



# Smartloop Inliner Vaihtoehtona Perinteiselle LVK-Järjestelmälle

Markus Töppärä

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2020

Talotekniikan koulutus  
LVI-talotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutus  
LVI-talotekniikka

Markus Töppärä  
Smartloop inliner Vaihtoehtona Perinteiselle LVK-järjestelmälle

Opinnäytetyö 33 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Kuukausi 2019

---

Opinnäytetyön aihe on Smartloop inliner-järjestelmä, sen suunnittelu ja asennus. Smartloop inliner on Viegan innovaatio lämpimän käyttöveden kierrosta. Kyseistä järjestelmää ei vielä käytetä Suomessa, mutta muissa Pohjoismaissa ja Saksassa järjestelmää on käytetty jo useita vuosia. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Viega joka käyttäisi opinnäytetyötä asiakkaiden Smartloopiin perehdyttämiseen.

Työssä tutkitaan miten Smartloop inlinerin eroavaisuudet vaikuttavat suunnitteluun ja asentamiseen, sekä mitä huomioitavia seikkoja Smartloopissa on. Lisäksi tavoitteena oli tutkia mitä vaikutuksia Smartloopilla on lämpöhäviöihin, painehäviöihin, putkikokoon ja materiaalikustannuksiin. Smartloopin painehäviö- ja lämpöhäviölaskenta käydään yksityiskohtaisesti läpi ja tuloksia verrataan perinteiseen lvk-järjestelmään. Smartloopissa putken muoto on monimutkainen ja aiheuttaa sen, että painehäviöiden laskenta on monimutkaisempaa kuin normaalissa putkessa.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi opas, jossa käydään läpi Smartloopin suunnittelun ja asennuksen eroavaisuudet verrattuna perinteiseen lvk-järjestelmää. Työstä saa hyvän kuvan Smartloopin ominaisuuksista, jotka pitää ottaa huomioon, kun lähdetään suunnittelemaan tai asentamaan Smartloopia. Työssä käy ilmi myös Smartloopin hyvät puolet ja rajoittavat tekijät.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services Engineering HVAC Building Services

Markus Töppärä  
Smartloop Inliner as an Alternative to the Traditional Circulating Water System

Bachelor's thesis 33 pages, appendices 2 pages  
April 2019

---

The aim of the thesis was to tell about the differences in design and installation caused by Smartloop inliner. Smartloop is an innovation from Viega, where the circulation pipe travels inside a hot water pipe. The effects of Smart Loop on heat loss and pressure loss was studied in the thesis. The intention was to make a guide to help with design and installation while explain the benefits of Smartloop.

The theoretical section explores, why a domestic hot water circuit is made and how to implement it. The empirical part consists of calculations of the heat losses and friction pressure losses of Smartloop. In the empirical part are telling Smartloop installing and Smartloops parts.

The result was a guide in which heat loss calculations and pressure loss calculations are presented in depth. The guide goes through the Smartloop installation. The pros and cons of Sartloop were also achieved.

---

Key words: domestic hot water circuit, pressure loss, heat loss, Smartloop inliner

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	LVK-verkosto .....	7
	2.1. LVK toteutus .....	8
	2.1.1 LVK-verkoston suunnittelu.....	9
	2.1.2 Terveysriskit .....	12
3	SMARTLOOP INLINER .....	13
	3.1. Suunnittelu .....	14
	3.1.1 Lämpöhäviöt.....	14
	3.1.2 Putkikoko.....	18
	3.1.3 Painehäviöt.....	19
	3.2. Asennus .....	23
4	SMARTLOOP INLINER EDUT .....	27
	4.1. Energiansäästö .....	27
	4.2. Edut asennuksessa.....	29
5	POHDINTA .....	32
	LÄHTEET .....	34
	LITTEET .....	35
	Liite1. Myydyn diagrammi .....	35
	Liite 2. Kupariputken painehäviö taulukko.....	36

## LYHENTEET JA TERMIT

$a$	Ulomman putken säde sisäpintaan (m)
$b$	Sisemmän putken säde putken ulkopintaan (m)
$C_v$	Ominaislämpökapasiteetti
$D_{eff}$	Skaalattu hydraulinen halkaisija (m)
$D_h$	Hydraulinen halkaisija (m)
$d_e$	Eristeen vahvuus (m)
$k$	Karhaus
$L$	Pituus (m)
$P$	Piiri (m)
$P_d$	Dynaaminen paine (Pa)
$P_m$	Painehäviö (Pa/m)
$q_m$	Massavirta (kg/s)
$R$	Lämmönvastus ( $m^2K/W$ )
$R_e$	Eristeen lämmönvastus ( $m^2K/W$ )
$R_p$	Pinnan lämmönvastus ( $m^2K/W$ )
$R_r$	Suhteellinen karheus
$r$	Säde (m)
$r_1$	Säde putken ulkopintaan (m)
$r_2$	Säde putkieristeen ulkopintaan (m)
$T_1$	Lämpötila putken sisällä (K)
$T_2$	putken ulkopuolen lämpötila (K)
$\Delta T$	Lämpötilaero (K)
$U$	Lämpövirrantiheys U arvo ( $W/m^2K$ )
$v$	Virtausnopeus (m/s)
$\Phi$	Lämpöhäviö (W)
$\rho$	Tiheys ( $kg/m^3$ )
$\lambda$	Lämmönjohtavuus ( $W/mK$ )
$\lambda_e$	Eristeen lämmönjohtavuus ( $W/mK$ )
$\lambda_k$	Kokonaislämmönjohtavuus ( $W/mK$ )
$\zeta$	Hydraulisen halkaisijan korjauskerroin
$\nu$	Viskositeetti ( $m^2/s$ )

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuoda esille smartloop inliner lämminvesi kiertojärjestelmällä saavutettavat edut ja eroavaisuudet perinteiseen lvk-järjestelmään verrattuna. Tarkoituksena olisi, että työn avulla pystyisi tekemään smartloop- järjestelmän suunnittelu- ja asennusohjeen. Opinnäytetyö on rajattu siten, että siinä tullaan tutkimaan Smartloopin suunnittelussa huomioitavia tekijöitä kuten lämpöhäviöitä, painehäviöitä ja putkikokoa. Opinnäytetyössä tutkitaan myös Smartloopin asennusta ja asennuksen huomioitavia seikkoja. Smartloopilla saavutetut edut käydään läpi lämpöhäviöiden ja materiaalikustannuksien osalta. Opinnäytetyötä pystyisi jatkamaan esimerkiksi asennusnopeudessa saavutettavilla eduilla, johon tässä työssä ei perehdytty.

Smartloop-järjestelmässä on monia asioita, jotka vaikuttavat lämminvesi- ja lämpimänveden kierron suunnitteluun. Näihin asioihin ja niiden vaikutuksia tutkitaan työssä. Työssä tullaan perehtymään tarkasti putken lämpöhäviöiden laskentaan ja Smartloop-järjestelmän lämminvesiputken painehäviöiden laskemiseen. Lämpöhäviölaskennan avulla tutkitaan minkälainen vaikutus Smartloopilla on lämpöhäviöihin ja energian kulutukseen. Smartloopin ja perinteisen lämpimän käyttöveden kierron lämpöhäviöitä vertaillaan keskenään ja tutkia saadaanko Smartloopilla energiasäästöjä. Smartloop-järjestelmän lämminvesiputken painehäviöiden laskeminen on monimutkaisempaa kuin perinteisen lvk-järjestelmän, jonka takia painehäviöiden laskeminen käydään työssä yksityiskohtaisesti läpi.

Smartloop-järjestelmän asentaminen on hyvin erilaista verrattuna perinteiseen lämminvesikiertoon. Asentamiseen käytetään osia, joita käytetään vain Smartloop-järjestelmässä. Smartloopin asennuksessakin on asioita, jotka pitää osata huomioida, jotta järjestelmästä tulee toimiva ja kestävä. Työssä tutkitaan Smartloop-järjestelmän vaikutusta materiaalikustannuksiin. Asennusaikaan ei tässä työssä perehdytty.

