoille 1990-luvun lopussa, jolloin niille ei ollut kunnollista markkinarakoa. Lisääntyneen tietoisuuden muiden materiaalien ongelmista ja tiukentuneiden määräysten johdosta 2010-luvulla desibeliviemärit ovat alkaneet saada lisää jalansijaa markkinoille. Nykyään yhä useampi suuri tai ääniteknisesti haastava kohde halutaan toteuttaa desibeliviemärillä.

Desibeliviemärit ovat kuin tavanomaisia muoviputkia, joiden PP-muovista valmistetun ulko- ja sisäkerroksen välissä on ääntä tehokkaasti vaimentava keskikerros. Keskikerros on mineraalivahvisteista muovia, jonka suuren tiheyden ansiosta se eristää ääntä hyvin. Kuvassa 5 on esitetty tyypillisen desibeliviemäriin rakenne. Desibeliviemärit valmistetaan samalla tavalla kuin muutkin muoviviemärit, ja ne ovat ominaisuuksiltaan ja työstettävyydeltään samanlaisia.



Kuva 5. Desibeliviemäriin tyypillinen rakenne [23]

Ääntä eristäviä desibeliputkia on viime vuosina ruvettu käyttämään yhä enemmän rakennuksen viemärijärjestelmän pääasiallisena materiaalina. Laboratorio-olosuhteissa suoritettujen mittausten perusteella desibeliviemäreillä päästään lähes samoihin äänitasoihin kuin valuraudallakin. Desibeliputkissa yhdistyvät valuraudan ja muovin parhaat ominaisuudet. Muoviputkien palotekninen suojaus, mikä on aiemmin koettu hankalana asiana, on viime vuosina kehittynyt valtavasti, joka on omalta osaltaan helpottanut siirtymää valuraudasta muoviin. Käytännön kokemusta desibeliviemäreistä ei kuitenkaan vielä ole kovinkaan paljon, joten vielä ei voida täysin varmaksi sanoa niiden sopivuudesta sairaalamaailmaan.

3.3.1 Geberit

Geberitiltä löytyy valikoimistaan kolmea erilaista desibeliviemäriä: Silent-Pro, Silent-db-20 ja Silent-PP. Silent-db-20 on puskuhittavilla liitoksilla, joka sopii erikoisempiin käyttökohteisiin, kun taas Silent-Pro ja Silent-PP ovat muhviliiitoksin varustettuja putkia. Silent-db-20-putket ovat seinämävahvuudeltaan paksuimpia markkinoilla olevia tuotteita. Kaikki Geberitin tuotteet ovat kolmikerroksisia muovista valmistettuja putkia, jotka noudattavat tyypillisten desibeliviemäreiden rakennetta. Kaikkien ei-hitsattujen liitosten tiivisteet on tehty EPDM:stä, joka on eteeni-propeenikumi, joka kestää hyvin kuumaa vettä ja höyryä sekä happoja ja emäksiä. Geberitin valikoimissa on putkikoot Ø 50–160 mm. [18; 19; 20.]

3.3.2 Polo-Plast

Polo-Plastilla on valikoimissaan kolmikerroksiset muhviilitoksilla varustetut Polo-Kal NG- ja Polo-Kal 3S-desibeliviemärit, joiden liitosten tiivisteiden materiaalina on SBR. SBR-kumi on synteettisistä kumeista yleisimmin käytetty laatu, ja sillä on hyvät mekaaniset ominaisuudet ja se kestää hyvin korkeita lämpötiloja sekä happoja ja emäksiä. Polo-Plastin tuotteita on kokoluokassa Ø 75–250 mm. [21]

3.3.3 Rehau

Rehaulla on valikoimissaan muhviilitoksella varustettu kolmikerroksinen Raupiano Plus -desibeliviemäri kokoluokissa Ø 40–200 mm. Raupiano Plus -putkien erikoisuutena voidaan pitää putkien kulmien massaoptimointia, jolloin kulmayhteisiin on lisätty massaa tehokkaampaa äänenvaimennusta varten. Raupiano Plus -putkien ja -yhteiden tiivisteiden materiaalina on SBR-kumi. [22]

3.3.4 Uponor

Uponorilla on kuluttajille tarjottavanaan Uponor Decibel-desibeliviemäri kokoluokissa Ø 50–160 mm. Uponor Decibel on kolmikerroksinen muhviilitoksilla yhteen liitettävä viemäriputki. Muhviilitoksissa käytettävien tiivisteiden materiaalina on luonnonkumin ja styreenibutadieemi-kumin seos NR/SBR, jolla on hyvä kemiallinen ja korkeiden lämpötilojen kestävyys. Erittäin vaativiin olosuhteisiin tiivisteiden materiaalina voidaan käyttää aksyylinitriittibutadieemikumia NBR, jolla on hyvät mekaaniset ominaisuudet ja hyvä kestävyys yleisimpiä liuottimia vastaan. Uponorin osien erikoisuutena voidaan pitää valmiiksi valettua Ø 110 mm:n pohjakulmaa (kuva 6). Valmiiksi valetun pohjakulman suurimpana etuna voidaan pitää asennusajan lyhenemistä. [9; 23.]



Kuva 6. Uponor Decibel -pohjakulma [23]

3.3.5 Wavin Labko

Wavin Labkolla on tuotevalikoimassaan kahta erilaista kolmikerrosrakenteista desibeliviemäriä Asto ja SiTech+. Asto-tuotesarjan putket ovat seinämävahvuudeltaan paksuimpia markkinoilla olevia desibeliviemäreitä, ja tämä takaa hyvän ääneneristävyyden. Asto-desibeliviemärit tulee varustaa kolmen metrin välein paisuntamuhvilla lämpölaajenemisen huomioimiseksi. Molempien tuoteperheiden putket ovat muhviiliitoksilla asennettavia putkia, ja liitoksissa käytettävien tiivisteiden materiaali on SBR-kumi. Wavin Labkolla on Wavin Sound -ohjelmisto, jolla voidaan 11 eri muuttujan (kuva 7) avulla laskennallisesti arvioida huoneen äänentaso. [24]

Putkijärjestelmä

1. Putkijärjestelmän tyyppi
2. Putkenpitimien tyyppi
3. Putken halkaisija

Kuilu / Alaslaskettu katto

4. Kuilun rakenne (pystyviemäri)
Alaslasketun katon rakenne (vaakaputki)
5. Seinämateriaali, johon putki kiinnitetään
6. Mahdollisten äänieristyslevyjen käyttö
7. Kuilun koko

Veden virtaamat

8. Virtausnopeus
9. Veden pudotuskorkeus

Muut vaikuttavat asiat

10. Putken eristys
11. Huoneen koko

Kuva 7. Wavin Sound -ohjelmiston mitoitukseen perustuvat muuttujat [24]

3.4 Ruostumaton ja haponkestävä viemäri

Ruostumaton teräs, eli arkikielellä rosteri, on metalliseos, joka sisältää kromia enemmän kuin 10,5 % sekä hiukan nikkeliä. Yleisesti rakennusten LVI-järjestelmissä käytetyt ruostumattomat teräkset sisältävät noin 18 % kromia ja 10 % nikkeliä. Seokseen lisätään myös muita materiaaleja haluttujen ominaisuuksien aikaansaamiseksi, esimerkiksi lujuuden ja muokattavuuden parantamiseksi. Haponkestävässä teräksessä on kromia 18 %, nikkeliä 14 % ja noin 2 % molybdeeniä, joka parantaa teräksen pistesyöpymiskestävyyttä. Molybdeeni on hopeanvalkoinen metalli, joka on yleisessä käytössä terästeollisuudessa. Ruostumattoman teräksen korroosionkestävyys perustuu kromiin, joka reagoi hapen kanssa muodostaen suojaavan oksidisen passiivikalvon putken pinnalle, jossa kromioksidien pitoisuus on suuri. Tämä passiivikalvo suojaa putken pintaa ilmassa ja vedessä olevaa happea vastaan. [8, s. 6; 25.]

Ruostumatonta terästä käytetään yleensä materiaalina kiinteistöviemäroinnissä haastavissa olosuhteissa, joissa jäteveden lämpötila tai kemikaalipitoisuus voivat nousta todella korkeiksi, jota muut materiaalit eivät kestäisi. Ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä valmistetut putket liitetään toisiinsa joko hitsaamalla tai muhviilitoksin. Kuvassa 8 näkyy muhviilitoksellinen putki. Hitsatessa tulee huolehtia liitoksen tiiviydestä sekä hitsausjätteen poistosta valmiin sauman päältä estääkseen korroosion alkamisen.

Muhviliitoksissa käytettävät huulitiivisterenkaat ovat yleensä eteeni-propeenikumia, nitrilikumia tai fluorikumia. Eteeni-propeenikumi on yleisin käytössä oleva tiivisterengas, ja se kestää hyvin lämpötiloja ja yleisimpiä kemikaaleja. Nitrilikumia tulee käyttää silloin, kun jätevedessä on bensiini- tai öljyjäämiä. Sen kemikaalien ja korkeiden lämpötilojen kesto ei ole kuitenkaan hyvä, eikä se kestä liuottimia. Fluorikumista valmistettua tiivistettä käytetään erityisen ankariin olosuhteisiin. Se kestää todella korkeita lämpötiloja ja öljyä, liuottimia ja vahvoja happoja [26, s. 10]. Ruostumattoman teräksen korkeamman hinnan takia, muita materiaaleja käytetään kuitenkin perinteisessä kiinteistöviemäröinnissä enemmän.



Kuva 8. Muhviliitoksellinen ruostumattomasta teräksestä valmistettu viemäriputki [34]

Ruostumatonta ja haponkestävää terästä käytetään sairaalamaailmassa yleensä erityistä kestävyyttä vaativissa tiloissa, kuten sairaalateknisten laitteiden jälkeisissä putki-osuuksissa tai tiloissa, joissa viemäriin voidaan laskea syövyttäviä liuoksia tai aineita. Pääasiallisena materiaalina ruostumaton teräs on harvinainen, koska sen kustannukset ovat suuret verrattuna muihin materiaaleihin.

3.5 Materiaalien ominaisuudet

Eri materiaaleista valmistetuilla viemäriputkilla on luonnostaan erilaiset ominaisuudet. Tiheydellä ja seinämäpaksuudella on suuri merkitys putken ääneneristävyydelle. Ku-

vassa 9 on koottuna yleisimpien valmistajien tuote-esitteissään ilmoittamia ominaisuuksia heidän viemäriputkillensa. Vertailun tarkoituksena oli selvittää, kuinka paljon teknistä tietoa valmistajat putkistansa antavat ja tämän takia vertailu on puutteellinen.

