

Jesse Koivula

MITOITUSMENETELMÄN VAIKUTUS  
KÄYTTÖVESIVERKOSTON RAKENTEeseen JA  
VEDENKULUTUKSEEN

Rakennustekniikan koulutusohjelma

2014

# MITOITUSMENETELMÄN VAIKUTUS KÄYTTÖVESIVERKOSTON RAKENTEeseen JA VEDENKULUTUKSEEN

Koivula, Jesse  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Tammikuu 2014  
Ohjaaja: Heinonen, Jarkko  
Sivumäärä: 39  
Liitteitä: 2

Asiasanat: mitoitus, vedenkulutus, käyttövesi

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia erilaisten putkimitoitusmenetelmien eroja, min-käläisiä tuloksia saadaan virtaamien, putkikokojen ja vedenkulutuksen osalta. Työssä tutustuttiin myös LEED sertifiointin arvostelukriteereihin sekä Ecodesign – direktiiviin. Opinnäytetyö oli osana rakennetun ympäristön strategisen huippuosaa-misen keskittymän (RYM-SHOK) sisäympäristö-tutkimusohjelmaa sekä jatkotutki-musta vuonna 2012 valmistuneelle Malla Peltosen diplomityölle.

Työssä käytettiin kolmea eri mitoitus tapaa: Suomen Rakennusmääräyskokoelma D1, eurooppalaista SFS-EN 806-3 ja saksalaista DIN 1988-300 –standardia. Tulokset suomalaisen ja eurooppalaisen mitoitus tavan välillä olivat samaa luokkaa, mutta sak-salainen standardi poikkesi edellisistä niin lähtöarvoiltaan kuin tuloksiltaan.

Mitoituksen koekohteena käytettiin Porissa sijaitsevaa asuinkerrostaloa, Diavillaa. Diavilla on kuusikerroksinen rakennus, joka sisältää 50 asuinhuoneistoa sekä yhteisiä tiloja. Rakennukseen oli suunniteltu vesilaitteisto kuparisilla vesijohdoilla Suomen Rakennusmääräyskokoelma D1 mukaan. Diavillaan suunniteltiin kaikilla kolmella mitoitus tavalla sekä kuparivesijohdot että PEX-vesijohdot, jotka poikkesivat toisis-taan myös putkistoarkkitehtuuriltaan.

# EFFECTS OF PIPE SIZING METHOD ON WATER SUPPLY SYSTEM AND WATER CONSUMPTION

Koivula, Jesse

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

January 2014

Supervisor: Heinonen, Jarkko

Number of pages: 39

Appendices: 2

Keywords: sizing, water consumption, potable water

---

The purpose of this thesis was to investigate different pipe sizing methods and what kind of results they provide with flow rate, pipe sizes and water consumption. Ecodesign and rating systems of LEED certification were also under investigation. This thesis is a part of Water Institute Wander studies and a further research of Malla Peltonen's thesis required for a diploma.

Three different methods were used: The National Building Code of Finland D1, European SFS-EN 806-3 and German DIN 1988-300 standards. Results were similar between Finland's and European standards but German made exceptions in starting values and final results.

Experimental field of dimensioning was housing block Diavilla located in Pori. Diavilla has six floors, 50 apartments and public areas. Building had been designed with copper according to The National Building Code of Finland D1. Diavilla was designed according to all three sizing methods with both copper and PEX which differ from each other also by architecture.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	MITOITUSMENETELMÄT .....	7
2.1	Suomen RakMK D1.....	7
2.1.1	Yleistä .....	7
2.1.2	Mitoitus .....	8
2.2	SFS-EN 806-3.....	9
2.2.1	Yleistä .....	9
2.2.2	Mitoitus .....	10
2.3	DIN 1988-3 .....	11
2.4	LEED .....	12
2.4.1	Uudiskiinteistöt ja saneeraukset .....	12
2.4.2	Olemassa olevat kiinteistöt.....	14
2.5	Ecodesign.....	17
2.5.1	Alustava tutkimus hanoista ja suihkuista .....	17
2.5.2	EU:n ympäristömerkki .....	18
2.5.3	The Water Label .....	19
2.5.4	Mahdollisia esteitä.....	19
2.6	Mitoitusmenetelmien vertailu .....	20
3	KÄYTTÖVERKOSTON MATERIAALIT .....	22
3.1	Kupari .....	22
3.2	PEX.....	23
4	MITOITUS KOEKOHTEESSA .....	24
4.1	Yleistä koekohteen mitoituksesta .....	24
4.2	D1.....	25
4.3	SFS-EN 806-3.....	27
4.4	DIN 1988-3 .....	28
4.5	Hydraulinen malli .....	30
4.6	Eri mitoitusmenetelmien vertailu.....	31
5	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	36
	LÄHTEET.....	39

## LIITTEET

LIITE 1 Diavilla 1. kerros, vesijohdot

LIITE 2 Diavilla 2-6. kerros, vesijohdot

## 1 JOHDANTO

Kiinteistön vesilaitteistosta on saatava riittävä määrä vettä käyttötarkoituksen mukaan, kuitenkin tietyissä energiatalouden ja ekologisuuden rajoissa. Vesi ei saa aiheuttaa haittaa tai vaaraa terveydelle. Vesilaitteisto on muutenkin suunniteltava ja asennettava rakennukseen niin, että laitteisto on tarpeeksi kestävä, käyttövarma ja sitä voidaan käyttää ilman tapaturmia tai hygieenisiiä vaaroja. (Suomen RakMK D1 2007, s. 6)

Tänä päivänä keskustellaan paljon luonnonvarojen riittävydestä ja luonnonsuojelusta. Rakennuksia pyritään rakentamaan ja ylläpitämään yhä energiatehokkaammin, mahdollisimman pienin kustannuksin sekä taloudellisesti että ympäristöllisesti. Vesi on elämälle hyvin tärkeä elementti. Tutkijoiden mukaan puhdas juomavesi saattaa loppua jo parin sukupolven kuluttua, mitä edistää ilmaston lämpeneminen, saasteet sekä veden liiallinen käyttö. Vesilaitteiston hyvällä suunnittelulla ja mitoituksella pystytään vaikuttamaan liialliseen käyttöön ja antamaan myös kuluttajalle mahdollisuus säästää vettä. (CO2-raportti 2013)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia putkimitoitustandardien kuten Suomen RakMK D1 (2007), SFS-EN 806-3 (2006) ja DIN 1988-300 (2012) sekä sertifikaattien kuten LEED vaikutuksia vedenkulutukseen, putkikokoihin ja virtaamiin. Standardien lisäksi vaikutuksia tutkitaan myös putkimateriaalien, kuparin ja muovin (PEX) osalta. Työn tavoitteena on tutkia Suomessa yleisesti käytetyn RakMK D1 energiatehokkuutta verrattuna maailmalla käytettyihin standardeihin sekä sertifikaatteihin.

Tutkimusten koekohteena käytetään kuusikerroksista asuinkerrostaloa, Diavillaa. Kesällä 2013 valmistuneessa Diavillassa on 50 asuinhuoneistoa sekä ensimmäisessä kerroksessa yhteisiä tiloja. Kohteeseen suunnitellaan ja mitoitetaan käyttövesilaitteistot Suomen RakMK D1, SFS-EN 806-3 ja DIN 1988-300 -standardien mukaan sekä kuparilla että PEX:llä.

Työssä on tarkoitus käyttää hyödyksi Malla Peltosen diplomityössä rakentamaa hydraulista mallia. Hydraulista mallia käytetään veden simulointiin kiinteistön vesilaitteistossa, miten vesi käyttäytyy verkostossa erilaisissa tilanteissa. Mallissa tarkastellaan ainoastaan kylmää vettä, mutta samat asiat ovat verrattavissa lämpimän veden käyttäytymiseen. (Peltonen 2012, s.2)

Opinnäytetyö kuuluu rakennetun ympäristön strategisen huippuosaamisen keskittymän (RYM-SHOK) sisäympäristö-tutkimusohjelmaan. Tutkimusohjelman tavoitteena on edistää tilan käyttäjien viihtyvyyttä ja terveyttä ekologisella tavalla. Painopistealueita ovat käyttäjäkeskeiset tilat sekä inspiroivien oppimisympäristöjen suunnittelu ja toteutus. (RYM Oy www-sivut 2014)

## 2 MITOITUSMENETELMÄT

### 2.1 Suomen RakMK D1

#### 2.1.1 Yleistä

Suomen rakennusmääräyskokoelman osa D1 (2007) käsittelee kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistojen määräyksiä ja ohjeita. Määräykset koskevat veden laatua, laitteistoa sekä mitoitusta ja ovat velvoittavia. Ohjeet sen sijaan sisältävät hyväksyttäviä ratkaisuja, mutta eivät ole pakollisia. Vesilaitteiston mitoituksessa on otettava huomioon, että vesikalusteesta saadaan riittävä virtaama, kuitenkin niin, että kaluste tai verkosto ei aiheuta häiritsevää melua tai paineiskuja. (Suomen RakMK D1 2007, s. 13)

Vuonna 2010 muutettiin vesimittareihin liittyvää määräystä. Aiemmin kiinteistö varustettiin yhdellä vesimittarilla, mutta muutoksen jälkeen kiinteistöihin, joissa on enemmän kuin yksi huoneisto, on asennettava päävesimittarin lisäksi myös huoneistokohtaiset vesimittarit. Huoneistokohtaisilla vesimittareilla mitataan kylmän ja läm-

pimän käyttöveden kulutusta, jota voidaan käyttää laskutuksen perusteena. (Suomen RakMK D1 2010, s. 1)

### 2.1.2 Mitoitus

D1:n mitoitus aloitetaan valitsemalla vesipisteille normivirtaamat taulukon 1 avulla. KytKentäjohdot ja jakojhdot mitoitetaan erikseen. KytKentäjohto on putki, josta vesi virtaa yhdelle vesipisteelle; jakojhdolta vesi virtaa toisille jakojhdoille ja kytKentäjohdoille. (Suomen RakMK D1 2007, s. 35)

**Taulukko 1.** Suomen RakMK D1 mitoituksessa käytettävät normivirtaamat (Suomen RakMK D1 2007, s. 35)

Vesipiste	Normivirtaama [l/s]	
	Kylmä vesi	Lämmin vesi
Astianpesuallas	0,2	0,2
Astianpesukone kotitaloudessa	0,2	(0,2)
Pesuallas	0,1	0,1
Suihku	0,2	0,2
Kylpyamme	0,3	0,3
WC-istuin	0,1	-
Pesukone kotitaloudessa	0,2	-
Pesukone talopesulassa tai vastaavassa	0,4	-
Vesiposti pientalossa, DN 15	0,2	-
Vesiposti kerrostalossa, DN 20	0,4	-
Laskuhana, tasapohja-allas	0,2	0,2
Pesuistuin	0,1	0,1
Urinaalin huuhteluventtiili	0,4	-
Urinaalin huuhteluhana	0,2	-
Ryhmäpesuallas (n kpl)	0,07 + 0,03n	0,07 + 0,03n
Sarjaan kytketyt urinaalit (n kpl)	0,14 + 0,06n	-
Ryhmäsuihku (n kpl)	0,14n	0,14n
Teollisuus ym. laitteet	Lask. erikseen	-