## 2 LVK-verkosto

Liian korkea tai matala käyttöveden lämpötila on käyttäjälle vaarallinen. Liian matala lämpimän käyttöveden lämpötila saattaa aiheuttaa haitallisten bakteerien kasvun lämminvesiverkoston. Liian kuuma lämminvesiverkoston veden lämpötila taas saattaa aiheuttaa käyttäjälleen palovammoja. Lvk-verkoston tehtävä on huolehtia, että lämpimän käyttöveden lämpötila pysyy oikeana ja että lämmintä vettä saa vesikalusteesta riittävän nopeasti.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistosta on tullut voimaan 1.1.2018. Asetus koskee uuden rakennuksen sekä kiinteistöllä sijaitsevien vesi- ja viemärlaitteistojen suunnittelua ja rakentamista. Asetus koskee myös rakennuksen laajennusta ja kerrosalaan laskettavan tilan lisäämistä, korjaus- ja muutostyötä sekä käyttötarkoituksen muutosta. Asetuksessa kerrotaan lämpimän käyttöveden ja kiertoveden suunnittelusta ja rakentamisesta seuraavasti. Lämminvesilaitteiston veden lämpötilan on oltava vähintään 55 celsiusasteista. Lämminvesikalusteesta on saatava tätä 55 celsiusasteista vettä 20 sekunnin kuluessa. Lämminvesilaitteistosta saatavan veden lämpötila saa olla korkeintaan 65 celsiusasteista. Lisäksi vesilaitteiston on oltava sellainen, ettei haitallista ristivirtaamaa lämminvesijohdon ja kylmävesijohdon välillä pääse syntymään. (Ympäristöministeriö 2017)

Saman asetuksen 8§:ssä kerrotaan tarkemmin lämpimän käyttöveden kiertojohtoa koskevista asetuksista. Tämä pykälä kieltää uuden rakennuksen lämmönluovuttimien tai lattialämmityksen kytkemisen lämpimän käyttöveden kiertojohtoon. Korjaus- ja muutostöissä lämpimään kiertovesi johtoon kytketyn lämmönluovuttimen voi uusia. Lämmönluovuttimen suurin sallittu teho on 200W huonetilaa kohti. Lämmintä käyttövettä ei saa käyttää lattialämmitykseen. (Ympäristöministeriö 2017)

## 2.1. LVK toteutus

Lämpimän käyttöveden kierrosta saadaan toimiva ja turvallinen, kun se varustellaan sopivilla komponenteilla. Lämpimän käyttöveden kiertojohdon jokainen haara varustetaan kertosäätöventtiilillä. Kertosäätöventtiilin avulla pystytään jokaisen haaran vesivirtaa mittaamaan ja säätämään. Järjestelmän kokonaisvesivirtaamaa säädetään kiertovesipumpun yhteyteen asennettavalla kertosäätöventtiilillä. Kiertovesipumpun molemmin puolin on hyvä asentaa sulkuventtiilit, jotta kiertovesipumpun vaihtaminen helpottuisi. Kiertovesipumpun yhteyteen asennetaan myös yksisuuntaventtiili, jottei haitallista ristivirtaamaa pääse tapahtumaan. Lisäksi kiertovesiputkeen laitetaan lämpömittari, jotta veden lämpötilaa voidaan seurata ja säätövaiheessa todeta oikein säädetyksi. Vanhemmissa rakennuksissa saa lämpimän käyttöveden kiertoön kytkeä lämmönluovuttimia ja nämä pitää varustaa omalla kertosäätöventtiilillä. (Talotekniikkainfo 2019)

Työn toteuttaja tekee LVI-järjestelmälle ns. itselleen luovutuksen. LVI-järjestelmät luovutetaan ensin itselle, jotta pystytään varmistumaan työn laadusta. Kyseisessä toimintatarkastuksessa käydään läpi LVI-järjestelmien ja -laitteiden toiminta. Toimintatarkastus tehdään yhdessä muiden järjestelmien toteuttajien kanssa. Tarkastuksesta laaditaan pöytäkirja mihin merkataan mahdolliset puutteet ja virheet. Puutteiden ja virheiden korjaamiseen ryhdytään välittömästi. (Talotekniikka RYL osa 1 2002).

Ennen käyttöä työnjohtajan on huolehdittava, että lämpimän kiertoveden virtaama on mitattu ja säädetty. Mittaus ja säätötyön suunnitelmanmukaisuudesta tekee rakennusvaiheen vastuuhenkilö merkinnän rakennustyön tarkastusasiakirjaan. (Ympäristöministeriö 2017).



### 2.1.1 LVK-verkoston suunnittelu

Lvk-verkon suunnittelun pohjana käytetään lämpöhäviöitä. Lämpöhäviöt lasketaan lämpimän käyttöveden meno johdolle, että lämpimän käyttöveden kiertojohdolle. Lämpöhäviöihin lisätään verkostoon kytkettyjen lämmönluovuttimien tehot. Lämpimän käyttöveden kierron virtaus suunnitellaan lämpöhäviöiden perusteella sellaiseksi, ettei veden lämpötila laske missään putkiston kohdassa alle 55 celsiusasteen. Lämminvesikierto putki mitoitetaan tilavuusvirran avulla siten, ettei veden virtausnopeus kasva liian suureksi ja aiheuta syöpymistä kuparijohdossa. Lämmin käyttövesi-järjestelmään ei tarvitse suunnitella kiertoa, jos kyseessä on niin pieni kohde, että lämpimän veden odotusaika täyttyy ilman lämpimänveden kiertoa. (Talotekniikkainfo 2019)

Seuraavaksi käydään läpi hieman kaavoja, joiden avulla voidaan laskea lvk-putkiston lämpöhäviöt, veden jäähtymä ja veden virtaamaa. Putken lämpöhäviöt saadaan laskettua seuraavalla kaavalla

$$\Phi = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \lambda}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \cdot (T_1 - T_2), \quad (1)$$

jossa  $r_2$  on säde putken eristeen ulkopintaan,  $r_1$  on putkensäde putken ulkopintaan ja  $\lambda$  on lämmönjohtavuus. Kun lämpöhäviö on laskettu, voidaan laskea veden jäähtymä putkistossa. Jotta pystytään varmistumaan siltä, ettei vesi jäähdy liikaa. Kaavalla (2) pystytään laskemaan veden lämpötilan muutos.

$$\Delta T = \frac{\Phi}{c_v \cdot q_m} \quad (2)$$

Massavirta putkessa lasketaan seuraavasti

$$q_m = \pi \cdot r^2 \cdot v \cdot \rho. \quad (3)$$

Eli lvk:n mitoituksessa pyritellään kolmea toisistaan riippuvaa asiaa lämpöhäviöitä, virtausnopeutta ja veden lämpötilan muutosta.

Tammikuussa 2018 vanhentuneessa ohjeessa (D1 Suomen rakennusmääräyskokoelma 2007-2017) ohjeistettiin jatkuvavirtauksisille kupariputkille suurimmaksi hyväksytyksi virtausnopeudeksi 1,0 m/s. Tätä virtausnopeutta ei saisi ylittää missään kohtaa lvk-järjestelmää. Samassa ohjeessa opastettiin kuparisen kiertojohdon virtausnopeuden mitoitusarvoksi 0,5 m/s.