Tuote	Tiheys	Lämpölaajenemiskerroin	Lämmönjohtavuus	Rengasjäykkyys	Kuuman veden kestävyys (jatkuva)	Kuuman veden kestävyys (hetkellinen)	Kemiallinen kestävyys	DN-koot	Seinämävahvuus	Paloluokka (SFS-EN 13501)
	kg/dm ³	mm/mK	W/mK	kN/m ²	°C	°C	pH	mm	mm	
Saint-Gobain SMU S	7,2	0,01	50-60		95*		1-13	50-200		A2-s1,d0
Düker SML	7,2	0,0105	50-60				1-13	50-200	3,5-5	A2-s1,d0
Wavin Wafix PP	0,91	0,15			60	100**	2-12	32-160	1,8-4,9	
Uponor S&W PP	0,98	0,15	0,2	>SN4	85	100	2-12	32-110	1,8-3,4	
Blücher EuroPipe	7,9	0,017	15					40-250	1-1,5	
Geberit Silent-Pro	1,8	0,08	0,43	>4	90			50-150	3-6	E
Geberit Silent-db-20	1,7	0,17	0,43		60			56-150	3,2-7	E
Geberit Silent-PP	1,1-1,2	0,08	0,08	>4	90	100		32-160	2-5,2	
Poloplast KAL NG		0,05		>6	60-95***	97		32-250	1,8-8,6	D-s2,d1
Poloplast KAL 3S		0,09		>4	60-95***	97		75-160	3,8-7,5	D,s2,d1
Rehau Raupiano	1,9	0,09		>4	90	95	2-12	40-200	1,8-6,2	D-s3,d0
Uponor Decibel	1,6	0,09		SN8	85	100		50-160	2-5,4	
Wavin Asto	1,9	0,09	0,27	>SN10	95	100	2-12	58-160	4-5,3	
Wavin SiTech+	1,3	0,12		>6	90	95		32-160		E

*24 tuntia 95 °C asteessa
 **<30 l/min; 2min
 ***95 °C astetta 10 min/päivä = 3 000 h/50 vuotta, 60 °C 5 h/päivä = 87 600 h/50 vuotta

= Valurautaviemäri
 = PP-muoviviemäri
 = Ruostumattomasta teräksestä valmistettu viemäri
 = Desibeliviemäri

Kuva 9. Eri valmistajien tuote-esitteissään ilmoittamat ominaisuudet

Useimmilta valmistajilta löytyy omille viemäriputkille niiden kemiallisen kestävyden taulukot, joissa on eritelty aineet ja niiden pitoisuudet, jotka putket kestävät. Vertailun perusteella voidaan todeta, että usean eri tuotteen valmistajalla on ns. mid-spec desibeliviemärit, joiden ääntäeristävät ominaisuudet eivät eroa kovinkaan paljoa perinteisestä muoviputkesta. Tähän vaikuttavat putkien tiheys ja seinämävahvuus. Eri valmistajien

high-spec-putket, joiden ääntäeristävät ominaisuudet ovat parempia kuin mid-spec-luokan putkien suuremman seinämävahvuuden johdosta, ovat teknisiltä ominaisuuksiltaan hyvin lähellä toisiaan. Pieniä eroavaisuuksia on esimerkiksi putkikoissa.

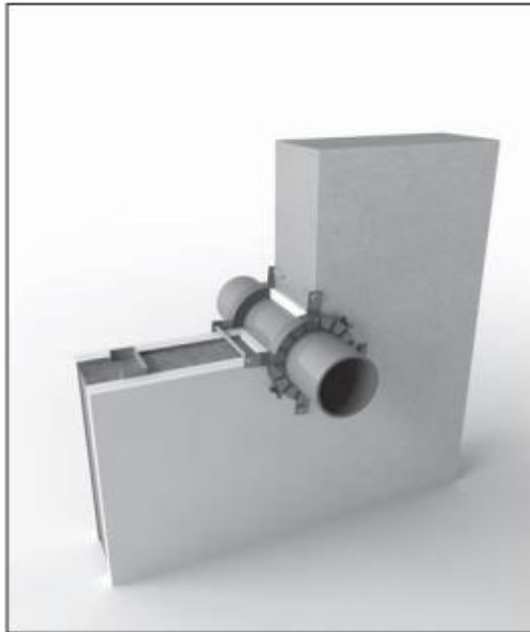
3.6 Paloneristys

Rakennukset jaetaan palo-osastoihin ensisijaisesti rajoittaakseen alueellisen palon ja savun etenemistä. Tästä syystä palo-osastosta toiseen kulkevat putket eivät saa heikentää osastoivan rakennusosan palosuojauksia. Palo-osastosta toiseen kulkevat putket on eristettävä lävistettävästä rakennusosasta, joko paloeristeellä, palokatkomassalla tai palomansetilla tiiviisti siten, että mahdollisessa palotilanteessa palo ei pääse leviämään viemäriputkea varten tehdystä läpiviennistä toiseen palo-osastoon. [17, s. 72.]

Valurauta on palamaton materiaali, ja yleisimpien valmistajien putkien paloluokitus on A2, s1-d0, eli sen osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu ja sen savuntuotto on erittäin vähäistä eikä palavia pisaroita tai osia esiinny. Valuraudan paloteknisten ominaisuuksien johdosta valurautaviemäri ei tarvitse palomansetteja, eikä välttämättä palokatkomassakaan. Palo-osastoista toiseen siirryttäessä läpiviennit on kuitenkin tiivistettävä palonkestävällä materiaalilla. Valurauta kuitenkin johtaa lämpöä hyvin, mikä on otettava paloteknisessä suunnittelussa huomioon. Tällöin palotilanteessa palo voi levitä palo-osastosta toiseen johtamalla valurautaputkea pitkin. [27]

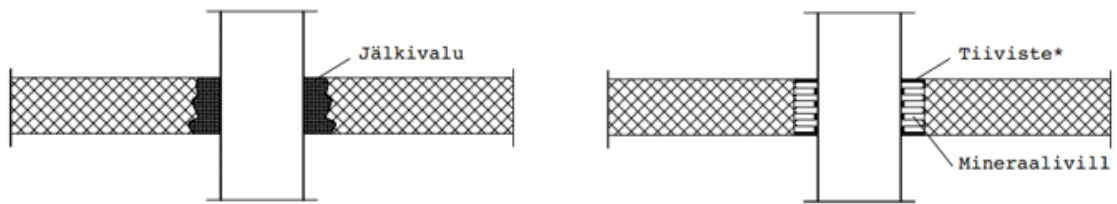
Muoviviemäreillä tehdään palokatko putkien osastoivan rakennusosan läpäisevään kohtaan. Palotilanteessa palo ei saa levitä palo-osastoista toiseen sulaneen muoviviemäriin jättämästä aukosta sen läpiviennin kohdalta [17, s. 72]. Muoviset viemärijärjestelmät tuottavat palotilanteessa palavia tippuvia pisaroita, jotka voivat pisaroida putkien läpi ja siten levittää paloa myös alemmissa kerroksissa. Pisaroiden lisäksi palaessaan muovi tuottaa myrkyllisiä palamiskaasuja [10]. Muoviviemärit tulee eristää paloeristeellä, tai läpivientien kohdalla on käytettävä palomansetteja. Palomansetit ovat viemäriputken ympärille läpiviennin kohdalta asennettava paloeriste (kuva 10), joka asennetaan rakenteen sisään tai kiinnitetään palonkestävillä ankkureilla seinä- tai lattiarakenteeseen. Palotilanteessa palomansetissa oleva palamaton aine paisuu lämmön vaikutuksesta ja täten tukkii viemäriin läpiviennin kokonaan ja estää palon siirtymisen palo-osastosta toiseen. Palomansetin asennuksessa on kuitenkin oltava tarkkana ja noudatettava valmistajien oh-

jeita, sillä mansetin toiminta on herkkä asennusvirheille. Virheellisesti asennettu palomansetti ei palotilanteessa sulje viemäriputken läpivienttiä, ja tämän johdosta palo pääsee leviämään palo-osastosta toiseen. [28, s. 99.]



Kuva 10. Palomansetti rakenteen pintaan asennettuna [28, s. 99]

Ruostumaton teräs ei pala, eikä siitä palaessaan irtoa vaarallisia aineita, ja sen takia se luokitellaankin palamattomaksi materiaaliksi. Tästä syystä ruostumattomasta teräksestä valmistetut viemäriputket voivat tarvittaessa lävistää palo-osastoinnin siten, että kunnollinen jälkivalu läpiviennin ympärillä on riittävä eikä lisäpaloneristystä tarvita. Äänitekniikassa mielessä tämä tuo haasteita, sillä tällöin putki on suorassa kosketuksessa rakenteiden kanssa ja putkistossa syntyvät äänet ja värähtelyt pääsevät heti etenemään rakenteiden kautta huonetilaan. Kuvassa 11 on esitetty jälkivaluun upotettu viemäriläpivienti sekä paloturvallisesti äänieristetty läpivienti. Palo-osastojen lävistyksissä on kuitenkin käytettävä paloneristystiivisteitä. [26, s. 19.]



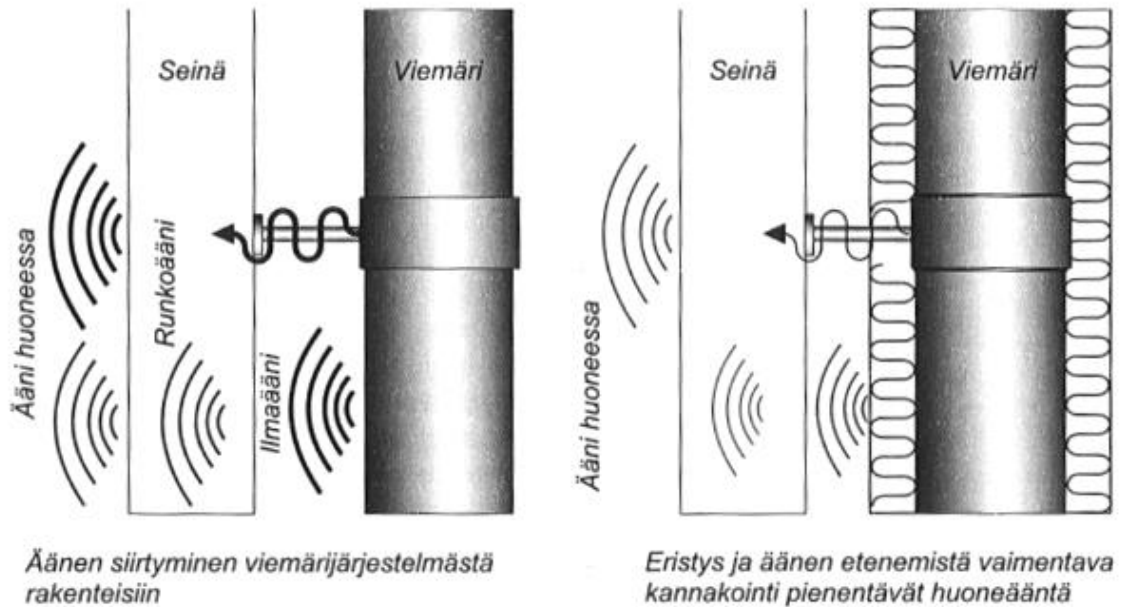
Kuva 11. Vasemmalla jälkivaluun upotettu viemäriputki ja oikealla äänieristetty paloturvallinen lävistyskohta [26, s. 19]

3.7 Äänieristävyys

LVIS-laitteiden suurimmat melutasot syntyvät pääasiassa vesi- ja viemärijärjestelmissä. Viemärimateriaalista riippumatta viemäriputkiston ääniteknisessä mielessä haastavimmat kohdat ovat pystyviemäri ja pystyviemäriin pohjakulma. Viemärilaitteiden aiheuttama ääni syntyy pääasiassa jäteveden virratessa viemäreissä ja vedessä etenevä ääni heikkenee putkijohdoissa vain vähän. Jäteveden koostumus ja yli viiden metrin putouskorkeus vaikuttaa oleellisesti syntyvään äänitasoon. Jäteveden sisältäessä vettä raskaampaa kiinteää jätettä syntyy huomattavasti enemmän ääntä kuin pelkällä vedellä huuhdeltaessa. Vedessä etenevän äänen johdosta putki alkaa värähdellä. Tämä värähtely siirtyy putkien kannakkeita pitkin rakennuksen rakenteisiin, ja tästä syntyvää ääntä kutsutaan runkoääniksi. Rakennuksen seinä- tai kattorakenteen värähtely aiheuttaa tiloihin ääntä, jonka voi havaita ihmiskorvalla. Ääni johtuu runkoääninä pitkiäkin matkoja. Runkoäänten ehkäisemiseksi asennusseinän on oltava riittävän massiivinen ja kannakoinnit on tehtävä ääntäeristävillä kannakkeilla. Ääni voi myös johtua säteilynä putki- ja rakenneseinämien läpi. Tällaista ääntä kutsutaan ilmaääniksi. Ilmaäänien johtumista tiloista toiseen voidaan vähentää lisäämällä seinämän massaa [29; 30]. Perinteisesti viemärimelua on pyritty rajoittamaan käyttämällä jäykkiä kiinnityksiä rakennuksen välipohjissa sekä valamalla pystyviemäriin pohjakulma betonin sisään. Tästä on kuitenkin aiheutunut äänen hallitsematon kulkeutuminen rakenteisiin ja samoin liian korkeat äänitasot alimmissa kerroksissa jäteveden pudotessa useamman kerroksen matkan viemäriin pohjakulmaan. Tällöin jäteveden putoamisesta aiheutuva tärinä siirtyy kannakkeiden kautta rakenteisiin, joissa se muuttuu ääneksi. [30, s. 4.]