Jokaiselle jakojhto-osuudelle lasketaan normivirtaamien summa, jonka avulla saadaan jakojhdon mitoitusvirtaama joko yhtälöstä laskemalla, kuvaajasta tai taulukosta. Jakojhdojen putkikoot riippuvat normivirtaamien summasta ja mitoitusvirtaaman virtausnopeudesta, joka jakojhdoilla D1:n mukaan on 2 m/s. (Suomen RakMK D1 2007, s. 35)



KytKentäjohdot valitaan taulukoista normivirtaaman mukaan, kytKentäjohdon enimmäispituuden ehdoilla. KytKentäjohdon pituus vaikuttaa paineiskujen suuruuteen, kuten myös virtausnopeus sekä putkimateriaali. KytKentäjohtojen enimmäisvirtaama on yleensä alle 3 m/s. (Suomen RakMK D1 2007, s. 35)

Painehäviölaskelmilla tarkastetaan, että paineolosuhteiltaan epäedullisimmalle vesipisteelle saadaan tarkoituksen mukainen normivirtaama. Vesipisteen virtaama tulee olla 70–150 % normivirtaamasta. Paineita voidaan säätää paineenalennusventtiilin ja putkikoon suurentamisen avulla. Vesimittarin jälkeen paineen ollessa 350-500 kPa, paineenalennusventtiiliä voidaan käyttää riippuen korkeuseroista ja kalusteiden painehäviöistä. Jos paine vesimittarin jälkeen on enemmän kuin 500 kPa käytetään paineenalennusventtiiliä. (Suomen RakMK D1 2007, s. 34-35)

Lämpimän veden kiertojohto mitoitetaan virtausnopeuksien mukaan. Kun putkessa on jatkuva virtaus, sen suurin sallittu nopeus on 1,0 m/s. Kiertojohdon mitoitusarvona käytetään 0,5 m/s. (Suomen RakMK D1 2007, s. 43)

## 2.2 SFS-EN 806-3

### 2.2.1 Yleistä

SFS-EN 806-3 on eurooppalainen vuonna 2006 hyväksytty standardi, joka on vahvistettu suomalaiseksi kansalliseksi standardiksi. SFS-EN 806-3 sisältää rakennusten sisäpuolisten talousvesijärjestelmien mitoitusohjeet. Mitoitusmenetelmä soveltuu vain standardiasennuksiin, joissa mitoitus- ja normivirtaamat pysyvät standardin mukaisina arvoina. (SFS-EN 806-3 2006, s. 5)

Menetelmää ei voida käyttää vesikalusteiden kohdalla, jotka käyttävät vettä yhtäjaksoisesti yli 15 minuuttia. SFS-EN 806-3 ei sovellu myöskään lämpimän käyttöveden kiertojohdon mitoitukseen, vaan kiertojohto pitää mitoittaa kansallisen standardin tai valmistajan suosituksen mukaan. (SFS-EN 806-3 2006, s. 6-7)

Suunnittelija voi valita käyttääkö mitoituksessa eurooppalaista SFS-EN 806-3 standardia tai jotain kansallisesti hyväksyttyä mitoitusohjetta – Suomen tapauksessa vaihtoehtona olisi Suomen RakMK D1. (SFS-EN 806-3 2006, s. 6)

**Taulukko 2.** SFS-EN 806-3:n tavallisimmat vesipisteiden normivirtaamat. (SFS-EN 806-3 2006, s. 6)

	SFS-EN 806-3	
	$q_n$ [l/s]	$q_{min}$ [l/s]
<b>Vesipiste</b>		
Pesuallas, pesuistuin	0,1	0,1
Astianpesuallas**, suihku	0,2	0,15
Astianpesukone**, pesukone**	0,2	0,15
Kylpyamme	0,4	0,3
WC-istuin	0,1	0,1
Urinaali huuhteluventtiili	0,3	0,15
* $q_{min} = 0,7q_n$ **kotitaloudessa		

### 2.2.2 Mitoitus

Suurin sallittu staattinen paine vesipisteellä on 500 kPa, mutta kalusteella dynaamisen paineen pitää olla vähintään 100 kPa. Mitoitus aloitetaan viimeiseltä vesikalusteelta vesimittarilta katsottuna – sekä jakojohdot että kytkentäjohdot mitoitetaan samalla tavalla. Jokaiselle putkiosuudelle lasketaan normivirtaamien summa, jonka avulla voidaan määrittää putkikoko kyseiselle osuudelle suoraan taulukosta – jokaiselle materiaalille on oma taulukko. Taulukossa 2 on esitetty tavallisimpien vesipisteiden normivirtaamat ja minimivirtaamat. Taulukoiden 3 ja 4 arvot ovat määriteltä, kun virtausnopeudet ovat jakojohdoilla 2,0 m/s ja kytkentäjohdoilla 4,0 m/s. (SFS-EN 806-3 2006, s. 5-7)

**Taulukko 3.** Kuparisten vesijohtojen mitoitusaulukko (SFS-EN 806-3 2006, s. 7)

<b>Normivirtaamien summa</b>	<b>l/s</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>	<b>1,0</b>	<b>2,0</b>	<b>5,0</b>
Suurin normivirtaama	l/s			2			4	5	8	
<b>Putken ulkohalkaisija</b>	<b>mm</b>	<b>12</b>			<b>15</b>			<b>18</b>	<b>22</b>	<b>28</b>
Putken sisähalkaisija	mm	10			13			16	20	25
Putken maksimipituus	m	20	7	5	15	9	7			

**Taulukko 4.** PEX-vesijohtojen mitoitus-taulukko (SFS-EN 806-3 2006, s. 7)

<b>Normivirtaamien summa</b>	<b>l/s</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,8</b>	<b>1,6</b>	<b>3,5</b>	<b>10,0</b>
Suurin normivirtaama	l/s					4	5	8		
<b>Putken ulkohalkaisija</b>	<b>mm</b>	<b>12</b>		<b>16</b>			<b>20</b>	<b>25</b>	<b>32</b>	<b>40</b>
Putken sisähalkaisija	mm	8,4		11,6			14,4	18,0	23,2	29
Putken maksimipituus	m	13	4	9	5	4				

Taulukoiden 3 ja 4 avulla voidaan mitoittaa standardiasennusten putkikoot. Erikois-asennuksissa, jotka eivät täytä standardiasennusten vaatimuksia, on käytettävä kansallisesti hyväksytyjä ohjeita. (SFS-EN 806-3 2006, s. 8)

### 2.3 DIN 1988-3

DIN 1988-300 on saksalainen standardi, jonka avulla voidaan mitoittaa käyttö-vesijohdot rakennukseen. KytKentäjohtojen putkikoot saadaan suoraan taulukosta 5. Jakojohtojen mitoitus aloitetaan laskemalla normivirtaamien summat taulukosta 5 ja niiden avulla mitoitusvirtaamat eri putkiosuuksille. Tämän jälkeen valitaan vesimittarilta virtausreitti epäedullisimmalle kalusteelle. Tälle reitille lasketaan suurin mahdollinen painehäviö, jota käytetään putkikoon määrittämisessä. (DIN 1988-300 2012, s.14)

**Taulukko 5.** Kalusteiden normivirtaamat (DIN 1988-300 2012, s.16)

<b>Vesipiste</b>	<b>DN</b>	<b>Vähimmäispaine [MPa]</b>	<b>Normivirtaama [l/s]</b>
Suihku	15	0,10	0,15
Kylpyamme	15	0,10	0,15
Tiskiallas	15	0,10	0,07
Pesuallas	15	0,10	0,07
Bidee-hana	15	0,10	0,07
Pesukone	15	0,05	0,15
Astianpesukone	15	0,05	0,07
WC-täyttöventtiili	15	0,05	0,13
Urinaali huuhteluventtiili (manuaalinen)	15	0,10	0,30
Urinaali huuhteluventtiili (elektroninen)	15	0,10	0,30
WC huuhteluventtiili	20	0,12	1,00

Taulukossa 6 on esitetty eri putkiosuuksien suurimmat laskennalliset virtausnopeudet, joita ei saa ylittää, kun lasketaan jakojohdojen putkikokoja.

**Taulukko 6.** Suurin laskennallinen virtausnopeus (DIN 1988-300 2012, s.23)

Johto-osuus	Suurin laskennallinen virtausnopeus	
	< 15 min	≥ 15 min
Tonttivesijohto	2	2
Johto-osuus, jossa yksittäinen kertavastus $\zeta < 2,5$ *	5	2
Johto-osuus, jossa yksittäinen kertavastus $\zeta \geq 2,5$ **	2,5	2
*esim. palloventtiili **esim. istukkaventtiili		

## 2.4 LEED

Leadership in Energy and Environmental Design eli LEED on yhdysvaltalainen sertifiointijärjestelmä, joka määrittelee rakennusten ympäristöystävällisyyttä. Järjestelmä on suunniteltu luokittelemaan uudisrakennuskohteita sekä jo olemassa olevia rakennuksia, kuten laitoksia, liike- ja asuinrakennuksia. Ympäristöystävällisyyteen vaikuttaa maankäyttö, veden käyttö, energia ja ilmakehä, materiaalit ja kierrätys sekä sisäympäristön laatu. Tässä opinnäytetyössä keskitytään veden käytön luokitukseen. (LEED 2009 A, s. xi-xii)

### 2.4.1 Uudiskiinteistöt ja saneeraukset

Uudisrakennus- sekä saneerauskohteissa veden käytön tehokkuudesta voi saada pisteitä kolmessa eri kategoriassa: vettä säästävä kastelu (max 4 pistettä), tehokkaan jätevesiteknologian käyttö (2 pistettä) ja vedenkäytön vähentäminen (max 4 pistettä). Edellytys näille kaikille on kuitenkin se, että veden käytön pitää laskea 20 % perustasosta. Taulukossa 5 on esitetty perustason vedenkulutus julkisissa rakennuksissa ja asuinrakennusten taulukossa 6. (LEED 2009 A, s. 23)

**Taulukko 5.** Perustason vedenkulutus julkisissa rakennuksissa (LEED 2009 A, s. 23)

Kaluste	Perustaso	Yksikkö
WC-istuin	6,1	l/huuhtelu
Urinaali	3,8	l/huuhtelu
Pesuallas*	0,14** 0,03***	l/s
Keittiön esihuuhtelusuihku	0,10	l/s
* Verkoston paineen ollessa 414 kPa ** Yksityisissä tiloissa, kuten hotellihuoneessa tai sairaalan potilashuoneessa. *** Muissa kuin yksityisissä tiloissa		

**Taulukko 6.** Perustason veden kulutus asuinrakennuksissa (LEED 2009 A, s. 23)

Kaluste	Perustaso	Yksikkö
WC-istuin	6,1	l/huuhtelu
Pesuallas*	0,14	l/s
Astianpesuallas*		
Suihku**	0,16	l/s
* Verkoston paineen ollessa 414 kPa **Verkoston paineen ollessa 552 kPa		

Ensimmäinen tavoite on rajoittaa tai eliminoida talousveden käyttö maan kasteluun – pisteitä on mahdollista saada kaksi tai neljä. Kun talousveden käyttöä kasteluun on vähennetty 50 %, saa kaksi pistettä; jos talousvettä ei käytetä lainkaan saa neljä pistettä. Keinoina vähentämiseen on kastella tehokkaammin, käyttämällä kerättyä sadevettä, kierrättää harmaata jätevettä tai julkisen laitoksen käsittelemää, talousvedeksi kelpaamatonta, vettä kastelutarkoituksiin. Toinen vaihtoehto on vähentää kastelua vaativaa kasvillisuutta tai rakentaa sellainen ympäristö, joka ei tarvitse pysyvää kastelujärjestelmää. Väliaikaiset kastelujärjestelmät ovat sallittuja, kun ne poistetaan vuoden sisällä asennuksesta. (LEED 2009 A, s. 25-26)