Jotta käyttövesi pysyisi oikean lämpöisenä eikä lämpöenergiaa menisi hukkaan, täytyy vesijohtoihin suunnitella lämpöeristys. Lämpöeristys suunnitellaan lämpimän käyttöveden jako- ja kiertovesiputkiin siten, että eristekerroksen lämmönvastus on vähintään  $1\text{m}^2\text{K/W}$ . Suunnittelijan tehtävä on määrittää eristeen materiaali ja paksuus (D1 Suomen rakennusmääräyskokoelma 2007-2017). Suunnittelun avuksi aiheesta löytyy ohjekortteja LVI 50-10345 Taloteknisten eristysten mitoitus ja käyttö ja LVI 50-10344 Talotekniikassa yleisesti käytettävät eristysmateriaalit ja niiden asennus. Lämmönvastus lasketaan lämmönjohtavuuden ja eristekerroksen paksuuden avulla saadaan seuraavasti

$$R_e = \frac{d_e}{\lambda_e} \quad (4)$$

Ja u-arvo saadaan seuraavasti

$$U = \frac{1}{R} \quad (5)$$

Työssä tullaan perehtymään Smartloop Inliner lämminvesikiertojärjestelmään. Tähän järjestelmään tullaan laskemaan lämpöhäviöiden lisäksi painehäviöt. Painehäviön laskeminen kyseiseen järjestelmään on haastavampaa kuin normaalin putken painehäviön laskeminen. Seuraavaksi käydään läpi mitä kaavoja tullaan myöhemmin käyttämään lämpöhäviölaskennassa. Virtauspinta-alan monimuotoisuuden takia ei voida painehäviölaskennassa käyttää suoraan putken sisähalkaisijaa, vaan pitää laskea hydraulinen halkaisija. Hydraulisen halkaisijan laskentakaava on

$$D_h = \frac{4A}{P}, \quad (6)$$

jossa A on virtauspinta-ala, P on putken sisäpuolen piiri ja tässä tapauksessa P sisältää myös sisäputken ulkopinnan piirin. Hydraulista halkaisijaa ( $D_h$ ) voidaan käyttää läpi koko laskennan. Koska haluamme tuloksen, joka on lähempänä todellista painehäviötä, tarvitsemme skaalattua hydraulista halkaisijaa ( $D_{eff}$ ). Tätä käytetään tulevilla laskuilla hydraulisen halkaisijan sijasta ja tämä lasketaan seuraavasti

$$D_{eff} = \frac{D_h}{\zeta}. \quad (7)$$

Kaavassa (7)  $\zeta$  on hydraulisen halkaisijan korjauskerroin, joka saadaan laskettua seuraavasti

$$\zeta = \frac{(a-b)^2(a^2-b^2)}{a^4-b^4-(a^2-b^2)^2/\ln\left(\frac{a}{b}\right)}, \quad (8)$$

jossa a on ulomman putken säde putken sisäpintaan ja b on sisemmän putken säde putken ulkopintaan. Seuraavaksi pitää laskea virtauksen turbulentsuus eli Reynoldsin luku. Reynoldsin luku kertoo, onko virtaus turbulentsusta vai laminaarista. Kun Reynoldsin luku on yli 4000, on virtaus turbulentsusta. Reynoldsin luvun ollessa alle 4000 on virtaus laminaarista. Reynoldsin luku saadaan laskettua seuraavalla kaavalla

$$Re = \frac{VD}{\nu}, \quad (9)$$

jossa V (m/s) on virtausnopeus ja  $\nu$  (m<sup>2</sup>/s) on aineen viskositeetti. Putken suhteellinen karheus saadaan laskettua kaavalla (10), kun tiedetään putken karheus (k) ja hydraulinen halkaisija.

$$R_r = \frac{k}{D_{eff}} \quad (10)$$

Kun tiedetään putken suhteellinen karheus ja Reynoldsin luku, voidaan lukea Moodyn diagrammista (Liite 1) kitkakerroin. Ennen kuin pystytään laskemaan kitkاپainehäviö, pitää laskea putken dynaaminen paine

$$P_d = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2. \quad (11)$$

Seuraavaksi voimme laskea painehäviön metriä kohden seuraavasti

$$P_m = \frac{\lambda_k}{D_h} \cdot P_d. \quad (12)$$

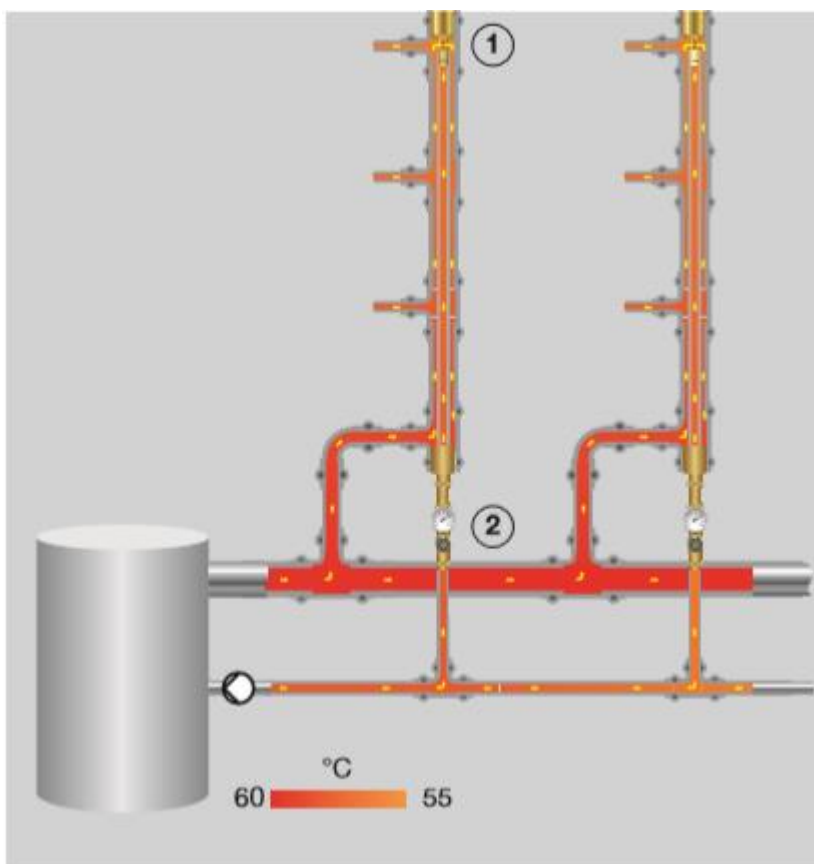
Kaavasta (12)  $\lambda_k$  on Moodyn diagrammista luettu kitkavastuskerroin ja pitää huomata, että kaavassa käytetään hydraulista halkaisijaa.

### 2.1.2 Terveysriskit

Käyttöveden pitää olla käyttäjälleen turvallista ja terveellistä. Yksi käyttöveteen liitettävistä terveysriskeistä on legionellabakteerit ja niiden liiallinen määrä käyttövedessä. Tätä bakteeria esiintyy luonnossa pieninä määriä ja otollisissa olosuhteissa määrät kasvavat ihmiselle haitalliseksi. Liian viileän lämpimän käyttöveden lämpötila tai liian korkea kylmän veden lämpötila aiheuttavat sen, että legionella alkaa lisääntymään putkistossa. Legionellabakteeri lisääntyy käyttöveden lämpötilan ollessa 20-45 celsiusastetta. Yleisimmät paikat missä legionellaa on tavattu vesijärjestelmissä, on jäähdytysvesi ja lämmin käyttövesi. Käyttöveden kautta bakteerilla on myös suora yhteys ihmisiin. Kun legionellojen pitoisuus vesijärjestelmässä kasvaa riittävän suureksi, niitä pääsee hengitysilman kautta tai juotuna ihmiseen. Legionellabakteerit voivat aiheuttaa keuhkokuumetta tai Pontiac-kuumetta. (Terveystieteiden tutkimuskeskus 2019.)

### 3 SMARTLOOP INLINER

Smartloop Inliner on Viegan innovaatio lämpimän käyttövedenkierron toteuttamiseen. Tässä kappaleessa ei käsitellä Smartloop-järjestelmän hyvä tai huonoja puolia vaan keskitytään siihen millä tavalla Smartloop eroaa perinteisestä järjestelmästä. Suurin ero Smartloopissa verrattuna normaaliin lämpimänveden kiertojärjestelmään on, että Smartloopissa lämpimänveden kiertoputki on lämpimän käyttövesiputken sisällä (Kuva 1). Järjestelmään saatavilla olevat liitossarjat ovat lämminvesiputki koolle 28-35 mm ja kiertojohdon koolle 12mm. Tämän kokoluokan putkia voisi käyttää esimerkiksi asuinkerrostaloissa.



Kuva 1. Smartloop inliner-järjestelmä kokonaiskuva

Smartloop Inliner lämpimänveden kiertovesijärjestelmän tarkoituksena on vähentää lämpimän käyttövesikierron lämpöhäviöitä, vähentää asennuskustannuksia ja vähentää putkien tilantarvetta verrattuna perinteiseen lämpimän käyttöveden kiertoan. Suomessa Smartloopia ei vielä käytetä

yleisesti, mutta esimerkiksi muissa pohjoismaissa ja Saksassa järjestelmää on asennettu jo useamman vuoden ajan.