Valurautaisilla viemäreillä on luonnostaan, sen massasta johtuen, hyvä ääneneristävyys. Valurautaputket johtavat hyvin ääniä, mutta valurautaviemäreiden liitoksissa käytettävät kumiset liitospannat katkaisevat äänen johtumisen viemäreiden liitoksissa (kuva 12).

Pantaliitos asennetaan kumitiivisteineen siten, että viemäriputken pää tulee kumitiivisteeseen olaketta vasten ja täten estää putkien välittömän yhteenliittymisen, jonka ansiosta äänen eteneminen putkiston kautta vähenee. Kannakkeissa käytettävä kumitiiviste estää äänen johtumisen putkesta kannakkeen kautta rakenteisiin ja siitä huoneisiin. [17, s. 71.]



Kuva 12. Äänen siirtyminen viemärijärjestelmästä rakenteisiin [17, s. 71]

Muovisten viemäriputkien ääneneristävyys on ennen kaikkea kiinni sen seinämäpaksuudesta ja tiheydestä. Tavalliset muoviputket eivät eristä ääntä kovinkaan hyvin. Desibeliputket taas eristävät viemärissä syntyviä ääni hyvin niiden kolmiosaisen rakenteen ansiosta. Desibeliputkien sisä- ja ulkokerros on tyypillisesti PP-muovia, joiden välissä on hyvin ääntä eristävää mineraalivahvisteista muovia. Kuten muillakin materiaaleilla, myös muovilla, tärkein yksittäinen tekijä hyvän äänieristävyyden saavuttamiseksi on kannakkeet. Jotta estettäisiin viemärissä syntyvän äänen kulkeutuminen putkesta rakenteiden kautta huonetiloihin tulee käyttää ääntäeristäviä kannakkeita, jotka katkaisevat äänen etenemisen putkesta rakenteisiin. Ääniteknisesti hankalissa tiloissa perinteiset muoviviemärit tulee äänieristää esimerkiksi mineraalivillalla.

Ruostumattoman ja haponkestävän teräksen suuri tiheys eristää hyvin ääntä. Eristämättömänä ruostumattomasta teräksestä valmistettu putki tuottaa hieman enemmän ääntä kuin valurautainen putki, mutta kuitenkin vähemmän kuin perinteinen muoviputki [26, s. 28]. Kannakkeiden merkitys äänenjohtavuudessa on suuri, sillä ruostumaton teräs, kuten

muutkin teräkset, johtavat ominaisuuksiensa puolesta hyvin ääniä. Varsinkin äänitekni-
sesti herkissä tiloissa, jolloin halutaan estää putkissa syntyvän äänen eteneminen, tulee
kiinnittää erityistä huomiota kannakkeiden valintaan ja käyttää ääntäeristäviä kannak-
keita. Putket voidaan myös eristää mineraalivillalla tai rakentamalla kotelo viemäriputken
ympäri.

3.8 Kannakointi

Kannakoinnin merkitys viemäriin ääneneristävyyteen on suuri. Viemäreiden kannakoin-
nin on täytettävä palo- ja äänitekniset määräykset. Pystyviemärit on kannakoitava siten,
että putken oma paino ja jäteveden aiheuttamat voimat kohdistuvat kannatuspisteeseen
eivätkä vaakaputken liitoskohtaan. Pystyviemärit kannakoidaan jokaisen kerroksen koh-
dalta. Vaakaviemäreiden kannakkeiden tulee olla portaattomasti säädettävissä, jotta vie-
märiputkiston haluttu kaltevuus saavutetaan [31, s. 10]. Viemärikannakkeiden materiaa-
lina käytetään yleensä sinkittyä terästä, mutta kosteissa tai syövyttävissä olosuhteissa
käytetään ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä valmistettuja kannakkeita.
Alapohjan alapuolelle asennettavien kannakkeiden ja kiinnitystarpeiden tulee kuitenkin
aina olla haponkestävää terästä [28, s. 81]. Kannakkeiden on kestettävä putkien, nestei-
den, eristeen ja mahdollisten ulkoisten kuormitusten paino sekä lämpöliikkeen, virtaavan
nesteiden ja syövyttävien olosuhteiden aiheuttamat vaikutukset [32, s. 35]. Kannakkeet on
kiinnitettävä riittävän massiiviseen rakenteeseen kuten betoniseen väliseinään tai -poh-
jaan. Kevyisiin rakenteisiin kannakkeiden kiinnittämistä tulee välttää. Viemäreiden kan-
nakointiin on olemassa myös erilaisia kannakointijärjestelmiä, joiden avulla viemärit voi-
daan erottaa kokonaan rakennuksen runkorakenteesta ääntäeristäviä kannakkeita käyt-
tämällä. Tällöin viemärijärjestelmän äänitekniset ominaisuudet paranevat, eivätkä vie-
märiin kulkeutuvien jätevesien aiheuttamat äänet pääse kulkeutumaan kannakkeita pit-
kin runkoääninä kiinteistön rakenteisiin [29, s. 15]. Ääniteknisessä mielessä hyvän loppu-
tuloksen saavuttaminen edellyttääkin, että äänitekniset asiat on otettu huomioon myös
kannakoinnissa.

Valurautaisten viemäriputkien suurin sallittu kannakointiväli vaakaviemäreissä riippuu
putkikoosta (taulukko 3). Pystyviemäreissä kannakointiväli on putkikoosta riippumatta
2 500 mm. Valurautaviemäriin jokainen osa on kannakoitava pantaliitoksen vierestä. Va-
lurautaviemärit tulee kannakoida ääntäeristävillä kannakkeilla, jotta äänen johtumista
putkesta kannakkeiden kautta rakenteisiin ei tapahdu. Läpiviennit eristetään rakenteista
mineraalivillalla tai muulla samantyyppisellä eristeellä. [31, s. 10.]

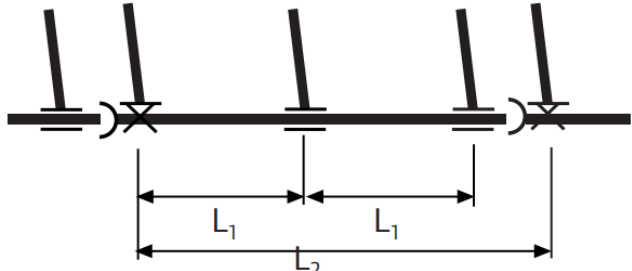
Taulukko 3. Valurautaviemärin suurimmat sallitut kannakointivälit. [31]

Putkikoko DN mm	Sallittu kannakointiväli mm	
	Vaakaviemäri	Pystyviemäri
< 100	1500	2500
150	2000	2500
> 200	2500	2500



Muoviviemäreiden suurimmat sallitut kannakointivälit riippuvat putkikoosta (taulukko 4). Jos kuitenkin kiinteistössä viemäritävät jätevedet ovat erityisen kuumia, yli 70-asteisia, käytetään noin 30 % pienempiä kannakointivälejä. Muoviviemäreiden muhviputket, haarat ja yhteyt kiinnitetään kiintokannakkeilla, jotka sijoitetaan muhvin välittömään läheisyyteen. Viemärin jokainen haarakohta on kannakoitava kiintopisteellä niin, ettei se pääse liikkumaan eikä värähtelemään. [31, s. 10.]

Taulukko 4. PP-muoviviemärin suurimmat sallitut kannakointivälit. [31]

Putkikoko DN D_u mm	Suurin sallittu kannakointiväli mm			
	Vaakaviemäri		Pystyviemäri	
	L1	L2	L1	L2
32	500	2000	1200	2000
50	1000	2000	1500	2000
75	1000	3000	2600	3000
110	1500	3000	2600	3000
160	2000	3000	2600	3000



The diagram illustrates the support configuration for a pipe. It shows a horizontal pipe with several vertical supports. The supports are categorized into two types: fixed supports (kiintopidin) and sliding supports (liukuohjain). The distances between supports are labeled as L1 and L2. L1 represents the distance between two fixed supports, and L2 represents the distance between two sliding supports. The diagram also shows a combination of fixed and sliding supports.

 = kiintopidin
  = liukuohjain

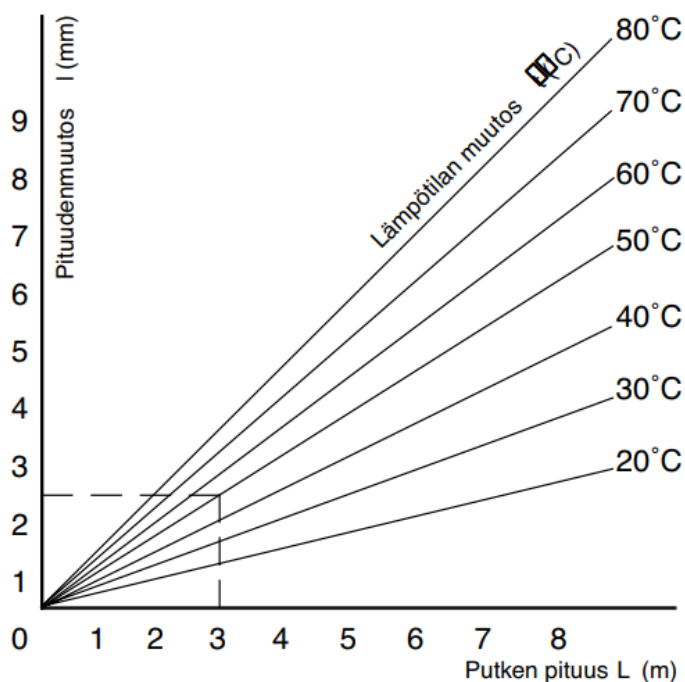
Varsinkin muoviviemäreitä kannakoidessa on tärkeää ottaa huomioon muovin lämpölaajeneminen. Muovi laajenee lämmitessään, joten käytettäessä muovisia viemäriputkia tulisi käyttää myös lämpöliikkeen sallivia kannakkeita ja kiintopisteitä, joilla saadaan ohjattua lämpöliike haluttuun kohtaan. Lämpöliike tapahtuu kannakkeen liuku-urassa, eikä kannakkeen ja putken välissä. [31, s. 13.]