Toinen tavoite keskittyy jäteveden tuoton sekä käyttöveden tarpeen vähentämiseen ja samalla kasvattaa paikallisten pohjavesialueiden palautumista. Kaksi pistettä saa, kun vähentää jäteveden määrää 50 %:lla käyttämällä vettä säästäviä kalusteita, keräämällä sadevettä, kierrättämällä harmaata tai käsiteltyä jätevettä. Toisena keinona on käsitellä 50 % jätevedestä itse ja imeyttää tai käyttää käsitelty vesi tontilla. Ekologiset ja kuivat kalusteet, kuten kompostoivat vessat ja vedettömät urinaalit ovat hyviä valintoja LEED:n kannalta. (LEED 2009 A, s. 27)

Kolmas ja viimeinen tavoite on veden käytön vähentäminen. Mitä enemmän vähentää kulutusta sitä enemmän saa pisteitä – taulukossa 7 on esitelty vähennysvaatimukset pisteineen. Tähän krediittiin ei vaikuta enää ensimmäisessä krediitissä laskettu kastelu. (LEED 2009 A, s. 28-29)

**Taulukko 7.** Veden käytön vähennysten pisterajat (LEED 2009 A, s. 28)

Prosentuaalinen vähennys	Pisteet
30 %	2
35 %	3
40 %	4

#### 2.4.2 Olemassa olevat kiinteistöt

Olemassa oleville kiinteistöille tarkoitettu luokitusjärjestelmä eroaa uudiskiinteistöjen ja saneerausten pisteenlaskutavalta, maksimipistemäärältä sekä vaatimuksilta. Veden käytön tehokkuudesta olemassa oleva kiinteistö voi saada yhteensä 14 pistettä: kaksi pistettä veden käytön mittaamisesta, viisi pistettä vaihtoehtoisten kalusteiden käytöstä, viisi pistettä vettä säästävistä kastelusta ja kaksi pistettä jäähdytystornien veden hallinnasta. Olemassa olevien kiinteistöjen perustasot ovat eriarvoiset kuin uudis- ja saneerauskohteissa. Taulukon 8 vertailuarvoista voidaan laskea olemassa olevan kiinteistön perustaso. Vaatimus pisteiden saannille on veden käytön vähentäminen perustasoon tai sen alapuolelle. Kun kiinteistön putkistot on asennettu ennen vuotta 1994, perustaso on 160 % vertailuarvosta; kun putkistot on asennettu vuonna 1994 tai sen jälkeen, perustaso on 120 %. (LEED 2009 B, s. 15)

**Taulukko 8.** Veden kulutuksen vertailuarvot (LEED 2009 B, s. 16)

Kaluste	Yksikkö	Eurooppalainen standardi	Well standardi
WC-istuin	l/huuhtelu	6	4-5
Urinaali	l/huuhtelu	4	1
Suihku	l/s	0,17	0,08-0,15
Julkinen pesuallas	l/s	0,03	
Pesuallas	l/s	0,15	0,07-0,10
Astianpesuallas	l/s	0,15	
Verkostoon paineen ollessa 3 bar. Veden käytön vaatimukset taulukossa ovat seuraavista standardeista: EN 997:2012; EN 1112:1998; EN 246:2003; EN 200:2008; ja EN 817:2008.			

Veden käyttäytymistä mittaamalla voidaan ymmärtää kulutuksen mallia ja tunnistaa lisää mahdollisuuksia säästää vettä. Ensimmäisessä tavoitteessa yhden pisteen saa, kun kiinteistöön on asennettu pysyvät laitteet, joilla voidaan mitata kokonaisvedenkulutusta. Mittausten tulokset on tallennettava säännöllisin väliajoin sekä koottava kuukausittaisiksi ja vuotuisiksi yhteenvedoiksi. Suositeltavaa olisi asentaa mittarit myös kierrätetyn veden laskemiseksi.

Kaksi pistettä on mahdollista saada, jos edellä mainitun lisäksi mittaa erikseen jonkin yksittäisen kokonaisuuden (vähintään 80 %), kuten kastelujärjestelmän, sisäpuolisten kalusteiden, jäähdytystornin, lämpimän käyttöveden tai muun järjestelmän veden kulutusta. Muut mittauskohteet voivat olla esimerkiksi astianpesukoneet, pesukoneet, uima-altaat tai ilmastointijärjestelmät. Mittaamisen pitää olla jatkuvaa ja tieto pitää kirjata ylös, jotta kehitystä voidaan analysoida. Mittaustulosten oikeellisuuden varmistamiseksi mittarit on kalibroitava tietyin väliajoin valmistajan suosituksen mukaan. (LEED 2009 B, s. 17)

Käyttöveden kulutusta sekä vedenjakelu- ja jätevesijärjestelmien kuormitusta vähentääksemme on maksimoitava vesikalusteiden tehokkuutta. Toinen tavoite onkin kalustevalinnoilla ja ominaisuuksilla veden käytön vähentäminen perustasosta, taulukko 9. Parhaat tulokset veden säästämisessä saadaan, kun kalusteiksi valitaan automaattisia, vettä säästäviä kalusteita, jotka täyttävät taulukon 8 kalustevaatimukset. (LEED 2009 B, s. 18)

**Taulukko 9.** Kalusteilla aikaansaadut prosentuaaliset vähennykset pisteineen (LEED 2009 for Existing Buildings Operations and Maintenance Rating System, s. 18)

Prosentuaalinen vähennys	Pisteet
10 %	1
20 %	2
30 %	3
40 %	4
50 %	5

Kolmas tavoite on vähentää vedenkulutusta ympäristön kasteluun. Jos kiinteistöllä ei ole erillistä kulutusmittaria kastelujärjestelmille, voidaan saavutetut vedenkäytön säästöt todeta laskutoimenpitein. Prosentuaaliset minimivedensäästöt pisteille ovat esitelty taulukossa 10. (LEED 2009 B, s. 19)

**Taulukko 10.** Kastelun prosentuaaliset vähennykset pisteineen (LEED 2009 B, s. 19)

Prosentuaalinen vähennys	Pisteet
50 %	1
62,5 %	2
75 %	3
87,5 %	4
100 %	5

Kiinteistöissä, joissa ei ole kastelulle välttämätöntä maaperää tai kasvillisuutta, pisteet voi ansaita myös vähentämällä talousveden käyttöä puutarhoissa tai muissa istutuksissa. Kastelua tarvitsevan alueen koko pitää olla vähintään 5 % kiinteistön kokotontin pinta-alasta. Jos alue on kuitenkin pienempi kuin 5 %, kiinteistö ei ole oikeutettu pisteisiin tässä kohdassa. Ensimmäinen vaihtoehto on verrata todellista mitattua kulutusta laskettuun arvoon, jonka perustana on käytetty keskikesän tai kulutukseltaan suurimman kuukauden vertailuarvoa.

Toinen vaihtoehto on laskea arvioitu kasteluvedenkulutus käyttämällä keskikesän tai kuukauden, jonka kastelutarve on suurin, vertailuarvoa ja verrata sitä arvioituun kulutukseen. Arvioitu kulutus saadaan määrittelemällä alue (the landscape area) ja jakamalla se osiin (vegetation types) – jokainen osa määritellään kasvien lajin, tiheyden ja pienilmaston mukaan, mistä voidaan laskea suunnitteluarvo kasteluun käytettävän veden kulutukselle.

Jos kastelujärjestelmä on itsenäinen ja saatavilla on paikalliset, alueelliset tai kansalliset arvostelu keinot, kolmas vaihtoehto on käyttää niitä havainnollistamaan veden säästämistä. (LEED 2009 B, s. 19-20)

Neljäs tavoite käsittelee jäähdytystornien veden hallintaa. Kehittämällä ja toteuttamalla vedenhallintasuunnitelmaa jäähdytystornille tai muulle lauhduttimelle, voi saada yhden pisteen. Tehokkuutta voi parantaa asentamalla mittareita ja automaattisia ohjaimia, jotka säätävät laitteita ja pitävät pitoisuudet oikeanlaisina koko ajan.

Yhden pisteen saa jos käyttää vettä, joka koostuu vähintään 50 % jostain muusta kuin talousvedestä. Muita lähteitä voi olla esimerkiksi sadevesi, tulvavesi tai mikä tahansa sopiva tontin vedenlähde, joka ei ole luonnollisesti esiintyvää pohja- tai pintavettä. Järjestelmään on asennettava mittarit, jotta tiedetään paljonko vettä kuluu – mittarit on kalibroitava säännöllisesti.



Jäähdytystornin veden hallinnasta saa yhden pisteen ja kun jäähdytyksessä käyttää yli 50 % muuta kuin talousvettä saa yhden pisteen. Yhteispistemäärä neljännessä tavoitteessa on kaksi pistettä. (LEED 2009 B, s. 21)

## 2.5 Ecodesign

Ecodesign eli ekosuunnittelu pohjautuu Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviin 2009/125/EC. Ecodesign-direktiivi sisältää vaatimuksia ja asetuksia energiaan liittyville tuotteille.

Direktiivin tavoitteena on vähentää ympäristövaikutuksia ja lisätä energiasäästöjä. Energiaa käyttävien tuotteiden lisäksi välillisesti energiaan vaikuttavat tuotteet, kuten ikkunat, eristemateriaalit ja muutamat vedenkäyttöön liittyvät tuotteet kuten suihkusuuttimet ja hanat, voisivat myös tuoda energiansäästöjä. (2009/125/EY, s.1)

### 2.5.1 Alustava tutkimus hanoista ja suihkuista

Euroopan komission yhteinen tutkimuskeskus (The Joint Research Centre) on julkaissut (4.10.13) alustavan tutkimuksen hanoista ja suihkuista. Tutkimus osoittaa, että tuoteryhmän mahdolliset energiasäästöt ovat huomattavia ja olisivat toteutettavissa olemassa olevilla tekniikoilla. Ecodesign-direktiivin sisältämien vaatimusten käyttöönotto mahdollistaisi Energiategokkuussuunnitelman 2011 (Euroopan komission tiedonanto) sekä Energia 2020 (Strategia kilpailukykyisen, kestävän ja varman energiasaannin turvaamiseksi) tavoitteen saavuttamisen, primaarienergian kulutuksen vähentäminen 20 %:lla vuoteen 2020 mennessä. (MEErP Preparatory Study on Taps and Showers 2013, s.1)

JRC:n tekemän tutkimuksen tärkeimmät testit ja standardit liittyvät useimmiten toiminnallisuuteen, turvallisuuteen sekä meluun ja ovat ryhmitelty kolmeen eri tasoon: kansainväliset ja Euroopan yhteisön standardit, jäsenvaltioiden standardit sekä yhteisön ulkopuoliset standardit. (MEErP Preparatory Study on Taps and Showers 2013, s.11)

Euroopan standardointi komiteassa on kolme teknistä komiteaa, jotka käsittelevät saniteettilaitteita (TC 163), veden jakelua (TC 164) ja jäteveden käsittelyä (TC 165). Jokainen komitea koostuu työryhmistä, jotka ovat vastuussa heille kuuluvista testeistä. Yksi tärkeimmistä eurooppalaisista standardeista hanoille on EN 200:2008, joka koskee hanojen käyttöä vessoissa, kylpyhuoneissa ja keittiöissä. Jäsenvaltioiden standardien tasolla tietoa kerätään testeistä ja tuote standardeista eri jäsenvaltioista. Kolmannella tasolla tietoa kerätään vastaavasti kuin edellisessä, mutta jäsenvaltioiden ulkopuolelta. (MEErP Preparatory Study on Taps and Showers 2013, s.11)

Hanoja ja suihkuja koskeva lainsäädäntö on myös jaettu kolmelle eri tasolle: Euroopan yhteisön tason, jäsenvaltion tason ja yhteisön ulkopuolisen tason lainsäädäntöihin. Tällä hetkellä ei ole pakottavaa lainsäädäntöä Euroopan yhteisön tasolla, joka koskisi hanoja ja suihkuja. Kuitenkin energiamerkintöjä ja ekosuunnittelu toimenpiteitä on muille veteen liittyville tuotteille. (MEErP Preparatory Study on Taps and Showers 2013, s.19)

### 2.5.2 EU:n ympäristömerkki

Hanoja ja suihkuja koskeva pakollinen lainsäädäntö ei ole yleisesti käytössä EU-maissa. Tyypillisimpiä muotoja vapaaehtoisista säännöistä ovat ekomerkinnot, jotka tuovat arvostusta tuotteelle sekä tuotteita käyttäville kiinteistöille. Muualla maailmassa menetellään käytännössä samalla tavoin kuin Euroopassakin, muutamia maita lukuun ottamatta.