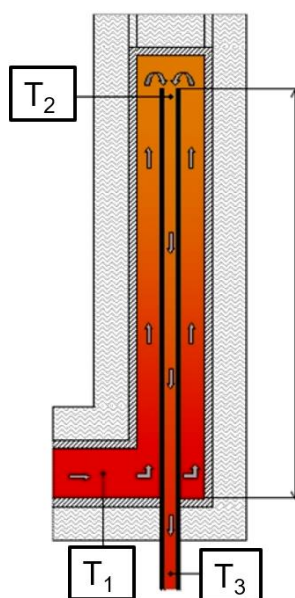
### **3.1. Suunnittelu**

Jotta järjestelmästä tulisi turvallinen ja terveellinen käyttäjälleen, pitää järjestelmä suunnitella siten, että ympäristöministeriön asetukset käyvät toteen. Smartloop järjestelmässä on eroavaisuuksia verrattuna perinteiseen järjestelmään ja nämä eroavaisuudet pitää osata huomioida suunnittelussa. Lisäksi pitää miettiä, missä vaiheessa suunnittelua tulee tietää, asennetaanko rakennukseen Smartloop Inliner lvk-järjestelmä. Smartloop-järjestelmän eroavaisuus aiheuttaa sen, ettei runkoputkesta lähtevät vesijohdot voi olla niin pitkiä, kuin normaalissa lvk-järjestelmässä. Smartloop-järjestelmässä lämminvesiputken sisällä olevaan lämminvesi kierto putkeen ei voi tehdä haaroja. Koska kierto vesiputkeen ei voi tehdä haaroja pitää vesikalusteiden olla lähellä lämpimän veden runkoputkea. Tämä tarkoittaa, että Smartloop runkoputken pitää kulkea lähellä vesikalusteilla varustettuja huoneita. Eli Smartloop-järjestelmää ajatellessa uudiskohteeseen arkkitehdinkin pitää olla tietoinen järjestelmän rajoitteista. Saneerauskohteisiin järjestelmää ajatellessa pitää miettiä ovatko vesikalusteet ja märkätilat riittävän lähellä runkoputkia, jotta Smartloop järjestelmä on mahdollista toteuttaa.

#### **3.1.1 Lämpöhäviöt**

Lämpöhäviöt ovat lvk-järjestelmän mitoituksen ydin ja käytännössä koko mitoitus lvk-järjestelmässä perustuu jollain tavalla lämpöhäviöihin. Smartloop järjestelmässä lämpöhäviöt ovat pienemmät kuin perinteisessä lvk:ssa, mikä on hyvä ottaa huomioon suunnittelussa. Smartloop Inlinerissa lämpöhäviöt jäävät pienemmäksi lämpimän käyttövesiputken sisällä olevan kiertoputken ansiosta. Tällä saadaan pienennettyä putken seinämäpinta-alaa, joka on yhteydessä viileään ilman kanssa. Eli lämpöhäviöt pienenevät parhaimmillaan sen verran mitä normaalissa lvk:ssa kiertovesiputki aiheuttaa lämpöhäviötä. Tietysti tapauksessa, jossa lämminvesiputkea joudutaan kasvattamaan Smartloop kiertovesiputken takia hyödyt jäävät lämpöhäviöiden kannalta pienemmiksi.

Lämpöhäviöstä ja veden lämpötilasta Smartloopissa on huomioitava se, ettei vesi välttämättä jäähdy mitä pidemmälle vesi kiertää. Smartloopissa on mahdollista, että piirin viilein kohta ei olekaan piirin loppupäässä. Viilein kohta saattaa olla kohdassa missä lämminvesiputki vaihtuu kiertovesiputkeksi. Kiertovesiputkessa oleva vesi lämpenee uudelleen, koska kiertovesiputken ympärillä oleva vesi on lämpimämpää (Kuva 2). Eli lämminkäyttövesi lämmittää kiertovettä ja tämä pitää tiedostaa myös piirin säätövaiheessa, ettei vesi jäähdy liikaa missään kohtaa.



Kuva 2. Kuvassa selkeytetty veden jäähtyminen eri väreillä.

Seuraavaksi käydään läpi lämpöhäviöiden laskentaa Smartloop-järjestelmään. Laskennassa tullaan käyttämään eristesarjaa 25 eli eristeen paksuus 60mm ja lämmönjohtavuus  $0,04\text{W/mK}$ , mikä on mineraalivillan lämmönjohtavuus. Laskennan putkiston mitat ovat kuvitteellisia, eikä siis minkään olemassa olevan kohteen mittoja. Putkiston mitat ovat kuitenkin sellaisia, että kyseinen putkisto voisi olla jonkin kerrostalon lvk-järjestelmä. Putkisto jolle lämpöhäviölaskelmat tehdään on kuvan 1 mukainen, mutta laskennassa keskitytään vain ensimmäisen nousun aiheuttamaan lämpöhäviöön. Nousun korkeus on 60 metriä, putkikoko nousussa 28mm. Varaajalta tai kaukolämpökeskukselta enne nousua runkoputkea olisi 10 metriä, lvk koko 15mm ja lämminvesirunkojohto 35mm.

Lämpöhäviölaskentaa on yksinkertaistettu siten, että laskennassa jätetään huomioimatta kohtia, joiden vaikutus on niin pientä, ettei se näy lopputuloksessa. Kupariputken lämmönjohtavuutta ei laskennoissa oteta huomioon, koska kuparin lämmönjohtavuus on niin hyvä, ettei sen vaikutus näy laskennan tuloksissa. Putken sisällä on pakotettu konvektio, joten putken sisäpinnan lämmönsiirtokerroin on 100-10000 W/m<sup>2</sup>K. Tämä tarkoittaa sitä, että putken sisäisen pinnanvastuksen vaikutus jää myös hyvin pieneksi ja voi jättää pois laskennoista. Eristeestä ilmaan siirtyvä lämmön siirto tapahtuu luonnollisella konvektiolla. Ulkopinnan pinnanvastus on C4 ympäristöministeriön asetuksen mukaan 0,13 m<sup>2</sup>K/W. Tämä pinnanvastus pätee, kun kyseessä on rakennuksen sisäpuolella oleva hyvin tuulettuvaan ilmakerrokseen rajoittuva pinta. Joten tämä pinnanvastus pätee hyvin myös kuilussa olevien putkien pinnanvastukseksi. Ensimmäiseksi lähdetään laskemaan eristeen lämmönvastus kaavan (4) mukaan

$$R_e = \frac{0,06\text{m}}{0,04 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} = 1,5 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}. \quad (13)$$

Lasketaan pinnanvastus ja eristeen lämmönvastus yhteen

$$R_{kok} = 1,5 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 0,13 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} = 1,63 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad (14)$$

Lasketaan kokonais lämmönjohtavuus kaavan (4) avulla. Muuttamalla kaava muotoon

$$\lambda_{kok} = \frac{d_e}{R_{kok}} \quad (15)$$

$$\lambda_{kok} = \frac{0,06\text{m}}{1,63 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}} = 0,0368 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$



Käytetään lämpimänveden keskilämpötilana 57 celsiusastetta ja putken ulkopuolella oleva lämpötilana käytetään 20 astetta. Nousun putken pituudeksi sovittiin aikaisemmin 60m. Sijoittamalla kaavaan (1) edellä mainitut ja lasketut tiedot saadaan runkoputken pystynousun lämpöhäviö

$$\Phi = \frac{2\pi \cdot 60m \cdot 0,0368 \frac{W}{mK}}{\ln\left(\frac{74mm}{14mm}\right)} \cdot (57^{\circ}C - 20^{\circ}C) \approx 308W \quad (16)$$

Seuraavaksi lähdetään sijoittamaan samaan kaavaan (1) lämpimänveden runkoputken mitat, niin saadaan lämpimänveden runkoputken lämpöhäviö

$$\Phi = \frac{2 \cdot \pi \cdot 10m \cdot 0,0368 \frac{W}{mK}}{\ln\left(\frac{77,5mm}{17,5mm}\right)} \cdot (57^{\circ}C - 20^{\circ}C) \approx 57W. \quad (17)$$