Ruostumattomasta teräksestä valmistettujen viemärijärjestelmien kannakointiperiaatteet ovat samanlaiset kuin muistakin materiaaleista valmistettujen viemärijärjestelmien. Hule-, viemäri- ja jätevesiputket tulee kannakoida vähintään kahden metrin välein, kuitenkin siten, että kolmen putkimetrin matkalla on vähintään kaksi kannaketta (taulukko 5). Putkia ei saa kiinnittää täysin kiinni kiinnitettävään rakenteeseen, vaan kannakkeiden tulee tuoda putket vähintään 30 millimetrin päähän rakenteesta, pinnoitus- ja kunnossapitotöiden helpottamiseksi. Kannakkeet saavat olla enintään 300 millimetrin päässä putken liitoksesta. Jos putken kannakoitava matka on yli 15 metriä, tulee kannakkeeseen asentaa kiinnitysvarsi, jolla estetään putkien heiluminen ja siitä syntyvä ääni. [33; 34.]

Taulukko 5. Blücher RST -viemärin suurimmat sallitut kannakointivälit vaakalinjoissa, kun putket on tuettu tasavälein [26]

Halk. mm	Kannakointiväli m	Halk. mm	Kannakointiväli m
40	2,0	125	3,0
50	2,2	160	3,3
75	2,5	200	3,3
82	2,6	250	3,0
110	2,8	315	3,0

Myös ruostumattomasta teräksestä valmistettujen viemäreiden osalta on otettava lämpölaajeneminen huomioon. Kuvassa 13 on esitetty ruostumattomasta teräksestä valmistetun viemäriputken pituudenmuutos suhteessa putken pituuteen ja lämpötilan muutokseen. Vaaka- ja pystyputket on tuettava tai kiinnitettävä siten, että lämpölaajenemisen estymisestä syntyvä voima ei pysty vaurioittamaan putkia tai vetämään putkien suoria päitä ulos muhveista. [26]



Kuva 13. Blücher RST -putken pituudenmuutos lämpötilan funktiona [26]

3.9 Korroosion kestävyys

Korroosio on materiaalin tuhoutumista tai muuttumista käyttökelvottomaan muotoon liukenemalla ympäristöön tai reagoimalla ympäristön kanssa muodostaen kiinteitä korroosiotuotteita, kuten ruostetta. Korroosioista voidaan erottaa kolme päätyyppiä: kemiallinen, sähkökemiallinen ja korkean lämpötilan korroosio. Kemiallinen korroosio on materiaalin suoraa liukenemista syövyttävään ympäristöön happojen, liuottimien tai erilaisten vesiliuosten kautta. Sähkökemiallinen korroosio on materiaalin liukenemista ympäristöön sähköisten tai kemiallisten ilmiöiden yhteisvaikutuksesta. Sähkökemiallisen korroosion syntyyn tarvitaan eri jalousasteiset metallit tai metallipinnat, näiden välinen sähköä johtava ja elektrolyyttinen yhteys. Tällöin tuloksena on korroosioparin- ja virran synty sekä epäjalomman metallin liukeneminen. Korkean lämpötilan korroosio on pääasiassa metallien muuttumista erilaisiksi yhdisteiksi korkean lämpötilan aikaansaaman korkean reaktionopeuden takia. Suurin osa erilaisista korroosioreaktioista vaatii veden läsnäoloa, etenkin sähkökemiallinen korroosio. [35]

Valuraudasta valmistetun viemärijärjestelmän tekninen käyttöikä on noin 50 vuotta [36, s. 21]. Valuraudan korroosiokestävyys riippuu veden happamuudesta ja sen sisältämistä

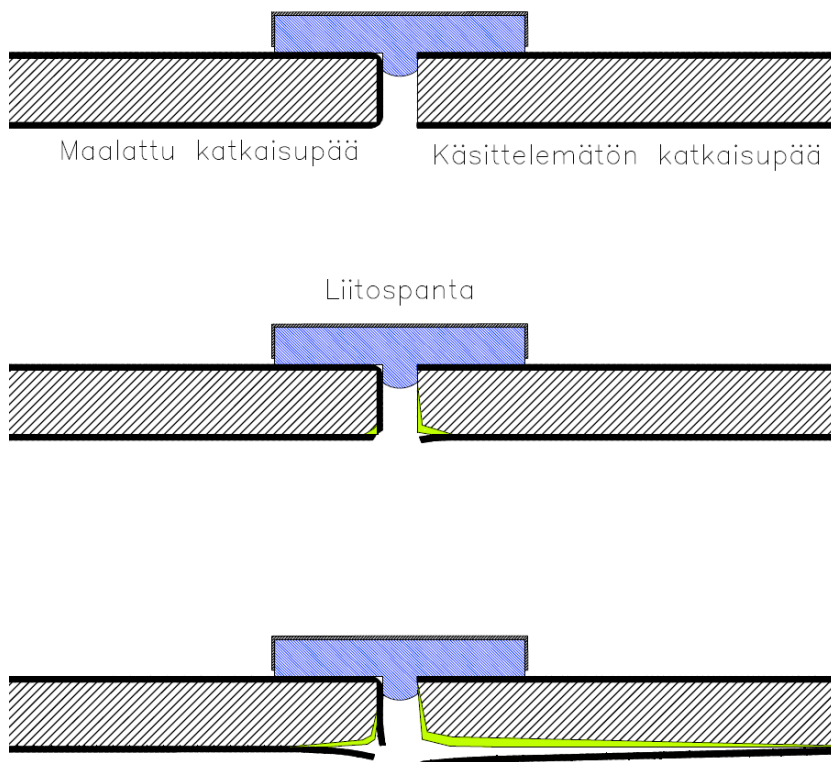
epäpuhtauksista. Normaalialue nopeampaa syöymistä voi tapahtua, jos viemäriin laskeaan hyvin happamia tai alkalisia aineita. Valurautaputkissa voi esiintyä grafitoitumista, eli valikoivaa korroosiota, suolaisissa vesissä tai laimeissa hapoissa. Grafitoitumisen taakia rauta liukenee rakenteesta ja poistuu korroosiotuotteisiin, minkä vuoksi putki menettää lujuutensa ja mekaaninen kestävyys heikkenee. Jäljelle jääneen grafiittisuomurungon ansiosta putki säilyttää kuitenkin muotonsa, mutta grafitoitunut kohta on hauras ja helposti murtuva. Grafitoituminen on hyvä esimerkki kemiallisesta korroosiosta. Jätevedeen sitoutunut orgaaninen ja epäorgaaninen rikki voi bakteeritoiminnan vaikutuksesta muodostaa rikkivetyä. Rikkivedyn erottautuminen jätevedestä johtuu liian matalasta virtausnopeudesta, lämpötilan kasvusta tai liuoksen happamoitumisesta. Epäorgaaniset rikkiyhdisteet kohoavat viemäriputken yläosan kostealle sisäpinnalle. Kostealla pinnalla viihtyvät aerobiset bakteerit hapettavat rikkivetyä rikkihapoksi, joka aiheuttaa valuraudan syöymistä (kuva 14). [1; 12; 13.]



Kuva 14. Puhkisyöpyneet valurautainen viemäriputki [1]

Valurautaputkien vääränlainen katkaisutapa, jossa katkaistun putken päätä ei käsitellä epoksimaalilla, omalta osaltaan vauhdittaa korroosion etenemistä. Tällöin putken syöyminen pääsee alkamaan katkaisukohdan paljaasta metallipinnasta, ja se pääsee vapaasti etenemään rakokorroosiona laajalle alueelle valurautaputken epoksinnoitteen alla (kuva 15). Rakokorroosio irrottaa valurautaputken sisäpuolisen epoksinnoitteen ja altistaa paljaan valuraudan myös viemärikaasujen syövyttävälle vaikutuksille. [1; 12; 13.]

Valuraudan epoksinnoite alkaa pehmetä jo alle 60 asteessa [1, s. 41]. Jäteveden korkea lämpötila ja kova virtaama voivat kuluttaa pehmentynyttä sisäpuolista pinnoitetta huomattavasti ja täten viemäriputken käyttöikä lyhenee merkittävästi. Paksumpi pinnoite putkessa kestäisi kulutusta ja korkeita lämpötiloja paremmin, mutta vain silloin kun se on täysin ehjä. [1]



Kuva 15. Havainnekuva rakokorroosion etenemisestä [1]

Muovisten viemärijärjestelmien keskimääräinen tekninen käyttöikä vuoden 1975 jälkeen asennetuille järjestelmille on 50 vuotta [36, s. 22]. Muovisten viemärijärjestelmien heikoimpia kohtia ovat yleensä putkiliitokset ja pystyviemäreiden pohjakulmat [13, s. 33]. Muoviviemärit ovat alttiita mekaaniselle rasitukselle, eli kaikenlaiselle tärinälle ja värähtelylle, mikä tapahtuu joko kiinteistön rakenteissa, joista kannakkeita pitkin johtumalla tämä siirtyy putkiin, tai esimerkiksi putkistossa kulkevan kiinteän jätteen osuessa viemäriin pohjakulmaan. Muovin lämpölaajeneminen suhteessa muihin viemärimateriaaleihin on suurta ja täten tämä on asennusvaiheessa otettava huomioon asentajan toimesta jättämällä viemäriputken muhviin tarpeeksi suuri paisuntavara. Kiintopisteiden ja lämpöliikkeen sallivilla kannakkeilla saadaan lämpöliike ohjattua haluttuun kohtaan. Jos viemärissä kulkevien jätevesien lämpötila on korkea ja viemäriä käytetään sen käyttöalueen

maksimirajoilla, voidaan käyttää erillistä paisuntayhdettä lämpölaajenemisen vastaanottajana. Jollei lämpölaajenemista oteta huomioon, muoviviemärit voivat hyvinkin nopeasti haljeta liitosten kohdalta lämpölaajenemisen seurauksena [28, s. 62]. Muoviviemärit kestävät hyvin tavanomaisia kemikaaleja ja viemäroittävien jätevesien lämpötilanvaihteluita.

Ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä valmistettujen viemärijärjestelmien tekninen käyttöikä on 50 vuotta [36, s. 22] Yleisesti ottaen ruostumaton ja haponkestävä teräs kestää hyvin yleisimpiä kemikaaleja ja lämpötilan vaihteluita, minkä vuoksi se on yleisesti käytössä oleva materiaali hankalissa olosuhteissa, kun materiaalilta tarvitaan erityistä kestävyyttä. Korroosio ruostumattomassa teräksessä esiintyy useimmiten paikallisena korroosiona, jonka syynä yleisimmin on jäteveden liian korkea kloridipitoisuus. Ruostumattomat teräkset kestävät huonosti klorideja, eli erilaisia suoloja, jotka rikkovat putken passiivikalvon ja näin altistavat suojaamattoman putken jäteveden sisältämille kiinteille jätteille ja kaasuille aiheuttaen piste- ja rakokorroosiota. Viemäriputkien oikea asennustapa, vaakaviemäreissä riittävän kaadon huomioiminen ja hitsausauman käsittely hiomalla vähentävät korroosion riskiä. Veden virtaus vähentää pistekorroosion riskiä, ja jälkikäsitellyt hitsausaumat ja oikein asennetut putket eivät jätä likaa kerääviä rakoja, joista rakokorroosio voisi syntyä. [13, s. 71.]