EU:n ympäristömerkin myöntämisen arviointiperusteina ovat vedenkulutus ja siihen liittyvä energiansäästö; materiaalit, jotka joutuvat kosketuksiin juomaveden kanssa; kielletyt tai rajoitetut aineet ja seokset; tuotteen laatu ja kestoikä; pakkaus; käyttäjätiedot; EU-ympäristömerkissä olevat tiedot. Tuotteen tulee täyttää kaikki oikeudelliset vaatimukset niissä maissa, joihin tuote on suunnattu. (MEErP Preparatory Study on Taps and Showers 2013, s.19-20)

**Taulukko 11.** EU:n ympäristömerkin mukaiset kalusteiden virtaamat.

Kaluste		Suurin virtaama [l/min]	Pienin virtaama [l/min]
Keittiöhanat	ei virtausrajoitinta	6,0	2,0
	virtausrajoitin*	8,0	
Allashanat	ei virtausrajoitinta	6,0	2,0
	virtausrajoitin*	8,0	
Suihkupäät ja suihkut		8,0	4,5
Sähkö- ja pienpainesuihkut**		-	3,0
*Rajoittimien oletusarvo on oltava enintään 6 l/min			
**Toimivat yleensä 0,1-0,5 baarin paineessa			

Kalusteiden on täytettävä taulukossa 11 mainitut virtaamat. Lämpötilan on oltava käyttäjän säädeltävissä. Kalusteiden, jotka ovat varustettu tunnistimilla, pisin ennalta asetettu toiminta-aika on hanoilla 15 sekuntia ja suihkuilla 35 sekuntia. Käytön jälkeisen vedentulon sulkemisaika hanoilla on yksi sekunti ja suihkuilla kolme sekuntia. Tunnistimilla toimivien hanojen toiminta-aika on käyttäjän säädettävissä, mutta toiminta-aika on turvallisuussyistä korkeintaan kaksi minuuttia. (MEErP Preparatory Study on Taps and Showers 2013, s.20)

### 2.5.3 The Water Label

The Water Label, eurooppalainen vesimerkki on veden käytön tehokkuuden mittari, joka määräytyy suoraan tuotteen virtaaman mukaan viidessä eri luokassa: 0-6 l/min, 6-8 l/min, 8-10 l/min, 10-13 l/min ja >13 l/min. (MEErP Preparatory Study on Taps and Showers 2013, s.221)

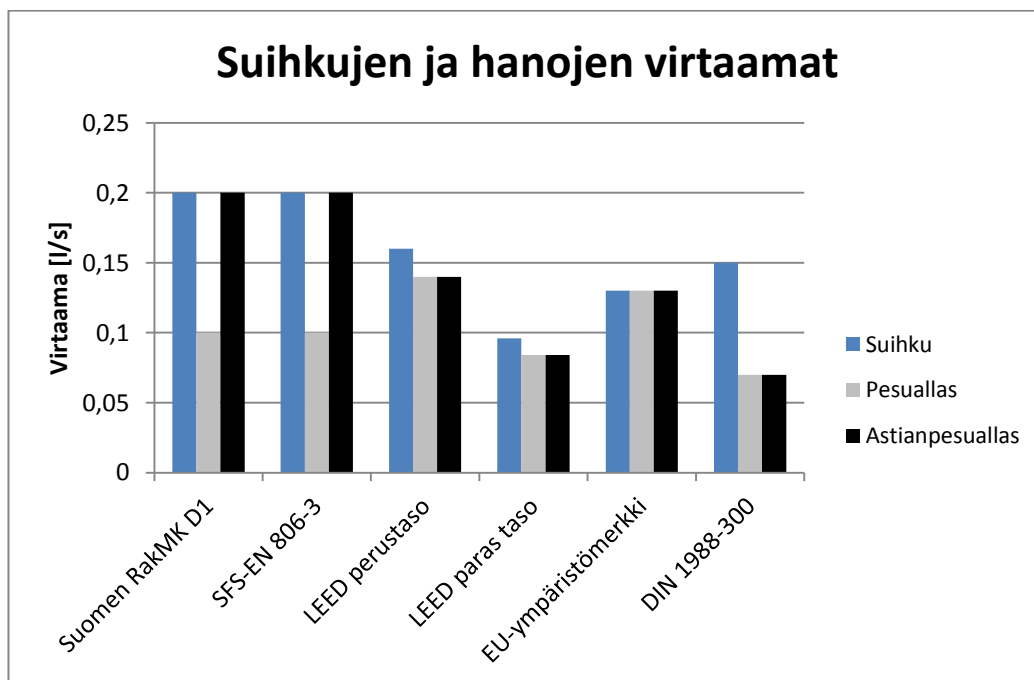
### 2.5.4 Mahdollisia esteitä

Hyväksynyt ovat pienten ja keskikokoisten yritysten markkinoille pääsyn esteenä – niiden pitäisi olla sopuoinnussa muiden maiden välillä. Merkintöjen ja sertifikaattien laaja valikoima tuo niin teknisiä kuin taloudellisiakin vaikeuksia tuotevalmistajille. Juomaveden kosketuksissa olevien materiaalien hyväksyntä poikkeaa EU-maiden välillä, mikä tuo esteitä kaupalle. Suomen virtausvaatimukset eroavat verrattuna

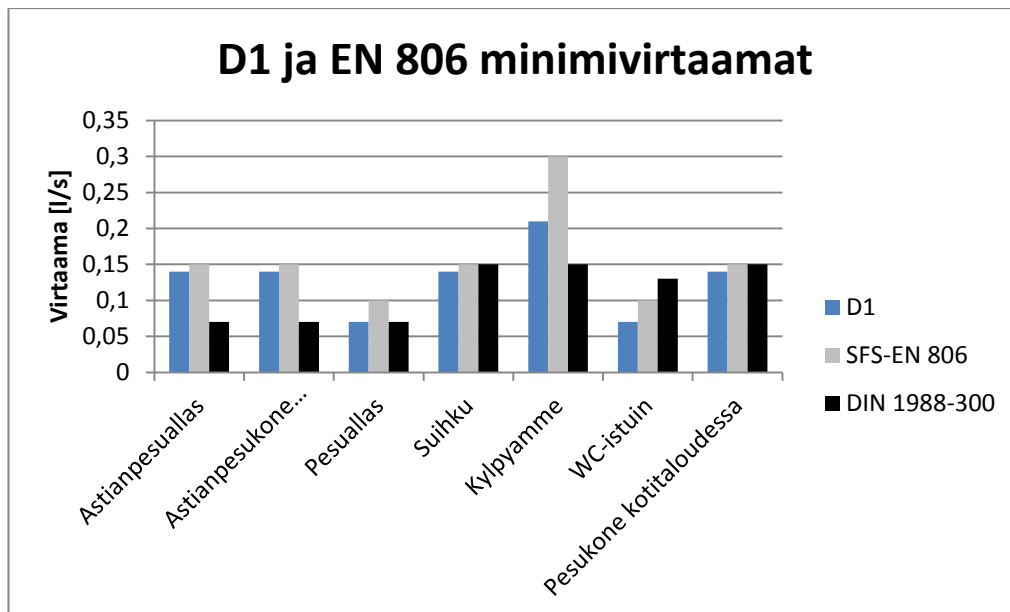
muualle Eurooppaan, mikä saattaa aiheuttaa lisä kuormituksia sekä kustannuksia. (MEErP Preparatory Study on Taps and Showers 2013, s.24)

## 2.6 Mitoitusmenetelmien vertailu

Suomen RakMK D1 ja SFS-EN 806-3 antamat normivirtaamat vastaavat suurimmilta osin toisiaan muutamia kalusteita lukuun ottamatta, kuten kuvasta 1 ilmenee. DIN 1988-300 standardin normivirtaamat ovat ylivoimaisesti tiukimmat verrattuna Suomen RakMK D1:n ja SFS-EN 806-3:n vaatimuksiin. Näiden kolmen standardien normivirtaamista ainoastaan pesuallashana täyttää LEED:n ja EU-ympäristömerkin asettamat perustasot. DIN 1988-300 normivirtaamat ovat kaikki LEED:n perustasoa pienemmät, myös pesuallashanan ja astianpesuallashanan virtaamat ovat EU-ympäristömerkin hyväksynnän puolella.



Kuva 1. Suihkujen ja hanojen virtaamat



Kuva 2. D1 ja EN 806 minimivirtaamat verrattuna DIN 1988-300 normivirtaamiin

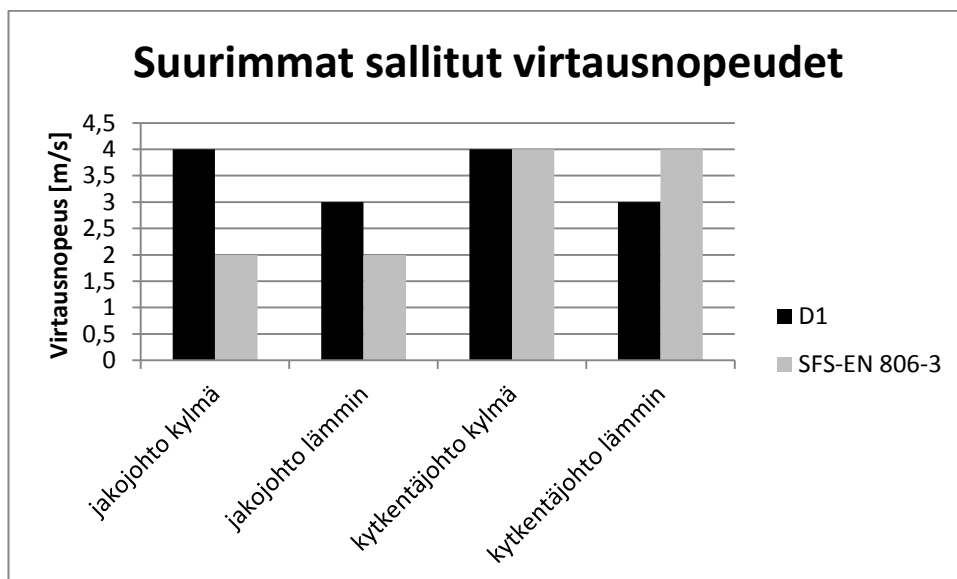
Kun tarkastellaan standardien D1 sekä EN 806 minimivirtaamia kuvassa 2, päästään lähelle DIN 1988-300 normivirtaamia, astianpesuallashanaa, astianpesukonetta ja kylpyammetta lukuun ottamatta. Kuitenkin niiden kalusteiden minimivirtaamat Suomen RakMK D1:ssä ovat jopa alle DIN 1988-300 normivirtaamien, joita keski-verta suomalainen käyttää eniten, kuva 3.