Kiertovesirunkoputken lämpöhäviöksi saadaan

$$\Phi = \frac{2 \cdot \pi \cdot 10m \cdot 0,0353 \frac{W}{mK}}{\ln\left(\frac{67,5mm}{7,5mm}\right)} \cdot (57^{\circ}C - 20^{\circ}C) \approx 39W. \quad (18)$$

Järjestelmän kokonaislämpöhäviö saadaan, kun lasketaan edellä lasketut lämpöhäviöt yhteen

$$308W + 57W + 39W = 404W \quad (19)$$

Eli vastaukseksi saatiin yhden nousun ja nousulle tulevan runkoputkien lämpöhäviö, kun kyseessä on Smartloop Inliner-järjestelmä. Jotta voidaan verrata lämpöhäviötä perinteisen lvk-järjestelmän kanssa, lasketaan seuraavaksi perinteisen järjestelmän lämpöhäviöt samankokoiseen järjestelmään. Tämä onnistuu siten, että lisäämme jo laskettuun Smartloop-järjestelmän lämpöhäviöihin kierto-vesiputken lämpöhäviöt. Näin saadaan

saman kokoisen perinteisen lvk-järjestelmän lämpöhäviöt. Laskennassa lvk-putki on 15mm kupariputkea. Kaavalla (1) saadaan laskettua lämpöhäviö kiertovesiputkelle

$$\Phi = \frac{2\pi \cdot 10m \cdot 0,0368 \frac{W}{mK}}{\ln\left(\frac{66mm}{6mm}\right)} \cdot (57^{\circ}C - 20^{\circ}C) \approx 214W. \quad (20)$$

Koska perinteiseen järjestelmään siirtyessä mikään muu putkikoko ei välttämättä muutu voidaan juuri laskettu lämpöhäviö vain lisätä edellisiin lämpöhäviö laskelmiin.

$$308W + 57W + 39W + 214W = 618W. \quad (21)$$

Tässä kohtaa huomataan, kuinka merkittävä ero lämpöhäviöissä on. Lämpöhäviöiden muutos vaikuttaa heti koko järjestelmän mitoitukseen. Putki koko valitaan virtausnopeuden perusteella ja virtaama määritetään veden jäähtymän perusteella. Jolloin päästään siihen, että mitä pienemät lämpöhäviöt, sitä pienempää putkea voidaan käyttää. Tämän takia siis Smartloop-putkea ei ole tarjolla kuin 12mm. Luultavasti suuremmalle putkelle ei juuri tulisikaan tarvetta, koska lämpöhäviöt ovat merkittävästi pienemmät voidaan kiertovesiputki mitoittaa pienemmäksi.

### 3.1.2 Putkikoko

Kun Smartloop Inliner-järjestelmää lähdetään suunnittelemaan pitää huomioida, että joissakin tapauksissa lämpimän käyttövesiputken koko saattaa kasvaa. Putken koko kasvaa, koska putken sisällä kulkeva kiertovesiputki pienentää lämpimän käyttövesiputken virtauspinta-alaa. Virtaama saattaa kasvaa liian suureksi, jollei putken kokoa kasvateta ja liian suuri virtausnopeus saa putken kulumaan ennenaikaisesti. Taulukossa 1 on kuvattu millainen vaikutus 12mm kiertovesiputkella on virtauspinta-alaan eri kokoisissa lämminvesi putkissa.

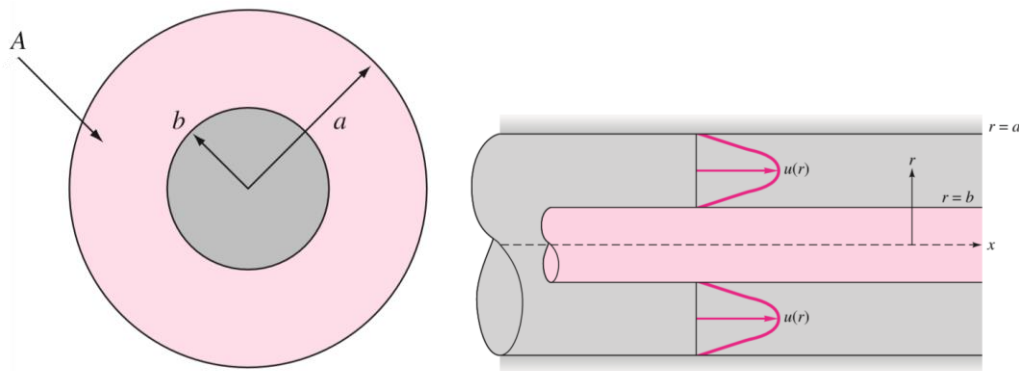
Taulukko 1. Smartloop-putken vaikutus lämpimänveden virtauspinta-alaan.

DN <sub>NP</sub>	Seinäjä vahvuus (mm)	Sisä halk.(mm)	A <sub>NP</sub> [mm <sup>2</sup> ]	Kiertovesiputki (mm)	Kierto A(mm <sup>2</sup> )	Δ A [mm <sup>2</sup> ]	Pinta-ala käytössä	vastaava halk. D <sub>s</sub> (mm)
15	1,00	13	133	12	113	20	15 %	5,0
18	1,00	16	201	12	113	88	44 %	10,6
22	1,00	20	314	12	113	201	64 %	16,0
28	1,20	25	491	12	113	378	77 %	21,9
35	1,50	32	804	12	113	691	86 %	29,7
42	1,50	39	1194	12	113	1081	91 %	37,1
54	2,00	50	1963	12	113	1850	94 %	48,5
64	2,00	60	2827	12	113	2714	96 %	58,8

Smartloop Inlineri mitoitetaan samalla tavalla kuin perinteiseen lvk-järjestelmään. Eli lämpöhäviöiden avulla mitoitetaan veden virtaama riittävän suureksi siten, ettei veden lämpötila pääse laskemaan alle 55 celsiusasteen. Lämpimän käyttövedenkierron putkikoko määritetään siten, että veden virtausnopeus on alle 1m/s. Smartloop-putkea on vain yhtä kokoa, mutta pienempien lämpöhäviöiden ansiosta suuremmalle tulee harvoin tarvetta. Lämpimän käyttöveden kierron runkoputki heti nousun jälkeen, mitoitetaan samalla tavalla kuin perinteisessä lämpimän käyttöveden kierrossa.

### 3.1.3 Painehäviöt

Smartloop-järjestelmän lämminvesiputken painehäviön laskeminen on hiukan monimutkaisempaa kuin normaalin putken painehäviön laskeminen. Tämä johtuu siitä, että lämminvesiputken sisällä oleva lvk-putki pitää huomioida painehäviö laskennassa. Lvk-putken takia voidaan jo heti arvata, että painehäviöt ovat suuremmat kuin perinteisessä järjestelmässä. Tässä kappaleessa käyn läpi, miten Smartloop Inliner järjestelmän lämminvesiputken kitkapainehäviön saa laskettua.



Kuva 3. Havainnekuva Smartloop inliner lämminvesiputkesta (White, F.M. 2011)

Kuvassa 3 on esitetty putki mikä kuvaa Smartloop-järjestelmän lämminvesiputkea, jonka sisällä on smartloop-putki. Seuraavissa laskuissa käytetään putkiensäteitä eli kuvan 3 a:ta ja b:tä.  $b$  on sisemmän putken säde putken ulkopintaan ja  $a$  on uloimman putken säde putken sisäpintaan.  $A$  on virtaus pinta-ala. Tehdään laskenta siten, että  $a$  on 12,8mm ja  $b$  on 6mm. Eli sisempi putki olisi mitoiltaan sama kuin Smartloop-lämminkiertovesiputki. Ulomaisen putken sisäpinnan säde vastaa 28mm kupariputken sisäsädettä. Virtausnopeus putkessa on 1m/s ja veden viskositeetti on 57 asteisen veden viskositeetti eli  $4,956e-7 \text{ m}^2/\text{s}$ . Putken karheutena käytetään D1:sen antamia karheuksia eli muoviputkelle 0,005mm ja kupariputkelle 0,15mm