3.10 Hintaerot materiaalien välillä

Hintavertailua on tehty LVI-tukkuliikkeiden listahintojen mukaan. Vertailussa on kiinnitetty ensisijaisesti huomiota eri materiaalien välisiin hintaeroihin, eikä niinkään eri tuotteiden välisiin hintaeroihin. Tavallisesta muovista valmistetut PP-viemärit ovat pelkän materiaalin puolesta edullisin vaihtoehto. Hieman yllättäen desibeliviemärit ovat hieman edullisempia kuin valurautaviemärit. Ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä valmistetut viemäriputket ovat selvästi kalliimpia kuin muut materiaalit. [37]

Lopulliseen hintaan vaikuttavat tekijät ovat:

- LVI-TES:n määrittelemät haitta-, vaativuus- ja olosuhteelliset kohteen käyttötarkoituksen ja valitun materiaalin mukaan
- ääni- ja palotekniset vaatimukset
- tilaajan vaatimukset
- hankinta- ja asennustöiden osuus
- kannakointitapa ja valitut kannaketyypit

- palo- ja äänieristyksen tarve ja palokatkojen määrä

Lopulliseen hintaan vaikuttaa moni asia ja ne ovat aina myös kohteesta riippuvaisia. Tämän takia tässä työssä ei ole käsitelty eri viemärijärjestelmien kokonaiskustannuksia ja niiden välisiä eroja.

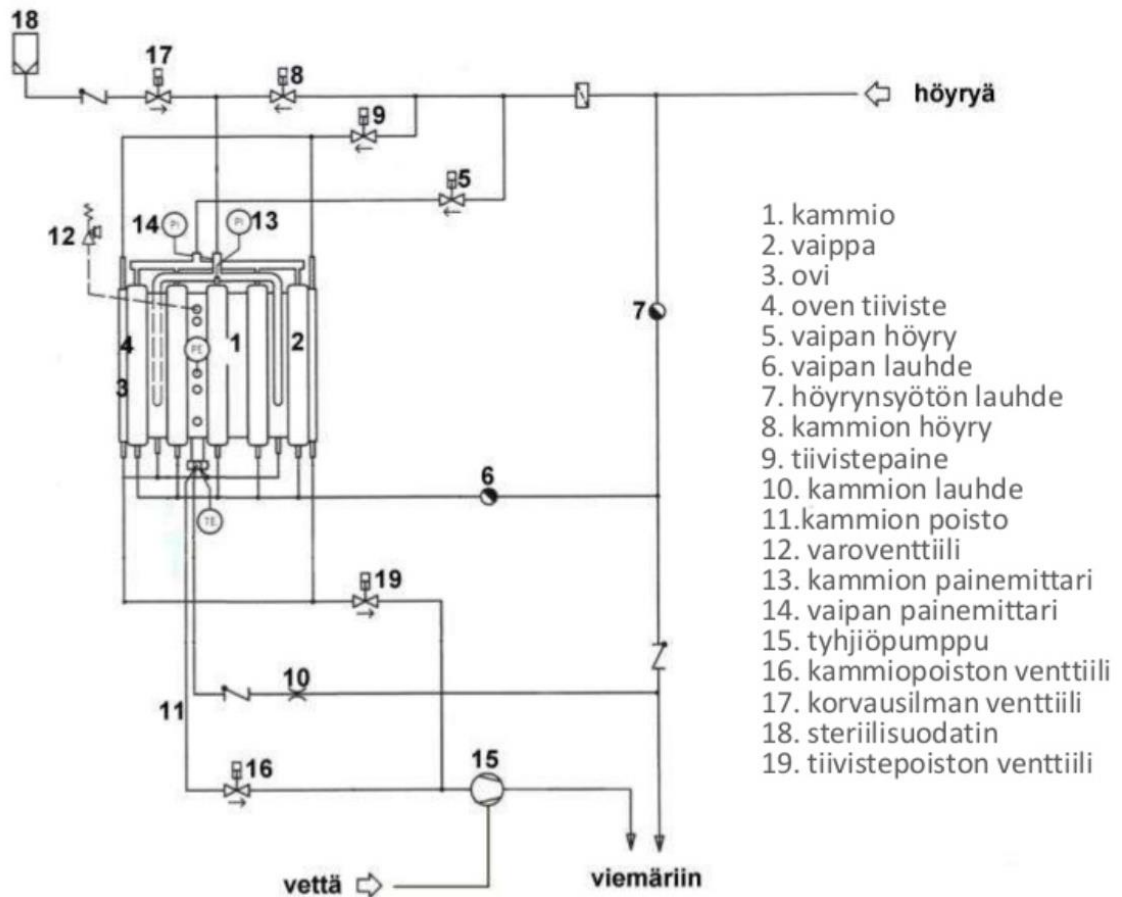
4 Erikoisviemärit sairaaloissa

4.1 Sairaaloiden erityisvaatimuksia

Suomen rakentamismääräyskokoelmissa ei oteta suoranaisesti kantaa sairaaloiden viemärijärjestelmien erityisvaatimukseen. Ääniteknisessä mielessä sairaaloissa ei ole haastavia laitteita, mutta sairaaloiden eri tilojen tulee täyttää niille säädetyt äänitasovaatimukset ja tällöin tulee huolehtia viemärijärjestelmän ääneneristävydestä. Sairaaloiden viemäriputkistossa kulkee paljon erilaisia liuoksia ja lääkeaineiden jäämiä, jotka voivat omalta osaltaan vaikuttaa viemärijärjestelmän kestävyysasteeseen. Myös autoklaaveista ja pesukoneista viemäriin päätyvät kuumat nesteet voivat aiheuttaa viemäriin kunnon heikkenemistä.

4.2 Höyryautoklaavi

Autoklaavi on ilmatiiviisti suljettava laite, jossa esineitä tai asioita kuumennetaan höyryn avulla (kuva 16). Sairaalaympäristössä autoklaavilla steriloidaan ylipaineistetun kylmän vesihöyryn avulla instrumentteja, astioita, vaatteita ja nesteitä. Kyllästetty höyry pehmentää mikro-organismien ja itiöiden solukalvot, ja höyryn tunkeutuessa näiden läpi itiöiden ja mikrobien valkuaisaineet hyytyvät, mikä samalla tuhoaa ne. Autoklaavin tulee tavallisesti kestää yli kolmen baarin ylipaine ja yhden baarin alipaine. Suurten painevaihteluiden takia autoklaavin rakenteiden on oltava erittäin vahvat. [38; s. 63.]



Kuva 16. Höyryautoklaavin kaavio. [38, s. 64]

Höyryautoklaavisteriloinnissa sterilointitulokseen vaikuttavat ylipaineinen kyllästetty höyry, lämpötila ja aika (taulukko 6) [39]. Kyllästetty höyry siirtää höyrystymislämpönsä steriloitavaan tarvikkeeseen, jolloin se lämpenee nopeasti ja tarvikkeessa olevat mikrobit tuhoutuvat. Steriiliyden edellytyksenä on, että jokainen steriloitava tarvike on ollut vähintään 15 minuuttia 121-asteisessa tai 3 minuuttia 134-asteisessä kylläisessä höyryssä. Steriloitavan tarvikkeen materiaali määrittää autoklaavissa käytettävän sterilointiohjelman. Erilaisilla sterilointiohjelmilla voidaan vaikuttaa autoklaavin lämpötiloihin ja paineolosuhteisiin. Muovi- ja lasivälineitä ei saa steriloida yli 121-asteisellä ohjelmalla, kun taas metalliastiat, instrumentit ja tekstiilit kestävät korkeampia lämpötiloja. [40]

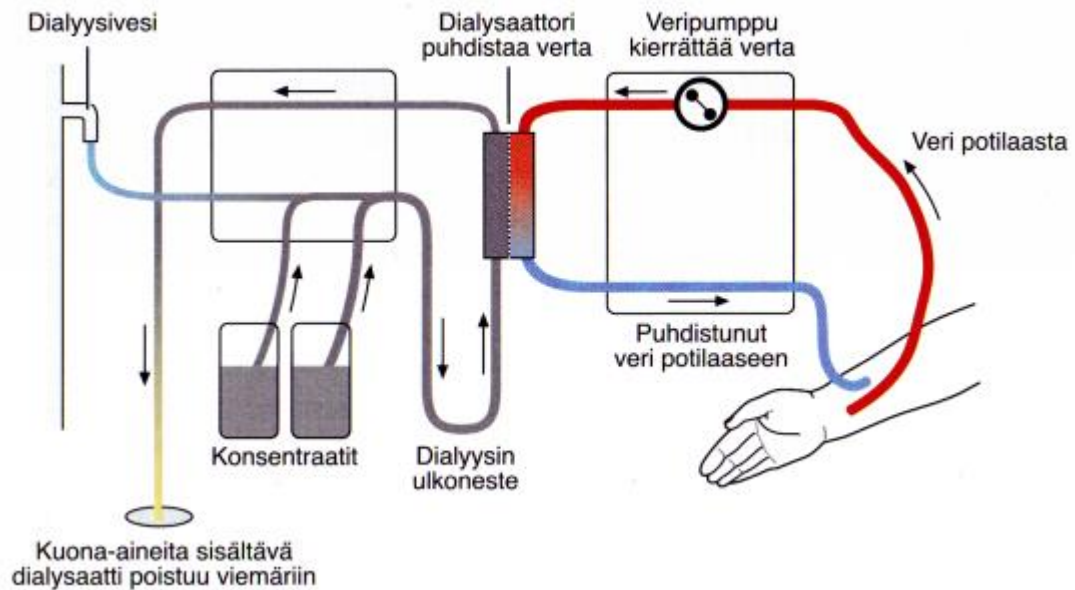
Taulukko 6. Vaatimukset höyrysteriloinnille [39]

Lämpötila (°C)	Vastaava kyllästetyn vesihöyryn paine (bar)	Sterilointiaika (min)
121	1,0	15
126	1,5	10
134	2,0	3

Sterilointiprosessi alkaa lämmitysvaiheella, jossa tyhjiöpumpun avulla poistetaan kaikki ilma kammioista. Samanaikaisesti kammioon virtaa ilman tilalle kyllästettyä höyryä luovuttaen lämpöenergiansa steriloitavaan kuormaan. Kammion saavuttaessa sterilointilämpötilan, höyryventtiilit sulkeutuvat ja sterilointivaihe alkaa. Sterilointivaiheessa kammion lämpötila ja paine pysyvät muuttumattomina sterilointiohjelmaan säädetyn ajan verran. Sterilointivaiheen aikana autoklaavin vaipan pohjalle kertyy lauhdetta, joka poistetaan viemäriin. Sterilointivaiheen jälkeen kuivausvaiheen aikana tyhjiöpumppu poistaa höyryn kammioista, ja höyrylauhteen sekaan sekoitetaan kylmää vettä ennen kuin se lasketaan viemäriin. Höyryautoklaavien valmistajien ohjeistuksen mukaan viemäriin lämpötilankeston tulee olla 50 astetta. Varolaitteiden pettäessä viemäriin voi kuitenkin joutua erittäin kuumaa vettä, joka rasittaisi viemärijärjestelmää suunnattomasti. [38, s. 64–65.]

4.3 Dialyysiviemäri

Dialyysi- eli keinomunuaishoidossa poistetaan munuaisten vajaatoiminnasta johtuvia elimistöön kertyneitä nesteitä ja kuona-aineita ja korjataan veren happamuutta. Dialyysihoido voidaan toteuttaa veriteitse tai vatsakalvon läpi. Veriteitse suoritettavassa hemodialyysissä potilaan verta kierrätetään hemodialyysilaitteen kautta (kuva 17). Potilaan veri puhdistuu laitteeseen liitetyn suodattimen eli dialyssaattorin avulla. Vatsakalvon läpi suoritettavassa peritoneaalidialyysissä potilaan veri puhdistuu vatsaontelossa sijaitsevan kalvon läpi. Peritoneaalidialyysiä varten potilaan vatsaonteloon ommellaan silikoni- nen katetri, jonka kautta dialyysineste valutetaan vatsaonteloon. [41, s.1 & 10–11; 42.]