Kuva 3. Vuorokauden vedenkulutuksen jakaantuminen (Motivan www-sivut 2013)

Suomen RakMK D1 mukaan vesijohtoja mitoittaessa käytetään yleensä virtausnopeutena jakojohdoilla 2 m/s ja kytkentäjohdoilla 3 m/s. D1:n suurimmat virtausnopeudet syöpymisen kannalta ovat kuitenkin kylmillä johdoilla hieman suuremmat. Suomen mitoitusohjeiden mukaiset arvot ovat jakojohdoilla samat ja kytkentäjoh-

doilla hieman pienemmät, kuin eurooppalaisten ohjeiden virtausnopeudet. Kuva 4 havainnollistaa virtausnopeuseroja Suomen RakMK D1 ja SFS-EN 806-3 välillä.



Kuva 4. Suomen RakMK D1:n ja SFS-EN 806-3:n suurimmat sallitut virtausnopeudet

### 3 KÄYTTÖVERKOSTON MATERIAALIT

Putkimateriaaleina vesilaitteistossa käytetään sekä metallia että muovia. Metallina yleisimmin käytetty materiaali on kupari tai ruostumaton teräs. Muovimateriaaleista käytetyimmät ovat PE, PE-X, PP sekä monikerrospotket. Putken materiaali vaikuttaa veden käyttäytymisen lisäksi myös vesilaitteiston rakenteeseen.

#### 3.1 Kupari

Kupari on materiaali, jota vesijohdoissa on käytetty jo noin sadan vuoden verran. Tänä päivänä kupari on käytetyimpiä materiaaleja niin kylmän kuin lämpimän käyttöveden putkistoissa Euroopassa, Pohjois-Amerikassa ja Japanissa. Kuparia on helppo käsitellä ja se on kestävä. Kupari on antimikrobinen aine. (Kuparin www-sivut 2013)

Tässä työssä mitoitettaessa kupariputkilla vesijohtolaitteistoa, käytetään perinteistä putkistomallia, jossa putket jaetaan haaroittamalla. Kupariset kytkentäjohdot valitaan taulukosta 12 normivirtaaman ja enimmäispituuden ehdoilla.

**Taulukko 12.** Kuparisten kytkentäjohtojen putkikoon valintataulukko (D1)

Normivirtaama [l/s]	Putkikoko $d_u \times e$	Virtausnopeus [m/s]	Painehäviö [kPa/m]	Kytkenäjohtoon enimmäispituus [m]
0,1	10 x 0,8	1,8	9,7	1
	12 x 1,0	1,3	3,9	3
	15 x 1,0	0,8	1,0	>10
0,2	12 x 1,0	2,6	14,9	2
	15 x 1,0	1,5	3,8	5
0,3	15 x 1,0	2,3	8,3	3
	18 x 1,0	1,5	2,8	5
0,4	18 x 1,0	2,0	4,9	4
	22 x 1,0	1,3	1,5	10

### 3.2 PEX

PEX, ristosilloitettu polyeteeni, on käyttövesijärjestelmissä ja lämmitysjärjestelmissä käytetty materiaali. PEX –putkiin ei tule korroosioaurioita, niissä ei esiinny sakaantumisia ja kerrostumien muodostumisriski on vähäinen, mikä turvaa käyttöveden raikkauten ja puhtauden. Mitoituksen kannalta tärkeä tekijä on PEX:in alhainen painehäviö – PEX myös kestää suuria virtausnopeuksia. Rakenteeseen tulevat putket sijoitetaan suojaputken sisälle, jotta mahdollinen vuoto ei pääse rakenteisiin. (PEX-putket 2008, s.17)

Tässä työssä mitoitettaessa muoviputkilla vesijohtolaitteistoa, käytetään jakotukijärjestelmää, jossa jakojohdo viedään jakotukille, josta kytkentäjohdot lähtevät kalusteille. Muovisten kytkentäjohtojen taulukosta 13 valitaan putkikoot normivirtaaman ja enimmäispituuden ehdoilla.

**Taulukko 13.** Muovisten kytkentäjohtojen sisähalkaisijan valintataulukko (D1)

Normivirtaama [l/s]	Putkikoko $d_s$	Virtausnopeus [m/s]	Painehäviö [kPa/m]	Kytkeäjäjohtojen enimmäispituus [m]
0,1	10	1,3	2,6	15
	12*	0,9	1,1	15
0,2	10	2,6	8,8	12
	12*	1,8	3,7	12
	13	1,5	2,5	20
0,3	10	3,8	18,2	10
	12*	2,7	7,5	10
	13	2,3	5,1	15
0,4	13	3,0	8,6	10
	16*	2,0	3,2	10
	20*	1,3	1,1	15
	20	1,3	1,1	20

\*Monikerrospotki

Suomen RakMK D1 Kuparisten ja muovisten kytkentäjohtojen valintataulukoita vertaamalla, huomataan putkikokojen pysyvän pienempinä normivirtaaman kasvaessa. Merkittävin ero kuitenkin löytyy viimeisestä sarakkeesta: kytkentäjohtojen enimmäispituus voi olla muovilla merkittävästi paljon suurempi kuin kuparilla.

## 4 MITOITUS KOEKOHTEESSA

### 4.1 Yleistä koeohteen mitoituksesta

Diavilla on kesällä 2013 valmistunut asuinkerrostalo. Talossa on 6 kerrosta ja 50 vuokra-asuntoa, kymmenen kussakin viidessä ylimmässä kerroksessa. Diavilla on koeohteena tässä opinnäytetyössä. Rakennuksen vesijohdot mitoitetaan käyttäen Suomen RakMK D1, SFS-EN 806 ja DIN 1988-300 standardeja.

Asuinkerrostalo Diavillaan mitoitettiin kylmävesiputket oletetusti epäedullisimmalle vesipisteelle, kuudennen kerroksen viimeisen asuinhuoneiston suihkulle. Ainoastaan Suomen RakMK D1 vaatimusten mukaisesti, kylmävesijohdot mitoitettiin myös edullisimmalle vesipisteelle, painehäviötarkasteluiden vuoksi. Painetaso päävesimitarin jälkeen oli 375 kPa.



Vesijohdot mitoitettiin kaikkien kolmen mitoitustavan mukaan sekä kuparilla että muovilla, PEX:illä. Arkkitehtuuriltaan kuparijohdot suunniteltiin perinteisesti haaroittamalla ja PEX-putket huoneistokohtaisin jakotukein. Kaikissa Diavillan 50 asunnosta on wc-istuin, pesuallas, suihku sekä astianpesuallas. Kahdessa viidennen ja kahdessa kolmannen kerroksen asunnossa on lisäksi vesipisteet astianpesukoneelle sekä pesukoneelle.

#### 4.2 D1

Mitoittaminen aloitettiin tutuimmasta standardista, Suomen Rakennusmääräyskoelman osasta D1 (2007). Aluksi laskettiin normivirtaamien summat kullekin jakojohdo- osuudelle. Normivirtaamien summan avulla määriteltiin mitoitusvirtaamat taulukon 2 (Suomen RakMK D1 2007, s.37) mukaan. Taulukon arvot perustuvat jakojohdon mitoitusvirtaaman kaavaan 1:

$$q = q_{N1} + \theta(q_m - q_{N1})^{0,5}(Q - q_{N1})^{0,5} \quad (1)$$

jossa

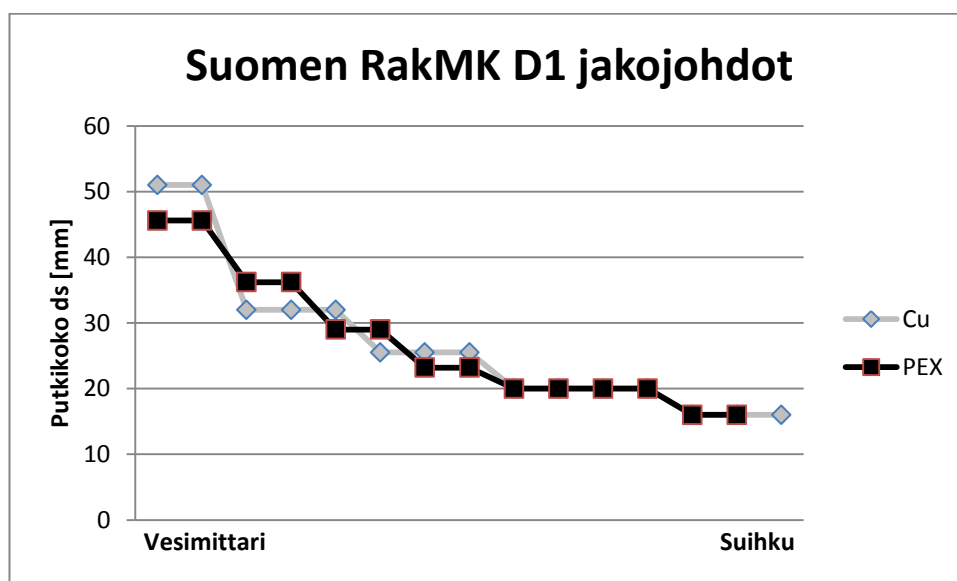
$q$	on mitoitusvirtaama ( $\text{dm}^3/\text{s}$ )
$q_{N1}$	suurin normivirtaama mitoitettavassa putkessa ( $\text{dm}^3/\text{s}$ )
$q_m$	kyseessä olevan venttiilin keskimääräinen virtaama ( $\text{dm}^3/\text{s}$ )
$\theta$	todennäköisyys, että normivirtaama $q_{N1}$ on vesikalusteella käytössä huippukulutuksen aikana
$Q$	liitettyjen vesipisteiden normivirtaamien summa ( $\text{dm}^3/\text{s}$ )
$A$	kerroin, joka ottaa huomioon kuinka usein mitoitusvirtaama ylitetään (Suomen RakMK D1 2007, s.36)

Putkiosuuksien pituudet kuten myös kalusteiden korkeudet laskettiin pohjapiirrustuksista. Piirrustuksista katsottiin myös putkiyhteiden kertavastuksien määrät ja laadut. PEX:illä mitoitettaessa kertavastuksia tuli hieman vähemmän.

Putkikoot kuparisille jakojohdoille mitoitettiin Suomen RakMK D1 (s.41) kuvan 4. mukaan ja PEX jakojohdoille (s.42) kuvan 5 mukaan. Nomogrammista saatiin mitoitusvirtaaman perusteella putkikoko, dynaaminen paine ja painehäviö nopeuden ollessa alle 2 m/s. Painehäviöt laskettiin jokaiselle putkiosuudelle reitillä vesimittari – kuudennen kerroksen viimeinen suihku, minkä oletettiin olevan epäedullisin virtausreitti. Putkikoot ja painehäviöt määriteltiin myös edullisimmalle vesipisteelle, jotta varmistuttaisi siitä, että verkoston alkupäässä paineiden maksimi-arvot ylittyisi.