Ensin lasketaan putken hydraulinen halkaisija kaavan (6) avulla ja saman kaavan pystyy esittämään myös seuraavasti

$$D_h = \frac{4\pi(a^2 - b^2)}{2\pi(a + b)} = 2(a - b), \quad (22)$$

$$D_h = 2(12,8\text{mm} - 6\text{mm}) = 13,6\text{mm}.$$

Hydraulista halkaisijaa ( $D_h$ ) voidaan käyttää läpi koko laskennan. Tällöin saatu tulos ei ole tarkka vaan suuntaa antava. Koska halutaan mahdollisimman tarkka tulos, pitää selvittää skaalattu hydraulinen halkaisija ( $D_{eff}$ ). Ja sitä ennen pitää selvittää hydraulisen halkaisijan korjauskerroin ( $\zeta$ ), joka lasketaan kaavan (8) avulla

$$\zeta = \frac{(12,8 - 6)^2(12,8^2 - 6^2)}{12,8^4 - 6^4 - (12,8^2 - 6^2)^2 / \ln\left(\frac{12,8}{6}\right)} = 1,4861. \quad (23)$$

Kun korjauskerroin on laskettu, voidaan laskea skaalattu hydraulinen halkaisija kaavalla (7)

$$D_{eff} = \frac{13,6mm}{1,4861} = 9,1515mm. \quad (24)$$

Reynoldsin luku saadaan laskettua sijoittamalla kaavaan (9) ja korvaamalla halkaisija (D) skaalatulla hydraulisella halkaisijalla

$$Re = \frac{1 \frac{m}{s} \cdot 0,0091515m}{4,956 \cdot 10^{-7} m^2/s} \approx 18465. \quad (25)$$

Seuraavaksi lähdetään selvittämään millaista pinnan karheutta ( $k$ ) käytetään laskennoissa. Smartloopissa käytetään kahta eri putkimateriaalia muovia ja kuparia, joilla on molemmilla eri pinnan karheus. Karheuteen saadaan varmasti riittävän tarkka arvio, kun lasketaan karheudesta keskiarvo suhteessa kehän pituuteen. Eli sisempi putki on muoviputki, jonka karheus on 0,005mm. Ulompi putki on kupariputki, jonka karheus on 0,15mm. Kaavalla (27) saadaan keskiarvo pinnankarheudesta. Kaavassa  $k_a$  on kupariputken karheus ja  $k_b$  muoviputken karheus. Kaavassa  $a$  on kupariputken säde putken sisäpintaan ja  $b$  on muoviputken säde putken ulkopintaan niin kuin aikaisemmissakin kaavoissa.

$$k_{ka} = \frac{2 \cdot \pi \cdot a}{2 \cdot \pi \cdot (a + b)} \cdot k_a + \frac{2 \cdot \pi \cdot b}{2 \cdot \pi \cdot (a + b)} \cdot k_b \quad (27)$$

$$k_{ka} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 12,8mm}{2 \cdot \pi \cdot (12,8mm + 6mm)} \cdot 0,15mm + \frac{2 \cdot \pi \cdot 6mm}{2 \cdot \pi \cdot (12,8mm + 6mm)} \cdot 0,005mm = 0,1037mm$$

Jotta pystytään lukemaan Moodyn diagrammista kitkakerroin pitää Reynoldsin luvun lisäksi selvittää suhteellinen karheus ( $R_r$ ). Tämä saadaan käyttämällä kaavaa (10) ja karheutena käytetään juuri laskettua karheuden keskiarvoa

$$R_r = \frac{0,1037mm}{9,1515mm} = 0,0113. \quad (28)$$

Tämän jälkeen pystytään lukemaan kitkakerroin Moodyn diagrammista (liite 1). Ennen kuin pystytään laskemaan kitkapainehäviö pitää laskea putken dynaaminen paine, joka saadaan laskettua kaavalla (11)

$$P_d = \frac{1}{2} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(1 \frac{m}{s}\right)^2 = 500pa. \quad (29)$$

Sitten voidaan laskea putken painehäviö metriä kohden. Tämä saadaan laskettua kaavalla (12)

$$P_m = \frac{0,043}{0,0136m} \cdot 500pa \approx 1580 \frac{pa}{m}. \quad (30)$$

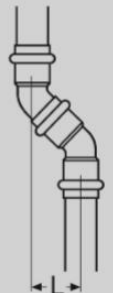
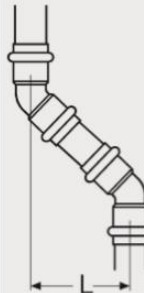
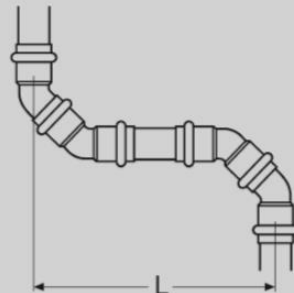
Eli tulokseksi saatiin aika paljon suurempi painehäviö, kun verrataan tilanteeseen missä vesi kulkee 28mm kupariputkessa ilman Smartloop-putkea. D1:sestä löytyy kupariputken painehäviön mitoitus taulukko (Liite 2). Taulukon perusteella 28mm kupariputkessa, jossa virtausnopeus on 1m/s painehäviö olisi 750 pa/m. D1 sen mitoitus taulukko on toki 10 aseiselle vedelle, jonka viskositeetti on eri kuin 55 asteisen. Tämä takia painehäviö on vielä pienempi kuin 750 pa/m. Smartloopin painehäviö ei ole kuitenkaan niin korkea, että se tuottaisi ongelmia. Kerrostaloissa kuitenkin korkeus aiheuttaa huomattavasti suuremman paineen aleneman.

## 3.2. Asennus

Smartloop-järjestelmän asennuksessa on huomioitava monenlaisia asioita, jotta järjestelmästä tulisi toimiva ja kestävä. Smartloop kiertovesiputken asennus tehdään oikein ja sen asentaminen ei tuota ongelmia, jos asennuksessa ja osaltaan suunnittelussa otetaan huomioon Smartloopin eroavaisuudet ja rajoitteet. Näihin asennuksessa huomioitaviin seikkoihin ja itse asennukseen perehdytään tässä kappaleessa. Kun nämä huomioitavat seikat on otettu huomioon, on Smartloopin asennus vaivatonta ja nopeaa.

Smartloop Inliner-järjestelmän asennuksessa voidaan unohtaa kuparijuotosvälineet, koska järjestelmän asennuksessa käytetään puristusliittimiä. Smartlooppiin kuuluvat erikoisosat sopivat yhteen vain puristusosien kanssa eli myös lämpimänvesinputki pitää toteuttaa puristusliittimillä, jotta Smartloopin osat sopivat lämminvesiputkeen. Lämpimän käyttöveden nousuputkea asennettaessa Smartloop-järjestelmään pitää huomioida, että lähdöt nousuputkesta pitää tehdä vähintään 22mm haaralla. Tämä sen takia että lämminvesinousuputken sisälle kulkeva Smartloop-putki saattaa nojata lämminvesiputken seinämää vasten. Jos tällä kohdalla mihin Smartloop-putki nojaa sattuu olemaan lämminvesiputkenhaara, tukkii Smartloop-putki lämminvesiputken haaran. Tämä aikaan saisi tilanteen, jossa virtausnopeus saattaisi kasvaa haarakohdassa liian kovaksi ja aiheuttaisi ennen aikaista kulumista putkessa. Samalla tämä mahdollisesti aiheuttaisi riittämättömän virtaamaa vesikalusteissa. Tämän takia haaran lähdön minimikoko on 22 mm. Putken voi tuki supistaa tarvittaessa heti haaran jälkeen. Jos haaran putki koko on isompi kuin 22mm, käytetään haaranlähdön kokona yhtä kokoa isompaa haaran lähtöä.

Jotta lämminvesiputken asennuksen jälkeen pystytään lämminvesiputken sisään vielä pujottamaan muovinen Smartloop-kiertovesiputki, ei nousuputkessa saa olla liian jyrkkiä sivusiirtymiä. Smartloop-putki on joustavaa polybuteenia ja sallii nousuputkessa pienet sivusiirtymät. Kuvassa 4 on esitetty millaiset sivusiirtymät ovat mahdollisia Smartloop-järjestelmän lämpimänveden nousuputkessa.