Kuva 17. Hemodialyysin toimintaperiaate [42, s. 83]

Dialyysihoito perustuu diffuusion, eli ilmiöön, jossa pienet molekyylit siirtyvät puoliläpäisevän kalvon läpi väkevämmästä liuksesta laimeampaan ja täten tasoittavat liuosten välistä pitoisuuseroa [41, s. 1]. Dialyysineste koostuu vedestä ja konsentraateista, eli väkevästä lääkeliuoksesta, jota laimennetaan vedellä. Dialyysineste ja potilaan veri kiertävät omissa osastoissaan. Hemodialyysissä dialyysaattorin sisällä oleva kalvo suodattaa potilaan veren diffuusion avulla siirtämällä potilaan veressä olevat epäpuhtaudet ja kuona-aineet dialyysinesteeseen. Peritoneaaldialyysissä suodattavana kalvona toimii potilaan vatsakalvo. Hemodialyysissä suodatettu veri palautuu potilaaseen ja epäpuhtauksia ja kuona-aineita sisältävä dialyysineste poistuu viemäriin. Peritoneaaldialyysissä dialyysineste on potilaan vatsaontelossa useita tunteja, jolloin normaalin verenkierron seurauksena dialyysinesteeseen suodatettu potilaan veressä olevat kuona-aineet. Lopuksi epäpuhtauksia sisältävä dialyysineste valutetaan ulos katetrin avulla ja korvataan uudella nesteellä. [41, s. 11.]

Taulukko 7. Dialyysinesteen vaikuttavat aineet [43]

Käyttövalmiin liuoksen (1l) vaikuttavat aineet	Määrä	
Kalsiumkloridihydraatti	0,2573	g
Natriumkloridi	5,64	g
Natrium	7,85	g
Magnesiumkloridiheksahydraatti	0,1017	g
Glukoosimonohydraatti	46,75	g

Käyttövalmiin dialyysinesteen vaikuttavat aineet ja niiden määrät on esitetty taulukossa 7. Näiden lisäksi muita aineita ovat injektionesteisiin käytettävä vesi, kloorivetyhappo, natriumhydroksidi ja natriumvetykarbonaatti. Käyttövalmiin dialyysinesteen pH-arvo on tyypillisesti noin 7. Dialyysinesteen valmistukseen käytettävä infuusiokonsentraatti sisältää kuitenkin väkevää kloorivetyhappoa, jonka pH-arvo on 4,0 ja suurina pitoisuuksina tämä voi olla viemärielle haitallista. Dialyysineste valmistetaan sekoittamalla emäksistä laktaattiliuosta ja hapanta glukoosipohjaista elektrolyyttiliuosta. Potilaalle annetaan noin kaksi litraa liuosta neljä kertaa vuorokaudessa, joten viemäriin joutuvat epäpuhtaudet eivät ole kovin suuria. [43]

Taulukko 8. Viemärimateriaalien kemiallinen kestävyys dialyysinesteen sisältämien aineiden suhteen [44]

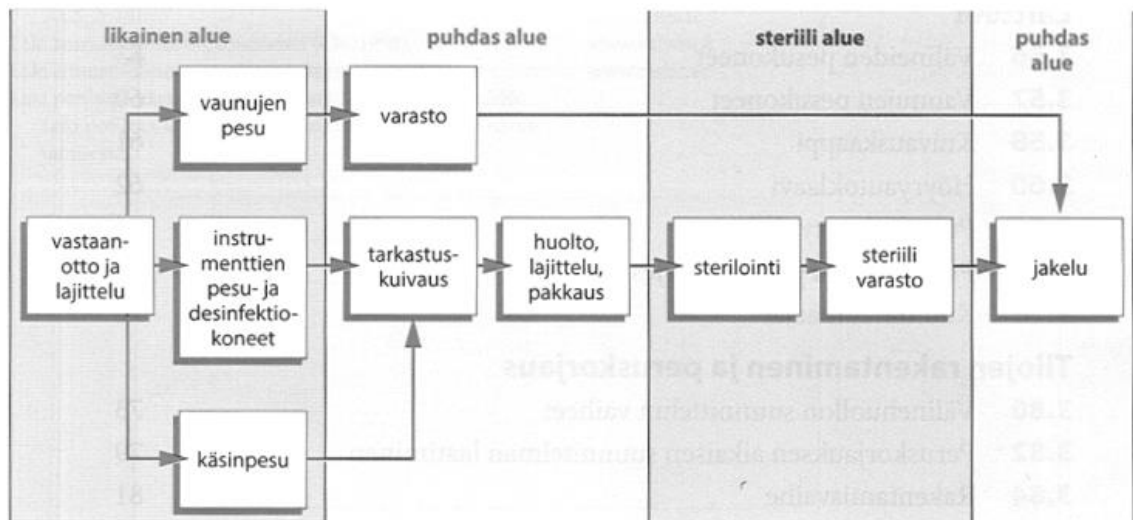
A = Erittäin hyvä käyttökelpoisuus B = Kohtuullinen käyttökelpoisuus C = Rajallinen käyttökelpoisuus D = Epätyydyttävä	Haponkestävä teräs	Ruostumaton teräs	Valurauta	Polyeteeni	PVC	Polypropeeni
Kalsiumklorididihydraatti	B	B	B	A	A	A
Natriumkloridi	D	D	B	C	A	D
Suolahappo (kloorivetyhappo)	D	D	D	A	A	A
Natriumhydroksidi (natronlipeä)	A	A	D	A	A	A
Magnesiumkloridiheksahydraatti	B	B	B	A	A	A

Taulukossa 8 on esitetty erilaisten viemärimateriaalien kemiallinen kestävyys dialyysinesteen sisältämien aineiden suhteen. Yleisesti ottaen muovista valmistetut viemärit kestävät dialyysinesteen sisältämiä aineita hyvin, kun taas haponkestävästä ja ruostumattomasta teräksestä sekä valuraudasta valmistetut viemäriputket ovat herkempiä vahvasti emäksisille tai happamille aineille. [44]

4.4 Välinehuolto

Välinehuollolla tarkoitetaan sairaaloissa käytettävien välineiden tarkastamista, pesemistä, pakkaamista ja steriloimista. Välinehuollon tarkoituksena on estää välineiden ja instrumenttien kautta tapahtuva tartunta ja estää infektion leviäminen potilaasta toiseen ja henkilökuntaan. Välinehuollon tilat jaetaan toimintojen mukaan likaiseen, puhtaaseen ja steriiliin tilaan (kuva 18). Likaiselle alueelle kuuluvat likaisten välineiden vastaanotto,

lajittelu ja puhdistus. Puhtaalla alueella puhdistetut välineet kuivataan ja pakataan. Steriilillä alueella välineet steriloidaan ja varastoidaan ennen kuin välineitä käytetään seuraavan kerran [38, s. 36; 45]. Sairaaloiden välinehuolto voidaan toteuttaa osittain tai täysin keskitetysti tai hajautetusti. Keskitetysti toteutetussa välinehuollossa kaikki välineet huolletaan keskitetysti yhdessä välinehuoltokeskuksessa. Osittain keskitetyssä välinehuollossa osassa osastoissa on omat huoltotilat ja -laitteet, joissa välinehuolto voidaan suorittaa. Hajautetussa välinehuollossa jokainen yksikkö hoitaa oman välinehuoltoprosessinsa itse. [38, s. 28–29.]



Kuva 18. Välinehuoltotilojen puhtausalueet [38, s. 36]

LVI-teknisessä mielessä välinehuollon likaisella alueella käytettävät pesu- ja desinfektio-koneet voivat aiheuttaa haittaa kiinteistön viemäreille. Vaunujen ja instrumenttien pesussa käytettävät pesuaineet ja korkeat lämpötilat ovat omiaan kuormittamaan viemäriputkia ja lyhentämään niiden käyttöikä.

4.5 Lääkehuone

Sairaalaympäristössä lääkehoidolla tarkoitetaan sitä, kun potilaan terveyden säilyttämiseen tai hänen sairautensa hoitoon käytetään lääkettä. Lääkehoito on tärkeä osa potilaan hoitotyötä, ja sitä käytetään muiden hoitomuotojen tukena sekä itsenäisenä hoitomuotona. Lääkehoidon tavoitteena on potilaan terveyden edistäminen, oireiden helpottaminen sekä sairauksien tutkiminen, parantaminen ja niiden etenemisen hidastaminen [46,

s. 13]. Monissa sairaaloissa lääkeaineiden käyttökuntoon saattaminen on keskitetty sairaaloiden sairaala-apteekkien ja lääkehuoneiden lääkkeenvalmistustiloihin työturvallisuuden parantamiseksi niin potilaan kuin työntekijänkin osalta [47, s. 22].

Sairaloissa käsitellään monenlaisia lääkeaineita, ja ne voivat esiintyä kiinteässä tai nestemäisessä muodossa ja käyttämättä jääneiden tai vanhentuneiden lääkkeiden, eli lääkejätteen, hävittämiseen tulisi kiinnittää huomioita. Lääkejäte luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi, ja se tulee palauttaa aina apteekkiin, josta se toimitetaan ongelmajätelaitokselle hävitettäväksi. Sairaaloiden ohjeistuksen mukaan mitään lääkeaineita ei saa kaataa tai huuhtoa viemäriin, koska lääkeaineiden sisältämät kemikaalit voivat jäteveden mukana päätyä vesistöön. Viemäriin saa laittaa pelkän suola- tai sokeriliuoksen, jos niissä ei ole lääkelisäystä, pieniä määriä alkoholia, ravintoliuoksia ja -valmisteita. Viemäriin soveltuva lääkejäte ei sinänsä ole viemäriputkille haitallista. [47, s. 30–31.]

4.6 Ongelmakohdat sairaalan viemäristössä

Ongelmakohtien kartoitusta varten suoritettiin puhelinhaastattelut HUS:n, eli Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin LVI-valvojille ja ylläpidosta vastaaville henkilöille. Haastatteluiden tarkoituksena oli saada mahdollisimman tarkkaa tietoa sairaaloiden viemäreiden ongelmista ja tulevaisuuden näkymistä eri materiaalien suhteen.