KytKentäjohtojen valinta suoritettiin taulukoista. Kalusteen normivirtaaman perusteella ja kytKentäjohtojen enimmäispituuden ehdoilla saatiin putkikoko, kytKentäjohtojen virtausnopeus sekä painehäviö. Kuparisille ja muovisille kytKentäjohtojen on omat taulukonsa. (Suomen RakMK D1 2007, s.39)

Painehäviötarkasteluilla vielä varmistettiin, että viimeiselle vesikalusteelle saadaan tarpeeksi painetta – paineen nousematta ensimmäisellä vesipisteellä yli sallitun määrän. Painehäviölaskelmien jälkeen viimeisen kerroksen suihkulle virtaamaksi saatiin kuparilla 73 % ja PEX:llä 83 % normivirtaamasta. Vastaavasti ensimmäisen kerroksen pesualtaalle virtaamaksi saatiin kuparilla 137 % ja PEX:llä 142 % normivirtaamasta. Vesikalusteen virtaaman tulee olla 70-150 % normivirtaamasta, joten se tavoite täyttyi.

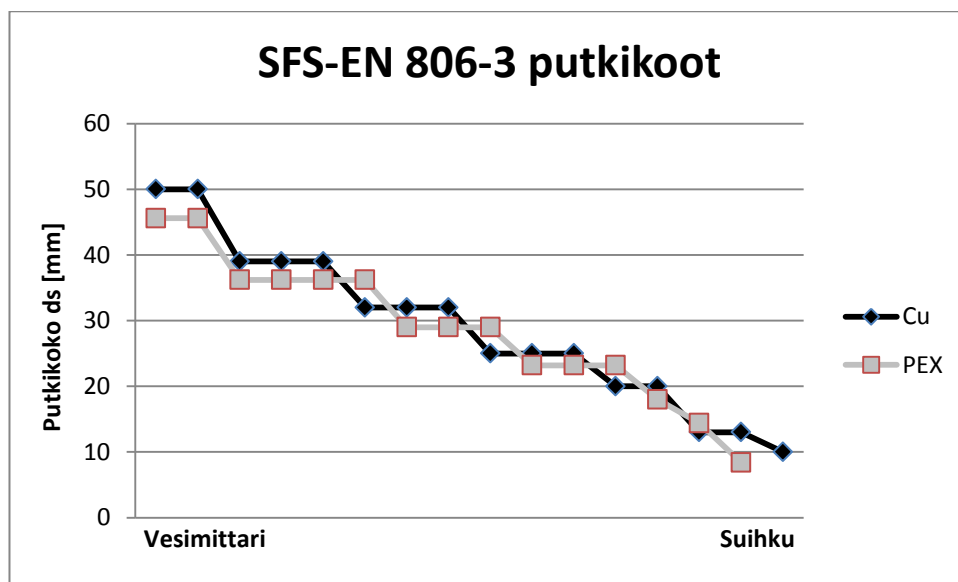


Kuva 5. Suomen RakMK D1:llä mitoitettujen jakojohdojen putkikoot vesimittarilta suihkulle.

Kuvan 5. putkikoot on vertailtuna sisähalkaisijan mukaan. Putket ovat melkein samaa kokoluokkaa alusta loppuun, lukuun ottamatta vesimittarilta katsottuna ensimmäisiä jakojohdoja.

#### 4.3 SFS-EN 806-3

Eurooppalaista standardia käytettäessä mitoitus oli hyvin nopeaa sen yksinkertaisuuden takia. Aluksi laskettiin normivirtaamat ja niiden avulla saatiin putkikoot suoraan taulukoista (SFS-EN 806-3 2006, s.7) – vesipisteeltä aina vesimittarille asti. Putkikoon mitoitus taulukoissa on huomioitu mitoitusvirtaamat, mutta ne laskettiin putkiosuuksille vielä vertailun vuoksi. (SFS-EN 806-3 2006, s.13) Painehäviölaskelmia ei standardissa laskettu, joten oletettiin, että painehäviöt on jo huomioitu taulukoissa. Kuvassa 6 on kuvattu putkien sisähalkaisijoiden muutoksia vesimittarilta aina viimeiselle vesipisteelle eli suihkulle. Putket ovat samaa kokoluokkaa koko reitillä, mutta isoimmilla virtaamilla PEX-putkien sisähalkaisija on pienempi.



Kuva 6. SFS-EN 806-3:lla mitoitettujen vesijohtojen putkikoot vesimittarilta suihkulle.

## 4.4 DIN 1988-3

Viimeisenä vesiputkien mitoituksessa käytettiin saksalaista DIN 1988-300 standardia. Laskenta aloitettiin normivirtaamien summan laskemisella jokaiselle putkiosuudelle. Tämän jälkeen laskettiin mitoitusvirtaamat kaavalla 2:

$$V_S = a(\sum V_R)^b - c \quad (2)$$

jossa

$V_S$  mitoitusvirtaama

$V_R$  normivirtaamien summa

a vakio, asuinrakennuksissa käytetään arvoa 1,48

b vakio, asuinrakennuksissa käytetään arvoa 0,19

c vakio, asuinrakennuksissa käytetään arvoa 0,94

(DIN 1988-300 2012, s.18)

Mitoitusvirtaamien jälkeen laskettiin maksimi painehäviö putkimetriä kohden, minkä perusteella myöhemmin lasketaan putkikoot. Maksimipainehäviö saadaan kaavasta 3:

$$R_V = \frac{\left(1 - \frac{a}{100}\right)}{l_{ges}} \Delta p_{ges,v} \quad (3)$$

jossa

$$\Delta p_{ges,v} = p_{minWZ} - \Delta p_{geo} - \sum \Delta p_{Ap} - \sum \Delta p_{RV} - p_{minFI} \quad (4)$$

jossa

$R_V$  maksimipainehäviö

a yksittäisten vastusten osapainehäviöt (asuinrakennuksissa yleensä 40-60 %)

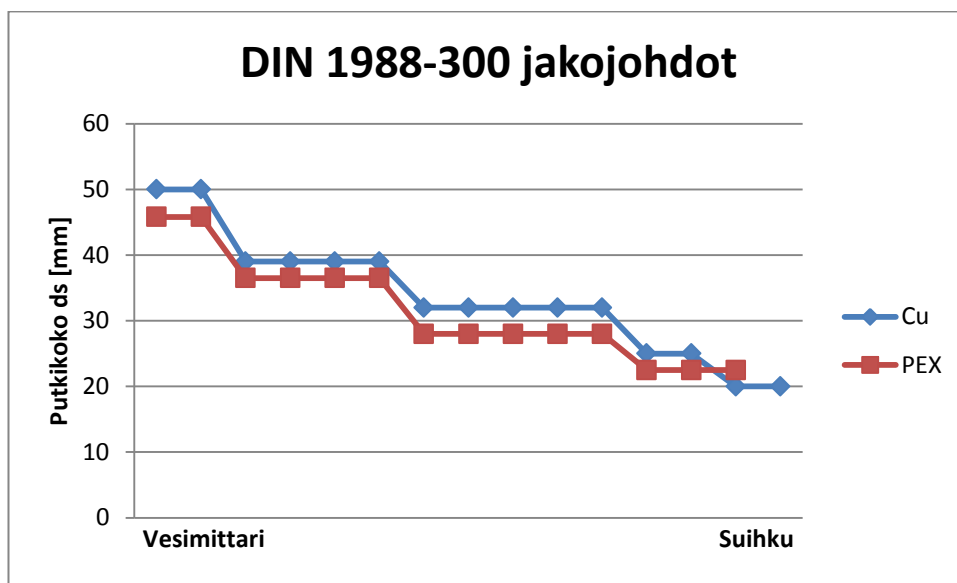
$l_{ges}$  putkireitin pituus (vesimittarilta viimeiselle vesipisteelle)

$\Delta p_{ges,v}$  käytettävissä oleva paine

$p_{\min WZ}$	paine vesimittarin jälkeen
$\Delta p_{\text{geo}}$	korkeuseron aiheuttama painehäviö
$\Delta p_{Ap}$	painehäviö laitteistosta
$\Delta p_{RV}$	sulkuventtiilien painehäviö
$p_{\min FI}$	vesikalusteen painehäviö

(DIN 1988-300 2012, s.20)

Maksimipainehäviön perusteella putkikoot lasketaan Colebrookin kaavaa käyttäen. Jakojohtojen putkikoot määriteltiin kuitenkin Suomen RakMK D1:ssä esiintyvän nomogrammin avulla, joka myös perustuu Colebrookin kaavaan. KytKentäjohtojen putkikoot olivat annettu taulukossa normivirtaamien yhteydessä (DIN 1988-300 2012, s.16). Koska kytKentäjohtojen halkaisijat olivat suoraan annettu, oletettiin, että maksimipainehäviön laskenta ottaa huomioon myös kytKentäjohdon painehäviön.



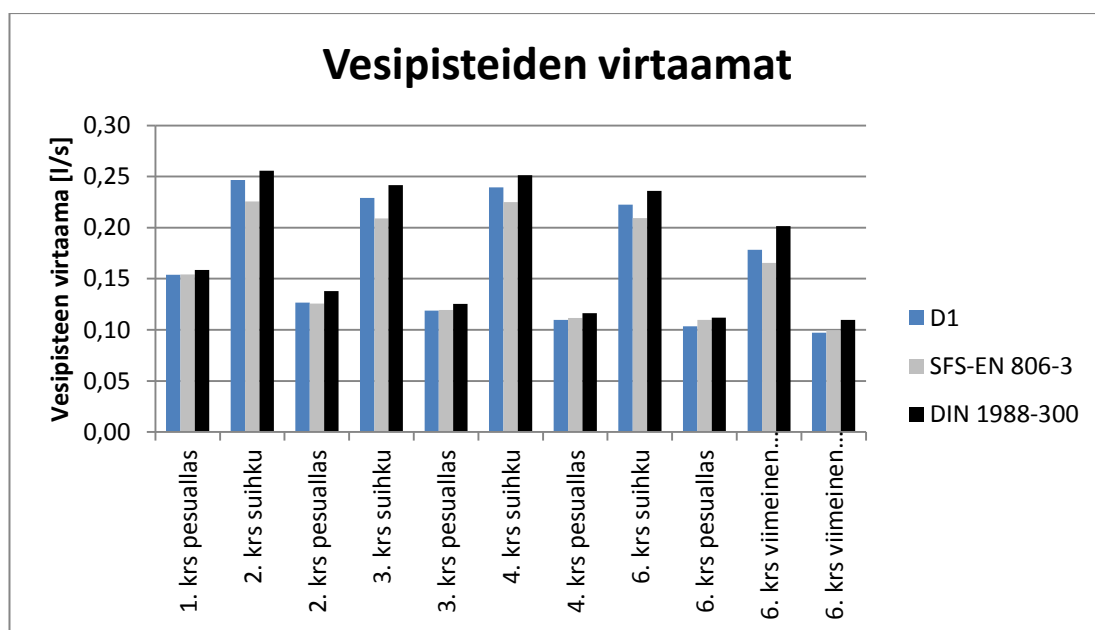
Kuva 7. DIN 1988-300 standardilla mitoitettujen jakojohtojen putkikoot.

Kuvassa 7 on jakojohtojen sisähalkaisijat vesimittarilta viimeiselle vesipisteelle sekä kuparilla että PEX:llä. Toisin kuin Suomen RakMK D1 ja SFS-EN 806-3, PEX putket olivat koko matkan pykälää pienemmät kuin kupariset jakojohdot.