Poikkeama	Minimi	45°	90°
			
Sivusiirtymä L [mm]	≥ 40 – 45	≥ 45 – 500	≥ 150 – 500
Tarvittavat osat	1 kpl 45° käyrä, 1 kpl 45° käyrä, puristuspäillä	2 kpl 45° käyrä,	2 kpl 45° käyrä, 2 kpl 45° käyrä, puristuspäillä

Kuva 4. Nousun sivusiirtymät mihin Smartloop-putki on mahdollista pujoittaa.

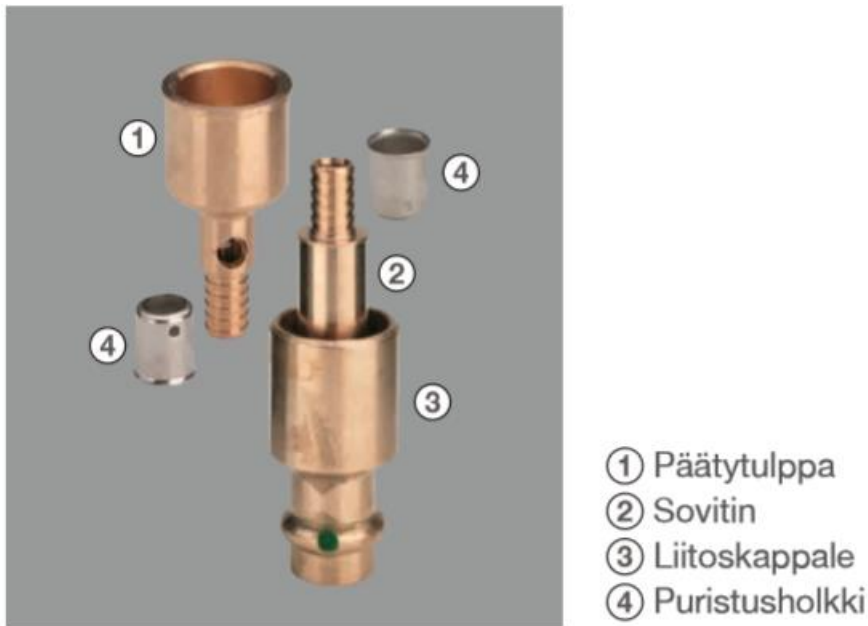
Smartloop-putken asennusta helpottamaan on tehty vetoliitin, joka asennetaan Smartloop-putken päähän (Kuva 5). Vetoliitin helpottaa putken pujottamista etenkin lämpimänveden nousuputkissa, joihin on jouduttu tekemään sivusiirtymiä.



Kuva 5. Smartloop vetoliitin (Viega Suomi n.d.)

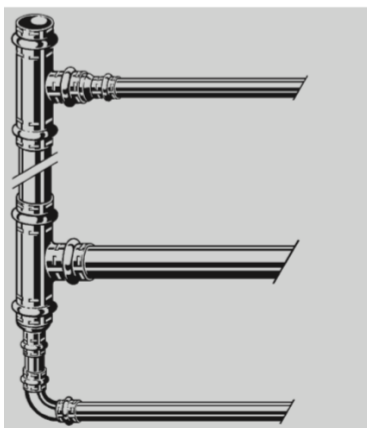
Kun Smartloop-putki on pujotettu lämminvesiputken sisälle, voidaan aloittaa putkien kiinnittäminen toisiinsa. Smartloop-putken päät kiinnitetään lämminvesiputkeen siihen tarkoitetuilla puristeosilla. Kuvassa 6 on tarvittavat osat Smartloop-putken kiinnittämiseen. Ensin kiinnitetään Smartloop-putki liitoskappaleeseen puristusholkilla, jonka jälkeen päätytulppa asetetaan lämpimänveden viimeiseen T-liittimeen.





Kuva 6. Smartloop-putken kytkentään käytettävät liitos osat (Viega Suomi n.d.)

Kun Smartloop-putken yläpää on kiinnitetty, voidaan aloittaa nousun alapäässä Smartloop putken kiinnitys. Ensin kiristetään lämminvesiputken sisällä oleva Smartloop-putki, asennuspihtejä käyttäen ja katkaistaan Smartloop-putki 40 mm:ä lämminvesiputken alapuolelta suorassa kulmassa. Tämän jälkeen Smartloop-putkeen kiinnitetään kuvassa 6 esiintyvä sovitin, puristusholkin avulla. Tämän jälkeen asennetaan liitoskappale, joka puristetaan ensin sovittimeen kiinni mahdollisimman lähelle edellistä liitosta. Tämän jälkeen liitoskappale kiinnitetään lämpimänveden nousuputkeen. Näin saatiin kiertovesiputkelle päämistä sitä voidaan jatkaa kupariputkella. Valmis kytkentä näyttäisi kuvan 7 mukaiselta. Kuvassa 7\_alimmäinen haara on kiertovesiputki, keskimmäinen lämminvesituloputki ja ylimmäinen haara on kerros lähtö.



Kuva 7. Valmis Smartloop kytkentä (Viega Suomi n.d.)

Jos nousuputki on vahingoittunut tai jostain muusta syystä nousuputkea pitää korjata tai jatkaa, tämä onnistuu Smartloop liittimen avulla (Kuva 8). Liittimen avulla pystytään kytkemään Smartloop-putken päät toisiinsa kiinni. Lämpimänkäyttövesiputkea pystytään jatkamaan liukuholkillla.



Kuva 8. Smartloop liitin (Viega Suomi n.d.)

Smartloop liitososia ei ole kuin 28mm ja 35mm lämminvesiputkiin. Tämä ei kuitenkaan estä, etteikö lämminvesiputki itse voisi olla isompi kuin 35mm. Jos mietitään, että nousuputken koko olisi 42mm voitaisiin liitoskappaleet kiinnittää putkenpäihin siten, että supistetaan ensin lämminvesiputki 35 millimetriseksi ja heti supistuksen jälkeen kiinnitetään liitoskappale. Tästä asennustavasta ei olisi haittaa veden virtausnopeuden kannalta, koska ylimääräisen supistusosan läpi liikkuu vain kiertovesi.

## 4 SMARTLOOP INLINER EDUT

### 4.1. Energiansäästö

Yksi Smartloopin hyödyistä on pienemmät putkiston lämpöhäviöt. Tässä kappaleessa tutkitaan, kuinka paljon Smartloopilla säästää energiaa ja kuinka suuri säästö tämä on rahassa. Lämpöhäviöt kappaleessa käytiin läpi yhden kokoisen järjestelmän lämpöhäviöt, joita käytetään tässä kappaleessa energian säästön laskemiseen. Lämpöhäviöt-kappaleessa laskettiin lämpöhäviöt Smartloopille ja perinteiselle lvk-järjestelmälle. Yksi asia on kuitenkin vielä huomioimatta. Tämä asia on mahdollinen lämminvesiputken koon muutos Smartloop-järjestelmässä. Tämän hetkiset laskut pätevät tilanteeseen, missä Smartloop-kiertovesiputken lisääminen ei kasvata lämminvesiputken kokoa. Seuraavaksi lasketaan tilanne, missä lämminvesiputki on yhtä kokoluokkaa isompi. Muutetaan lämpöhäviöt kappaleen laskelmia siten, että nousun putkikoko muutetaan pykälää isommaksi eli 35 millimetriseksi. Joten nousuputken lämpöhäviöt lasketaan uusiksi kaavan (1) avulla

$$\Phi = \frac{2 \cdot \pi \cdot 60m \cdot 0,0368 \frac{W}{mK}}{\ln\left(\frac{77,5mm}{17,5mm}\right)} \cdot (57^{\circ}C - 20^{\circ}C) \approx 345W. \quad (31)$$

Tässä tilanteessa järjestelmän lämpöhäviöksi saadaan

$$345W + 57W + 39W = 441W. \quad (32)$$

Taulukossa 2 on kuvattu lämpimän käyttöveden kierron lämpöhäviöiden aiheuttamaa energian kulutusta vuodessa. Taulukossa 2 on kuvattu myös lämpöhäviöiden aiheuttamat vuotuiset kustannukset. Taulukko on tehty edellä laskettujen lämpöhäviöiden pohjalta. Pitää kuitenkin huomioida, että taulukossa esitetyt putkiston lämpöhäviöt eivät ole kaikki suoranaista energiahukkaa. Putkiston lämpöhäviöistä osa kuitenkin menee rakennuksen lämmittämiseen, joka on pois lämmityksen kustannuksista. Tietysti kesällä putkiston tuoma

lämmitysvaikutus on turhaa ja yllämmitystä. Toinen mitä taulukosta ja laskennasta pitää huomioida on, että laskennassa on käytetty vain yhden nousun lämpöhäviötä ja nousun pituus voisi vastata noin 20 kerroksisen kerrostalon putkinousua. Tässä tapauksessa Smartloop Inliner pienentäisi lämpöhäviötä n. 30%.