Suurin osa sairaaloissa toteutetuista viemärijärjestelmistä on tehty valurautaisilla viemäriputkilla. 1970-luvulla siirryttiin käyttämään seinämävahvuudeltaan ja pinnoitteeltaan ohuempaa muhvitonta valurautaa vanhan paksumman muhvillisen putken sijaan. Ohuemman seinämäpaksuuden takia valurautaputket ovat herkempiä syöpymään viemärikaasujen vaikutuksesta. Valuraudassa on ollut myös aikakausittaista laatuvaihtelua. Nykyään pyritään käyttämään muovista valmistettuja, pääasiassa desibeliputkia. [48]

Tukoksia esiintyy sairaaloiden viemäristössä paljon. Nämä johtuvat pääasiassa 90-asteen kulmista ja siitä, että käyttäjät laittavat viemäristöön tavaraa, joka ei kuulu sinne. Tukosten johdosta viemäri ei pääse tuulettumaan kunnolla, jolloin viemärikaasut pääsevät syövyttämään putken lakea. Yhdessä kohteessa suoritettiin tuuletusviemäreiden kuvaukset, joiden tarkoitus oli selvittää tuuletuksen toimivuus. Kuvauksista selvisi, että 80 % tuuletusviemäreistä ei toiminut oikein. [48]

Autoklaavin jälkeiset putkiosuudet pyritään toteuttamaan ruostumattomalla teräksellä sen lämmönkestävyyden johdosta. Toisinaan nämä osuudet on tehty myös muovilla. Tällöin ongelmia voi tulla, jos autoklaavin varotoimet pettävät ja viemäriin päätyy 100-asteista vettä. Vanhat muoviputket eivät tätä kestä, vaan vääntyvät veden korkean lämpötilan takia mutkalle. Ruostumattoman teräksen suurin heikkous on sen korkea hinta muihin materiaaleihin verrattuna. [48]

Lääkehuoneissa viemäriin päätyy erilaisia suoloja ja sokeriliukoisia lääkkeitä, vaikka ne eivät sinne kuuluisi, joko käyttäjien huolimattomuuden tai tietämättömyyden johdosta. Nämä aiheuttavat viemärissä tavallista enemmän rikkiyhdisteitä, jotka taas syövyttävät viemäriputken lakea, jos tuuletusta ei ole toteutettu riittävän tehokkaasti. Lääkehuoneessa valurautainen viemäriputki voi syöpyä jo muutamassa vuodessa puhki. [48]

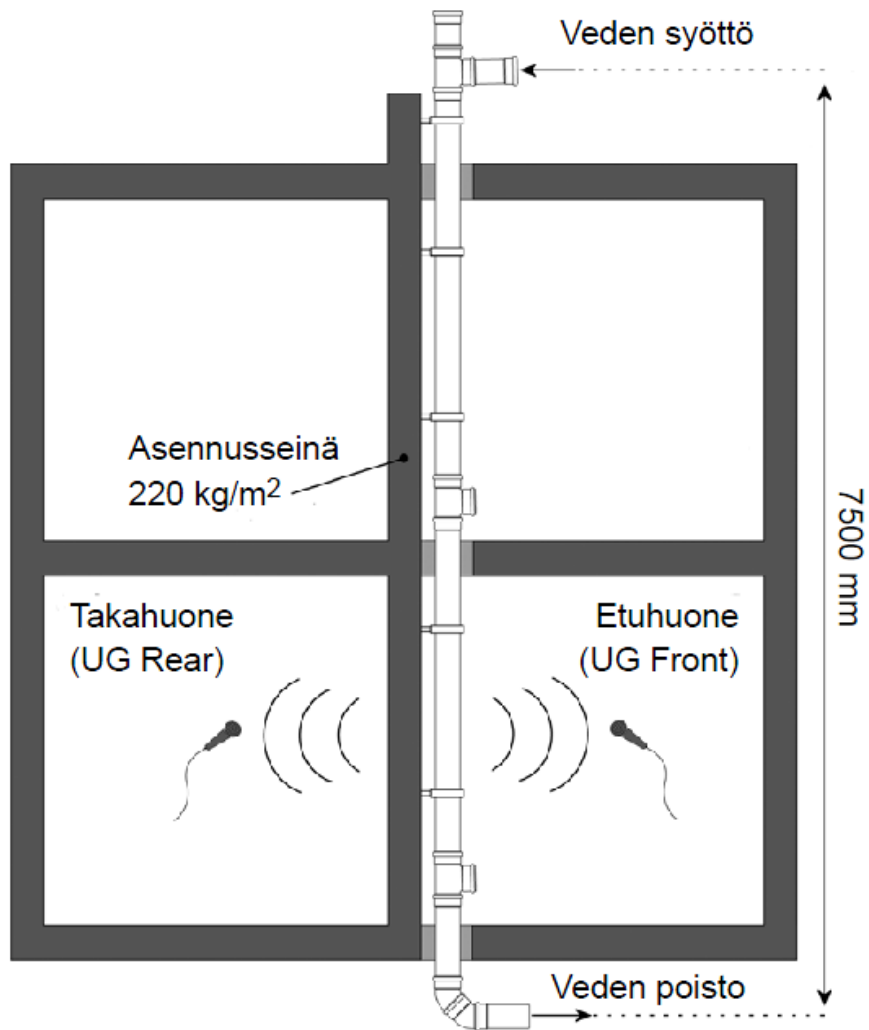
Ääniongelmia on tullut vain kiireen takia, kun syöpyneen valurautaviemärin tilalle on asennettu muoviviemäri, joka on kiireessä jäänyt äänieristämättä. Osa muoviputkilla korjatuista tiloista eivät ole olleet ääniteknisesti herkkiä, joten mahdollisia ääniongelmia ei ole välttämättä huomioitu. [48]

Uusista desibeliviemäreistä ei ole vielä kokemuksia ongelmien suhteen, mutta näiden asennuksessa on noudatettava valmistajien ohjeita ja kiinnitettävä huomiota kannakointiin. Desibeliviemäreiden katkaisusta syntyvä ”jäyste” putken sisäpuolelle on sen paksumman materiaalin vuoksi hankalampi poistaa kuin tavallisesta muoviputkesta. [48]

HUS:n sairaalat ovat vanhoja, ja näissä on käytetty rakennusaikana aikakautensa rakennusmateriaaleja. Sairaaloissa on vanhoja järjestelmiä, joissa on ollut asennus- ja suunnitteluvirheitä maalaamattomien valurautaviemärin katkaisupäiden ja liian pitkien tuuletusvälien vuoksi, joten täysin valuraudan syyksi ei kaikkia viemärijärjestelmän ongelmia voi laittaa. [48]

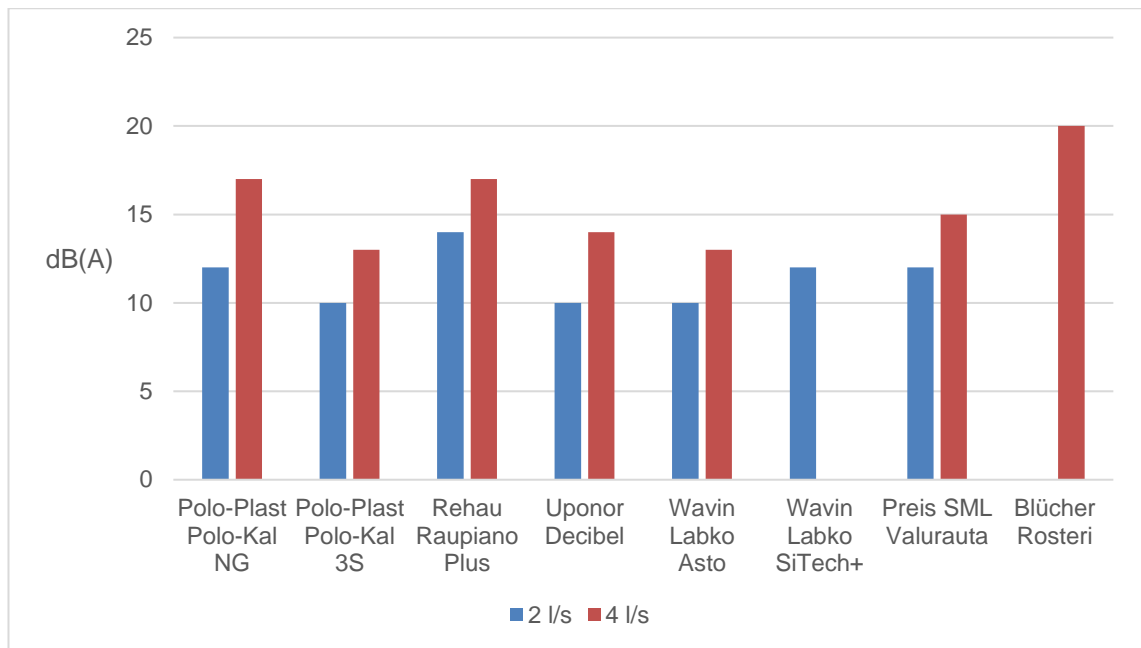
5 Mittaukset

Suurin osa desibeliviemäreiden valmistajista ovat mittauttaneet tuotteidensa aiheuttaman äänitason standardin EN 14366 mukaan, joka määrittää, miten viemärin aiheuttama ääni mitataan laboratorio-olosuhteissa [49]. Riippumattomat mittaukset on suoritettu Fraunhofer Institutessa Saksassa. Mittausjärjestelyt on esitetty kuvassa 19.



Kuva 19. EN 14366:n testausjärjestely Fraunhofer Institutessa [23]

Laboratio-olosuhteissa toteutetut mittaukset eroavat käytännön olosuhteista melko paljon. Standardin EN 14366 mukaan suoritetussa mittauksessa putkistoon lasketaan puhdasta vettä tasaisella 0,5/1/2/4 l/s virtaamalla. Normaalisessa tilanteessa viemärissä kulkevan jäteveden seassa on kiinteää jätettä, eikä sen virtaama ole tasaista. Myös kannakkeiden vaikutus mittaustuloksiin on suuri. Lisäksi mittauksissa mitataan erikseen etuhuoneessa ilmaääntä ja takahuoneessa runkoääntä. Todellisessa tilanteessa näin ei välttämättä ole, sillä useimmiten eri tilojen välillä on jonkinlainen ilmayhteys esimerkiksi ilmanvaihtokanaviston kautta. Näiden syiden takia standardin EN 14366 mukaan suoritettujen äänitekniisten mittausten tuloksia ei voi sellaisenaan käyttää äänitekniisen suunnittelun perustana. Mittauksissa on kuitenkin vakioidut olosuhteet, joten se mahdollistaa eri valmistajien viemärijärjestelmien äänitasojen keskinäisen vertaamisen. [9; 23; 49.]



Kuva 20. Valmistajien tuote-esitteissään ilmoittamat mittaustulokset EN-14366 standardin mukaisessa mittausjärjestelyssä

Kuvassa 20 on vertailtu eri valmistajien tuote-esitteissään ilmoittamia ääniarvoja standardin EN-14366 mukaisessa mittausjärjestelyssä 2 ja 4 l/s virtaamalla kuvassa 19 esitetyn takahuoneen suuntaan. Laboratorio-olosuhteissa pienemmillä virtaamilla tehdyt mittaukset alittavat käytännössä aina 10 desibeliä, minkä vuoksi näitä ei ole tässä tarkastelussa huomioitu. Tulosten perusteella eri valmistajien desibeliputket, valurauta ja ruostumaton teräs ovat aiheuttamiensa äänitasojen puolesta hyvin lähellä toisiaan. Mittauksissa kannakkeina on käytetty Walravenin valmistamia Bismat 1000- ääntäeristäviä erikoiskannakkeita (kuva 21) tai muita samankaltaisia kannakkeita. Näiden kannakkeiden ääntäeristävät ominaisuudet ovat huippuluokkaa [50]. Tämän poikkeavuuden johdosta mittausolosuhteissa vertailun tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia toisiinsa nähden.



Kuva 21. Bismat 1000- ääntäeristävä erikoiskannake [50]

6 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tavoitteena oli vertailla eri materiaaleista valmistettujen viemärijärjestelmien ominaisuuksia ja ongelmakohtia sairaalaympäristössä. Sairaaloiden viemärijärjestelmät joutuvat kovalla rasitukselle erilaisten kemikaalien ja korkeiden lämpötilojen johdosta. Vertailuun otettiin yleisesti käytössä olevat materiaalit; valurauta, ruostumaton ja haponkestävä teräs sekä muovi. Materiaaleja vertailtiin niiden teknisten ominaisuuksien, kannakoinnin tarpeen ja toteutuksen, kestävyuden ja yksikköhintojen perusteella. Vertailuun otettiin myös palo- ja äänitekniset vaatimukset ja eristeet eri materiaaleille. Lisäksi vertailtiin eri valmistajien ilmoittamia äänitasoja laboratorio-olosuhteissa standardin EN 14366 mukaan.