#### 4.5 Hydraulinen malli

Hydraulista mallia käytettiin vedenkulutuksen simulointia varten. Malliin syötettiin käyttövesiverkoston haarojen ja kulmien kertavastukset, putkikoot, kalusteet sekä käytettävissä oleva paine. Hydraulisen mallin tehtävänä oli simuloida tilannetta, jossa päävesimittarilta katsottuna ensimmäinen vesipiste sekä viimeinen vesipiste ovat täysin auki-asennossa. Lisäksi kerroksista 2-4 avattiin täysin auki yksi suihku ja yksi pesuallashana. Jotta päästäisi lähelle laskettua mitoitusvirtaamaa, avattiin kuudennes- ta kerroksesta vielä kaksi pesuallashanaa ja yksi suihku.

Työhön käytettävissä olevan ajan puitteissa, tarkastelut hydraulisella mallilla tehtiin ainoastaan kuparilla – putkikokoina käytettiin kuitenkin kaikilla kolmella standardilla mitoitetuja vesijohtoja. Kuvassa 8 on esitetty simuloinnissa aukiolevien hanojen virtaamat. Kun hydraulisella mallilla laskettiin virtaamia, saatiin virheellisiä arvoja viimeiselle jakojohdolle ennen pesuallashanaa. Tämän vuoksi on mahdollista, että viimeisen pesuallashanan virtaama on hieman pienempi kuin taulukossa oleva arvo. DIN 1988-300 standardilla mitoitetuista vesipisteistä virtasi eniten vettä. Suomen RakMK D1:llä mitoitetut pesuallashanat ja SFS-EN 806-3:lla mitoitetut suihkut kulluttivat vähiten vettä.

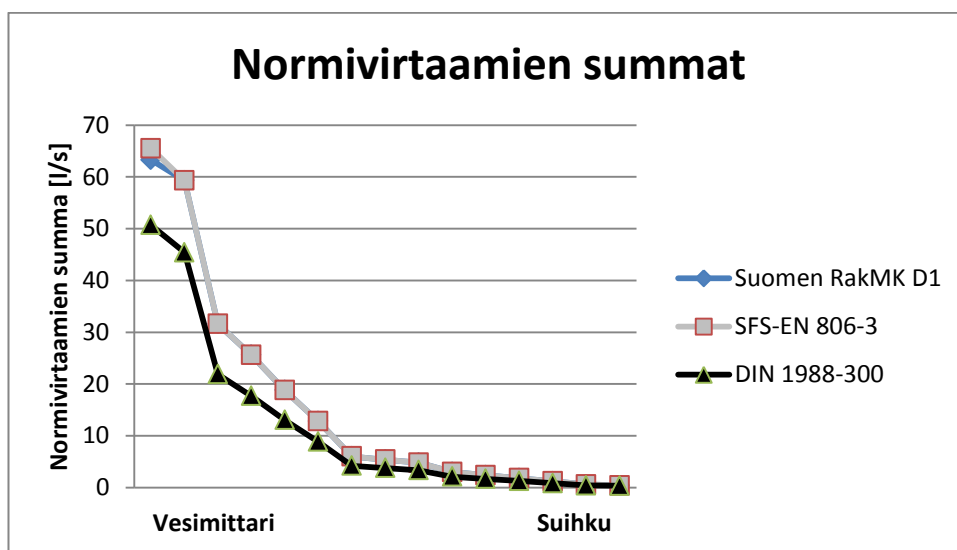


Kuva 8. Hydraulisella mallilla lasketut vesipisteiden virtaamat.

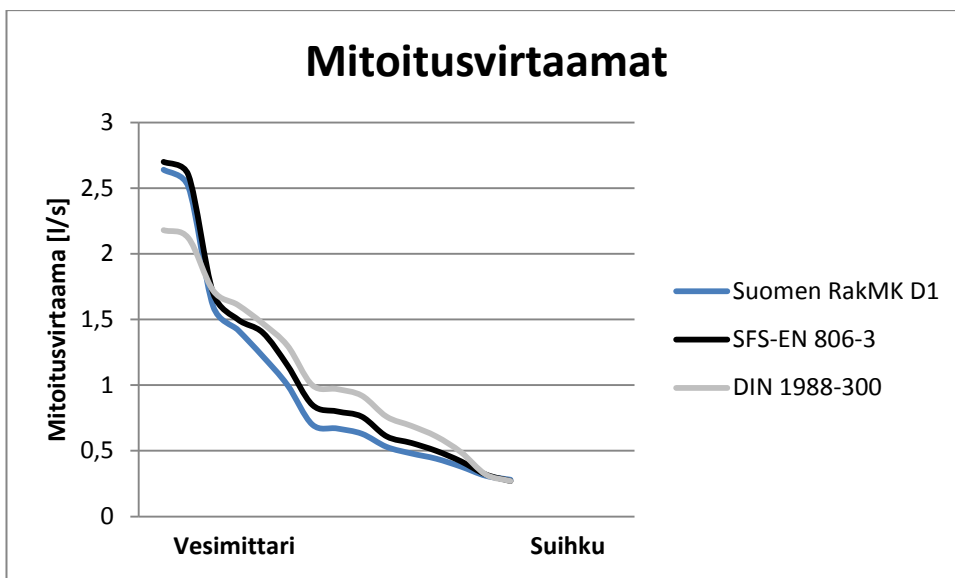
#### 4.6 Eri mitoitusmenetelmien vertailu

Mitoitusvirtaaman laskeminen perustuu kaikissa standardeissa normivirtaamaan ja todennäköisyyksiin, kuinka vesikalusteista päästetään vettä samanaikaisesti. Laskukaavat kuitenkin olivat erilaisia, eikä SFS-EN 806-3:ssa ollut edes kaavaa – ainoastaan käyrä, josta mitoitusvirtaama saatiin.

Vaikka DIN 1988-300 standardin normivirtaamat, kuva 9, olivatkin selkeästi pienimmät, mitoitusvirtaamat kuitenkin olivat suurimmat pois lukien aivan ensimmäiset ja viimeiset jakojohdot – Suomen RakMK D1 mitoitusvirtaamat olivat niukasti pienimmät. Kuvassa 10 on esitetty mitoitusvirtaamien kasvua kuudennen kerroksen suihkulta aina ensimmäisen kerroksen vesimittarille asti.

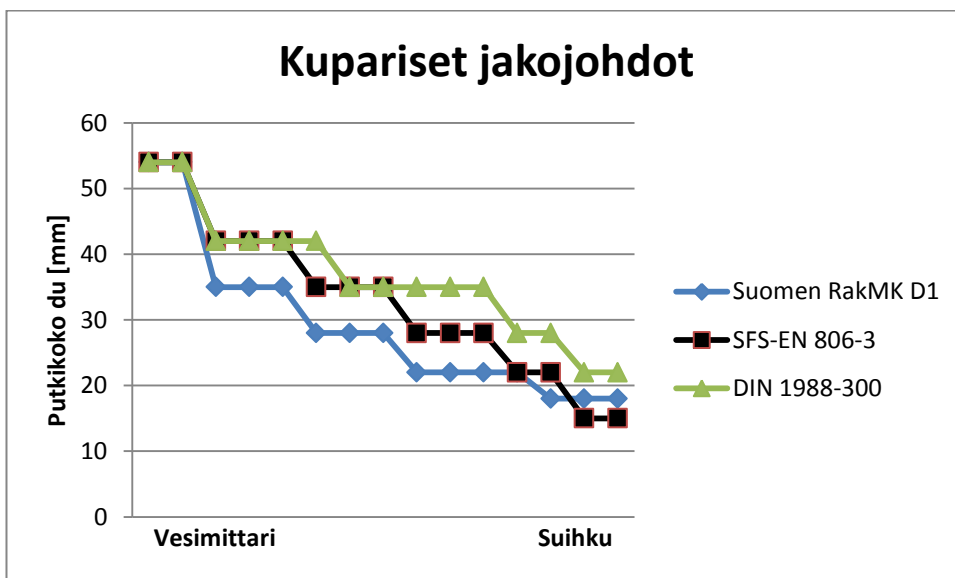


Kuva 9. Normivirtaamien summat suihkulta vesimittarille.



Kuva 10. Mitoitusvirtaamat reitillä vesimittari-suihku.

Putken halkaisijaa määritettäessä ainoastaan SFS-EN 806-3:ssa ei tarvinnut laskea mitoitusvirtaamaa, se kuitenkin oli jo huomioitu putkimitoitustaulukoissa. Putkien halkaisijat valittiin aina standardin ilmoittamien olemassa olevien kokojen mukaan. Putkien halkaisijoiden erot olivat suurimmillaan yli 10 mm. Suurimmat erot tulivat kuudennessa kerroksessa ennen alaslaskua.

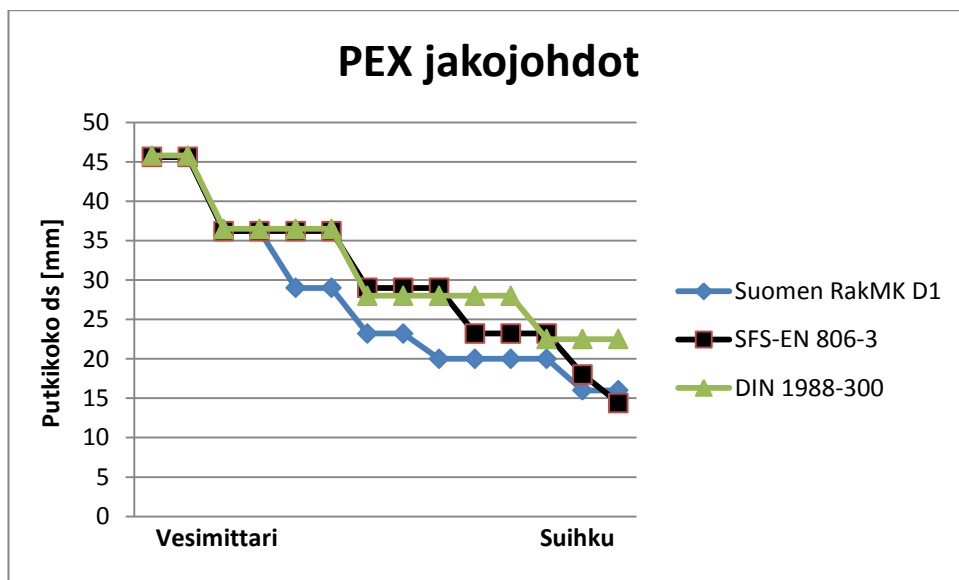


Kuva 11. Kuparisten jakojohdojen putkikoot ulkohalkaisijan mukaan.

Suomen RakMK D1:llä mitoitettut kupariset jakojohdot olivat selkeästi pienimmät ja saksalaisella standardilla mitoitettut olivat alkupäässä suurimmat, muuten samaa ko-



koa kuin eurooppalaisella standardilla mitoitettut jakojohdot, kuva 11. PEX-jakojohdoilla erot olivat pienempiä, mutta Suomen RakMK D1 mitoitettut edelleen pienimmät putken halkaisijat, kuva 12.



Kuva 12. PEX-jakojohdojen putkikoot sisähalkaisijan mukaan.