Vertailun aikana saatiin selville eri valmistajien viemäriputkien ominaisuuksia ja niiden aiheuttamia äänitasoja heidän esitteistään sekä eri materiaalien käytöstä seuranneita ongelmakohtia haastatteluiden muodossa.

Tutkimuksen aikana selvisi, että nykyään pyritään sairaalaympäristöön asennettavan viemärijärjestelmän materiaalina käyttämään muovista valmistettua desibeliputkea. Valurauta nähdään vanhentuneena materiaalina, jolle lukuisista ongelmista ja hankalasta asennettavuudesta huolimatta on varmasti käyttökohteita myös tulevaisuudessa. Muovin nähdään nousevan hallitsevaksi materiaaliksi sen ominaisuuksien, käyttöiän, asennettavuuden ja hinnan takia. Desibeliviemäreistä ei kuitenkaan vielä ole kovinkaan paljoa käytännön kokemusta, joten vain aika näyttää, kuinka hyvin ne todellisuudessa sopivat käytettäväksi sairaalaympäristössä.

Lähteet

- 1 Väärälä, Jouko. 2015. 2000-luvun valurautaviemäreiden ongelmat sairaalaympäristössä. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 2 Ympäristöministeriön asetus 1047/2017 rakennuksen vesi- ja viemärlaitteistoista. 2018. Ympäristöministeriö.
- 3 Ympäristöministeriön asetus 796/2017 rakennuksen ääniympäristöstä. 2018. Ympäristöministeriö.
- 4 Ympäristöministeriön asetus 848/2017 rakennusten paloturvallisuudesta. 2018. Ympäristöministeriö.
- 5 Rakennusten paloluokat ja paloluokan määrittäminen. 2014. RT-kortisto 08-11139. Rakennustieto Oy.
- 6 SFS-EN 13501-1+A1. Rakennustuotteiden ja rakennusosien paloluokitus. 2010. Suomen Standardisoimisliitto.
- 7 Tarmia, Mikko. 2013. Äänitekniikan perusteet. Oppimateriaali. Otavan Opisto. <http://opinnot.internetix.fi/fi/muikku2materiaalit/muut/ammattillinen/aanityo/aanitekniikan_perusteet/aanitekniikan_perusteet.pdf?C:D=2061408&m:sel-res=2061408>. Luettu 27.2.2018.
- 8 Äänitekniikka. 2007. Verkkoaineisto. Äänipää. <<http://www.aanipaa.tamk.fi/index.html>>. Luettu 27.2.2018.
- 9 Honkonen, Jaana. 2018. Uponor-akatemia. Koulutusmateriaali.
- 10 Äänitekniikka on osa asumisviihtyvyyttä. 2017. Verkkoaineisto. Pam-line. <<http://www.pamline.fi/ratkaisut/viemarointitekniikka/pam-smu-jarjestelmat/aanitekniikka>>. Luettu 7.5.2018.
- 11 Kerttula, Ninja. 2013. Palontorjunta ja paloharjoitukset aluksella. Opinnäytetyö. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 12 Ahola, Samu. 2014. Putkimateriaalien kestävyys LVI-järjestelmässä. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 13 LVV-kuntotutkimusopas 2013. Opas lämmitys-, vesi- ja viemäriverkostojen kuntotutkimuksiin. 2013. Helsinki: Suomen LVI-liitto.
- 14 Kekki, Tomi; Kaunisto, Tuija; Keinänen-Toivola, Minna & Luntamo, Marja. 2008. Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa. Turku: Vesi-instituutti/Prizztech Oy.

- 15 Muovisanastoa. Verkkoaineisto. Muoviteollisuus Ry. <<https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/sanasto/?ltr=16&tag=93>>. Luettu 27.6.2018.
- 16 Muovien valmistus. Verkkoaineisto. Muovien kierrätys. <<https://muovienkieratys.wordpress.com/muovien-valmistus/>>. Luettu 27.6.2018.
- 17 Harju, Pentti. 2007. Viemäröintitekniikan oppikirja. Kouvola. Penan tieto-opus.
- 18 Geberit Silent-Pro. Verkkoaineisto. Geberit. <<https://www.geberit.fi/geberit-tuotteet/viemaerijaerjestelmaet/putkistot/geberit-silent-pro/>>. Luettu 9.10.2018.
- 19 Geberit Silent-dB. Verkkoaineisto. Geberit. <<https://www.geberit.fi/geberit-tuotteet/viemaerijaerjestelmaet/putkistot/geberit-silent-db20/>>. Luettu 9.10.2018.
- 20 Geberit Silent-PP. Verkkoaineisto. Geberit. <<https://www.geberit.fi/geberit-tuotteet/viemaerijaerjestelmaet/putkistot/geberit-silent-pp/>>. Luettu 9.10.2018.
- 21 Polo-Plast tuotteet. Verkkoaineisto. Polo-Plast. <<https://www.poloplast.com/en/products/building-drainage/polo-kal-ng.html>>. Luettu 9.10.2018.
- 22 Rehau Raupiano Plus. Verkkoaineisto. Rehau. <<https://www.rehau.com/fi-fi/omat-kotirakentajat/kiinteistoviemarajarjestelma-raupiano-plus/raupiano-kiinteistoviemarajarjestelma>>. Luettu 9.10.2018.
- 23 Uponor Decibel-käsikirja. 2017. Verkkoaineisto. Uponor. <<https://www.uponor.fi/UponorInternet/DirectDownload?did=6DE88BACAD0C4C86BD4D74C92DC0FC1F>>. Luettu 9.10.2018.
- 24 Wavin Labko - Kiinteistöviemärijärjestelmät. Verkkoaineisto. Wavin Labko. <<https://www.wavin.com/fi-fi/Ratkaisut/Kiinteistöjen-viemarointi/Aanta-vaimentava-viemarointi/Wavin-Asto>>. Luettu 9.10.2018.
- 25 RST & HST. Verkkoaineisto. <<http://haponkestava.blogspot.com/p/haponkestava-ruostumaton.htmlLähde>>. Luettu 12.8.2018.
- 26 Muhviputket ja yhteet. 2018. Verkkoaineisto. Blücher Oy <<http://www.blucher.fi/fi/esitteet/tuoteluettelot/>>. Luettu 6.9.2018.
- 27 Valurauta on palamatonta. 2017. Verkkoaineisto. Pam-line. <<http://www.pam-line.fi/ratkaisut/viemarointitekniikka/pam-smu-jarjestelmat/palosuojaus>>. Luettu 7.5.2018.
- 28 Uponor – Kiinteistöviemärintekniikkakäsikirja. 2015. Uponor Oy.
- 29 Vesi- ja viemärlaitteiden äänitekniinen suunnittelu ja äänenvaimennus. 2001. LVI-kortti 20-10328. Rakennustieto Oy.

- 30 AQUASAFE-viemäröintijärjestelmä – Äänitekkinen suunnittelu ja asennus. Verkkoaineisto. Pam-line. <<http://www.pamline.fi/materiaalipankki/kiinteistotekniikka>>. Luettu 12.7.2018.
- 31 Putkistojen ja kanavien kannakointi. 2004. LVI-kortti 12-10370. Rakennustieto Oy.
- 32 Vesi- ja viemärlaitteistot -opas. 2018. Talotekniikkainfo. <<https://www.talotekniikkainfo.fi/rakennusten-vesi-ja-viemarilaitteistot-opas>>. Luettu 20.8.2018.
- 33 Muhviputket 2011. Verkkoaineisto. Nestekniikka Oy. <<http://www.nestekniikka.fi/tuotteet/rsthst-muhviputket-kaivot-ym/muhviputkijarjestelma-rsthst/>>. Luettu 6.9.2018.
- 34 Aco Pipe – Ruostumattomat viemärit. Verkkoaineisto. Aco Nordic Oy. <<http://www.aco-nordic.fi/tuotteet/aco-pipe-ruostumattomat-viemaerit/>>. Luettu 6.9.2018.
- 35 Korroosio. 2005. Verkkoaineisto. Tampereen teknillinen yliopisto. <http://www.tut.fi/vmv/2005/vmv_2_1_6.php>. Luettu 20.8.2018.
- 36 Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. 2008. LVI-kortti 01-10424. Rakennustieto Oy.
- 37 LVI-tukkuliikkeet. 2018. Sähköposti- ja puhelinkeskustelut 9.10.2018.
- 38 Hirvonen, Kaisa; Karhunmäki, Tuula & Ylitupa, Eija. 2017. Välinehuolto. Helsinki: Duodecim.
- 39 SFS-EN ISO 17665-1. Terveystuotteiden sterilointi. 2012. Suomen Standardisoimisliitto.
- 40 Sterilointi. 2015. Verkko-aineisto. Tays. <[https://www.tays.fi/fi-FI/Ohjeet/Sairaalahygieniaohjeisto/Valineiden_huolto_ja_sairaalasiivous/Sterilointi\(48517\)](https://www.tays.fi/fi-FI/Ohjeet/Sairaalahygieniaohjeisto/Valineiden_huolto_ja_sairaalasiivous/Sterilointi(48517))>. Luettu 14.5.2018.
- 41 Koponen, Samuli. 2015. Sairaaloiden puhdasvesijärjestelmien vedenkäsittely. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 42 Alahuhta, Maija; Hyväri, Tuija; Linnanvuo, Marjatta; Kylmäaho, Risto & Mukka, Heikki. 2008. Munuaissairaahan hoito. Helsinki: Edita Prima.
- 43 Peritoneaalidialyysineste. Pakkausseloste. 2017. Lääkeinfo. <https://laakeinfo.fi/Medicine.aspx?m=6021&i=FRESENIUS+MEDICAL+CARE_BALANCE>. Luettu 17.9.2018.

- 44 Kemiallinen kestävyys. Verkkoaineisto. Aco Nordic Oy. <<http://www.acodrain.fi>> Luettu 1.10.2018.
- 45 Välinehuolto. 2015. Verkkoaineisto. Tampereen yliopistollinen sairaala. <[https://www.tays.fi/fi-FI/Ohjeet/Sairaalahygieniaohjeisto/Valineiden_huolto_ja_sairaalasiivous/Valinehuolto\(48515\)](https://www.tays.fi/fi-FI/Ohjeet/Sairaalahygieniaohjeisto/Valineiden_huolto_ja_sairaalasiivous/Valinehuolto(48515))>. Luettu 30.9.2018.
- 46 Piuva, Jenny & Rantala, Karoliina. 2010. Aseptiikan toteutuminen lääkehoidossa. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 47 Hirvonen, Saira. 2014. Sairaanhoidaja turvallisen lääkehoidon toteuttajana. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 48 Helsingin ja uudenmaan sairaanhoitopiirin LVI-valvojat ja ylläpidon henkilöstö. 2018. Puhelinhaastattelut 8.5.2018 & 11.5.2018.
- 49 DIN EN 14366. Laboratory measurement of noise from waste water installations. 2005. Deutsches Institut für Normung.
- 50 Bismat 1000 - erikoiskannake. Verkkoaineisto. Walraven. <<https://www.walraven.com/int/products/bismat-1000-stand-pipe-clamp/>>. Luettu 10.10.2018.