**Taulukko 14.** Kuparisten jakojohdojen hinnat.

kupari	putken pituus [m]	putkikoko du x s [mm]	hinta [€/m]	hinta €
Suomen RakMK D1 yhteensä 1062 €	4,6	54	50,81	233,7
	11,6	35	31,83	369,2
	7,1	28	19,56	138,9
	17,2	22	13,33	229,3
	8,4	18	10,84	91,1
SFS-EN 806-3 yhteensä 1293 €	4,5	54	50,81	228,6
	11,6	42	39,03	452,7
	7,1	35	31,83	226,0
	12,7	28	19,56	248,4
	5,1	22	13,33	68,0
DIN 1988-300 yhteensä 1537 €	7,8	15	8,82	68,8
	4,5	54	50,81	228,6
	14,6	42	39,03	569,8
	16,8	35	31,83	534,7
	5,1	28	19,56	99,8
	7,8	22	13,33	104,0

Virtausreitillä, vesimittarilta kuudennen kerroksen suihkulle, olevien jakojohdojen hinnat laskettiin yhteen taulukoiden 14 ja 15 mukaan. Laskelmat perustuivat rautakaupan (taloon.com www-sivut 2014) sekä Uponorin (Uponorin www-sivut 2014) antamiin hintoihin. PEX-jakojohdot olivat noin 20 % edullisempia kuin kupariset jakojohdot. Putkikoon perusteella halvin mitoitus tapa oli Suomen RakMK D1 ja huomattavasti kallein oli saksalainen DIN 1988-300.

**Taulukko 15.** PEX-jakojohtojen hinnat.

PEX	putken pituus [m]	putkikoko ds [mm]	hinta [€/m]	hinta €
Suomen RakMK D1 yhteensä 806 €	4,5	45,6	43,54	195,9
	8,6	36,2	30,90	265,7
	6	29	21,10	126,6
	4,1	23,2	14,08	57,7
	17,2	20	7,34	126,2
	7,1	16	4,72	33,5
SFS-EN 806-3 yhteensä 1041 €	4,5	45,6	43,54	195,9
	14,6	36,2	30,90	451,1
	7,8	29	21,10	164,6
	13,5	23,2	14,08	190,1
	0,6	18	14,08	8,4
	6,5	14,4	4,72	30,7
DIN 1988-300 yhteensä 1165 €	4,5	45,8	43,54	195,9
	14,6	36,5	30,90	451,1
	16,8	28	21,10	354,5
	11,6	22,5	14,08	163,3

Vedenkulutusta verrattiin kuvan 3 litramäärien sekä normivirtaamien perusteella, taulukon 16 tavalla. WC-istuimen huuhteluun kuluva määrä ei muutettu standardien välillä, koska SFS-EN 806-3 ja DIN 1988-300 eivät antaneet kyseistä arvoa. Peseytymiseen kuluva vesimäärä jaettiin puoliksi pesualtaalle sekä suihkulle. Keittiössä kuluva vesimäärä (35 litraa) jaettiin astianpesualtaalle (10 litraa) ja astianpesukoneelle (15 litraa). Motivan tiedot koskivat suomalaisten vedenkulutusta, joten oletettiin, että mitoitus on tehty Suomen RakMK D1 mukaan. Kulutuslaskelmat perustuvat siihen, että vedenkulutus on suoraan verrannollinen normivirtaamaan. Normivirtaamat lasketuilla kalusteilla olivat Suomen RakMK D1:ssä ja SFS-EN 806-3:ssa olivat samat, joten kulutuksen oletettiin olevan myös sama.

**Taulukko 16.** Suomalaisen vedenkulutus kalusteittain normivirtaaman perusteella.

Vesipiste		Suomen RakMK D1		DIN 1988-300	
		q <sub>N</sub> [l/s]	l/vrk	q <sub>N</sub> [l/s]	l/vrk
WC-istuin		-	40	-	40
Peseytyminen	Pesuallas	0,1	30	0,07	21
	Suihku	0,2	30	0,15	22,5
Keittiö	Astianpesuallas	0,2	10	0,07	3,5
	Astianpesukone	0,2	25	0,07	8,75
Pyykinpesukone		0,2	20	0,15	15
YHTEENSÄ			155		110,75

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Ekosuunnitteluun liittyen pakottavaa lainsäädäntöä ei tällä hetkellä ole hanoille ja suihkuille. Vesikalusteiden suunnittelua ja tuottoa kuitenkin säätelevät standardit sekä erilaiset energia ja ympäristömerkinnät. Hanojen sekä suihkujen käyttöä ja kulu- tusta on tutkittu Euroopan komission yhteisen tutkimuskeskuksen toimesta. Tuote- ryhmän mahdollisten energiansäästöjen on osoitettu olevan huomattavia, joten pakot- tavaa lainsäädäntöä on oletettavissa muutamien vuosien aikana.

Pienimmät putkikoot sekä kuparilla että PEX:llä saatiin Suomen RakMK D1:n mitoi- tuksella, kun taas suurimmat putkikoot ja mitoitusvirtaama saksalaisella DIN 1988- 300 mitoituksella. DIN 1988-300:lla lasketut suuret putkikoot saattavat johtua pie- nestä käytettävissä olevasta paineesta. Jos painetta olisi ollut enemmän käytettävissä, olisi se sallinut suuremman painehäviön putkistoon, mikä olisi mahdollistanut pie- nemmät putken halkaisijat – näissä olosuhteissa tulokset kuitenkin olivat tällaiset.

Vaikka saksalaisella standardilla mitoitettut putket olivat suurimmat ja mitoitusvir- taama suurin, veden kulutukseen kuitenkin vaikuttaa eniten se, kuinka paljon vettä päästetään kalusteesta. Siihen vaikuttaa normivirtaama sekä kuluttajan käyttötottu- mukset. Kun normivirtaamat ovat pienempiä, myös vedenkulutus on vähäisempää. Tällä perusteella DIN 1988-300 standardilla mitoitettu vesilaitteisto kuluttaisi vähi- ten vettä. Minimivirtaukset huomioiden Suomen RakMK D1 mitoitus olisi vedenku- lutuksessa toisena ja SFS-EN 806-3 viimeisenä.

Malla Peltosen diplomityössään tekemää hydraulista mallia hyödynnettiin vesivirtojen simuloimiseen. Mallilla myös varmistettiin, että vesipisteille tulee riittävästi vettä. Standardien mukaiset virtaamat täyttyivät jokaisella menetelmällä. Pesuallashanojen osalta Suomen RakMK D1 mitoitettu käyttövesiverkosto kuluttaa vähiten vettä. Suihkujen perusteella pienikulutuksisin on SFS-EN 806-3:lla mitoitettu käyttövesiverkosto. Suurin vedenkulutus sekä pesuallashanojen että suihkujen osalta on saksalainen DIN 1988-300 mitoitus. Kaikissa kolmessa simulointi-tilanteessa käytettiin samoja hanoja. Jos saksalaisen mitoitusmenetelmän kohdalla oltaisi käytetty kalusteita, joissa on suurempi painehäviö, olisi vedenkulutus ollut pienempi.

Motivan mukaan suomalainen kuluttaa vettä 155 litraa vuorokaudessa, joka jakautuu kuvan 3 mukaisiin osiin: WC:n huuhteluun, pyykin pesuun, keittiöön ja peseytymiseen. Näiden litramäärien perusteella laskettiin suuntaa-antavat arvot kalusteiden vedenkulutukselle normivirtaamien avulla. Todettiin, että vedenkulutus pieneni DIN 1988-300 mitoitusarvoilla noin 29 prosenttia. SFS-EN 806-3 normivirtaamat kyseisten normivirtaamien kohdilla olivat samat kuin Suomen RakMK D1:ssä, joten vedenkulutuksen oletettiin myös olevan samaa luokkaa.

Pienillä normivirtaamilla yritetään pitää vedenkulutus mahdollisimman vähäisenä. Hydraulisesta mallista saatujen tuloksien mukaan pienet normivirtaamat eivät yksinään takaa pientä vedenkulutusta, vaan siihen vaikuttavat putkien halkaisijat, painetasot ja kalusteiden painehäviöt. Hydraulisella mallilla olisi mielenkiintoista vielä selvittää, kuinka eri painetasot vaikuttavat ja miten Suomen RakMK D1 mitoitusmenetelmä, DIN 1988-300 normivirtaamilla, vaikuttaisi vedenkulutukseen.

Putkien kokoja tarkasteltaessa laskettiin hinnat ainoastaan putkille virtausreitillä vesimittari – 6. kerroksen viimeinen suihku. Putkien pituudet olivat kaikilla standardeilla samat, ainoa muuttuja oli putken halkaisija. Suomen RakMK D1 mitoitus arviointiin edullisimmaksi. SFS-EN 806-3 laskettiin kuparilla 22 % kalliimmaksi ja PEX:llä 29 % kalliimmaksi. Saksalaisen mitoituksen tuottamat suuremmat putkikoot nostivat arvoa 45 % sekä kuparilla että PEX:llä.

LEED sertifioinnin pisteytys ja arviointi tämän opinnäytetyön puitteissa rajoittuu yhteen kolmesta kohdasta, kun käsitellään uudiskiinteistöjä ja saneerauksia, veden käy-

tön vähentämiseen normivirtaamia pienentämällä. Jotta vedenkulutuksesta saataisiin täydet pisteet, pitäisi wc-istuimen huuhtelua pienentää 8,5 %, suihkun normivirtaamaa 52 %, pesuallashanan normivirtaamaa 16 % ja astianpesuallashanan normivirtaamaa 58 %. Vähennykset ovat mahdollisia, mutta suihkun tai astianpesuallashanan virtaaman pienentäminen 50 % on suuri pudotus käyttäjälle. Mielenkiintoista olisi-kin seuraavaksi tutkia LEED:n vaatimien virtausten riittävyyttä nykyihmiselle.

## LÄHTEET

2009/125/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi. 2009. Energiaan liittyvien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle asetettavien vaatimusten puitteet. Strasbourg: Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto.

CO2-raportti. 2013. Ilmastouutisia. Viitattu 2.11.2013.

<http://www.co2-raportti.fi/>

DIN 1988-300. 2012. Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 300: Ermittlung der Rohrdurchmesser. Berlin: Deutsches Institut für Normung.

Kuparin www-sivut. Viitattu 10.11.2013. <http://kupari.com/>

LEED 2009 B. LEED 2009 for Existing Buildings Operations and Maintenance Rating System. 2013. Washington, DC: US Green Building Council.

LEED 2009 A. LEED 2009 for New Constructions and Major Renovations Rating System. 2013. Washington, DC: US Green Building Council.

MEErP Preparatory Study on Taps and Showers. 2013. Sevilla, Spain: European Comission Joint Research Centre.

Motivan www-sivut. 2013. Viitattu 9.12.2013. <http://motiva.fi/>

Peltonen. M. 2012. Rakennuksen käyttövesiverkoston simulointi. Diplomityö. Aalto-yliopisto.

PEX-putket. 2008. PEX-putkituotteet ja niiden ominaisuudet. Nastola: Uponor.

Ruissalo, J. Vastaanottaja: [matias.virtanen@aalto.fi](mailto:matias.virtanen@aalto.fi) Lähetetty 21.11.2013 klo 15:29 Viitattu 15.1.2014.

RYM Oy www-sivut. 2013. Viitattu 15.1.2014. <http://rym.fi/>

SFS-EN 806-3. 2006. Rakennusten talousvesijärjestelmien asennusten erittely. Osa 3: Putkimitoitus. Helsinki: Suomen standarsoimisliitto.

Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa D1. 2007. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet 2007. Helsinki: Ympäristöministeriö

Taloon.com www-sivut. Viitattu 17.1.2014. <http://www.taloon.com/>

Uponorin www-sivut. Viitattu 17.1.2014. <http://www.uponor.fi/>