Taulukko 2. Lvk:n lämpöhäviöt ja sen aiheuttamat kustannukset eri lvk ratkaisulla esimerkki tapauksessa.

Putkiston mitat	Lämpöhäviöt (W)	kWh/vuosi	€/vuosi
Smartloop 28mm nousu	404	3539,04	220,128288
Smartloop 35mm nousu	441	3863,16	240,288552
Printainen lvk 28mm nousu ja 12mm kierto	618	5413,68	336,730896

Eripituisella pystynousulla Smartloopista saatu lämpöhäviö hyöty on tietysti eri. Mitä pidempi pystynousu sitä isompi hyöty Smartloopista saadaan. Suomessa suurin osa kerrostaloista on 3-8 kerroksisia. Taulukossa 3 on esitetty Smartloopin ja perinteisen lvk:n lämpöhäviöt ja säästöt, kun nousun pituus on 10m ja 25m, jotka vastaavat 3 ja 8 kerroksisen kerrostalon putkinousua. Putkien halkaisijat samat kuin edellä eli 28mm nousu, 35mm runko ja 15mm lvk-putki. Säästöt on laskettu kaukolämmön hinnalla 6,22cent/kWh. Lämpöhäviöt tässäkin taulukossa on laskettu vain ensimmäiseen nousuun asti. Eli säästöt saavutetaan yhdestä noususta ja runkoputkesta.

Nousu 28mm mitta (m)	Perintenen (W) 15mm kierto	Smartloop (W)	Lämpöhäviö pudotus (W)	Lämpöhävöiden lasku(%)	säästö vuodessa (kWh)	säästö vuodessa (€)
10m	182	147	35	0,19	306,6	19,07
25m	313	224	89	0,28	779,64	48,49

Taulukko 3. Smartloopin ja perinteisen Lvk:n lämpöhäviöt. Sekä Smartloopilla saavutettava säästö. Molemmat laskettu 28 mm nousulla.

Runko 35mm mitta (m)	Nousu 28mm mitta (m)	Perintenen (W) 15mm kierto	Smartloop (W)	Lämpöhäviö pudotus (W)	Lämpöhävöiden lasku(%)	säästö vuodessa (kWh)	säästö vuodessa (€)
10m	10m	182	147	35	0,19	307	19,07
10m	25m	313	224	89	0,28	780	48,49

Edellä laskettujen energia säästöjen ja taulukoissa laskettujen säästöjen perusteella nähdään, että kerrostaloissa smartloopilla putkiston lämpöhäviöt pienentyvät 19-30% verrattuna perinteiseen lämpimän käyttöveden kiertoon.

## 4.2. Edut asennuksessa

Smartloopilla saavutetaan myös muita etuja, kuin lämpöhäviön pieneneminen verrattuna perinteiseen lämminvesikiertoon. Etuja saavutetaan myös materiaalikustannuksissa. Asennusmateriaalit tulevat sillä perusteella halvemmaksi, että asennettavaa tavaraa on huomattavasti vähemmän. Lämpimänveden kiertovesiputki vaihtuu Smartloopissa kuparisesta muoviseksi, mikä on halvempaa. Lisäksi Smartloop-järjestelmässä säästytään lvk-putken eristeiltä ja kannakkeilta, joka pienentää asennusaikaa ja vähentää materiaalikustannuksia.

Seuraavaksi lähdetään hiukan arvioimaan missä suuruusluokassa materiaalisäästöt olisivat. Materiaalien hinta on hankala arvioida, koska niiden hinta riippuu siitä, mihin hintaan urakoitsijat saavat tarvikkeet. Eri urakoitsijat saavat tietysti eri hinnoilla riippuen urakoitsijan alennusprosentista. Taulukossa 4 on kuitenkin suuntaa antava arvio, mitä materiaalit tulisivat maksamaan perinteisessä lvk-järjestelmässä. Hinta-arviossa on otettu huomioon vain lämminvesi ja lvk-putken nousuun kuluvat materiaalit. Taulukossa 5 on arvioitu saman kokoisen lämminvesikiertoputken materiaalikustannukset Smartloop-järjestelmässä.

Taulukko 4. Perinteisen lvk- järjestelmän lämmin- ja kiertovesinousuputken materiaali hinta-arvio. Kerrostalo 8 krs.

Osa	Yksikkö hinta	Määrä	hinta (€)
Kannake	4,00€/kpl	16 kpl	64
15mm putken eriste, sarja 23	6,60€/m	25m	165
15mm kupariputki	3,47€/m	25m	86,75
15mm kupariputken liitokset	3,90€/kpl	10kpl	39
Easytop säätöventtiili	60,00€/kpl	1kpl	60
28mm kupariputki	9,74€/m	25kpl	243,5
28mm kupariputken liitokset	10,70 €/kpl	10kpl	107
28mm putken eriste, sarja 23	7,10€/m	25m	177,5
Yhteensä			942,75

Taulukko 5. Smartloop-järjestelmän lämminvesi- ja kiertovesinousuputken materiaalikustannusten hinta-arvio. Kerrostalo 8 krs.

Osa	Yksikkö hinta	Määrä	hinta (€)
Liitossarja	50,00€/kpl	1 kpl	50
Vetoliitin	21,00€/kpl	1 kpl	21
Smartloop-putki	1,73€/m	25m	43,25
Easytop säätöventtiili	60,00€/kpl	1kpl	60
28mm kupariputki	9,74€/m	25kpl	243,5
28mm kupariputken liitokset	10,70 €/kpl	10kpl	107
Kannake	4,00€/kpl	8 kpl	32
28mm putken eriste, sarja 23	7,10€/m	25m	177,5
Yhteensä			734,25

Taulukota 4 ja 5 vertaillen huomaa, että suurimman materiaali säästön Smartloop-järjestelmässä aiheuttaa eristys. Tietysti on mahdollista, että Smartloop-putki aiheuttaa lämminvesiputken koon muutoksen. Eli lämminvesiputki muuttuisi 28mm putkesta 35mm putkeen. Tällöin tietysti materiaalikustannukset nousevat putken ja eristeen osalta (Taulukko 6).

Taulukko 6. Smartloop-järjestelmän lämminvesi- ja kiertovesinousuputken materiaalikustannusten hinta-arvio 35mm lämminvesiputkella. Kerrostalo 8 krs.

osa	Yksikkö hinta	Määrä	hinta (€)
Liitossarja	50,00€/kpl	1 kpl	50
Vetoliitin	21,00€/kpl	1 kpl	21
Smartloop-putki	1,73€/m	25m	43,25
Easytop säätöventtiili	60,00€/kpl	1kpl	60
35mm kupariputki	12,17€/m	25kpl	304,25
35mm kupariputken liitokset	13,70 €/kpl	10kpl	146,59
Kannake	4,00€/kpl	8 kpl	32
35mm putken eriste, sarja 23	7,69€/m	25m	192,25
Yhteensä			849,34

Taulukoiden perusteella päädytään tulokseen, että materiaalikustannukset pienenevät Smartloopilla. Tietysti säästön määrä riippuu rakennuksen koosta ja siitä kuinka iso osa putkistosta on nousuputkea, jonka voi korvata Smartloopilla. Taulukoita vertaillessa voidaan laskea, että taulukoiden kokoluokan tapauksessa säästöä materiaaleissa saadaan 100-200 euroa per putkinousu. Tämä säästö ei tunnu kauhean isolta, kun ajattelee kerrostalon putkiasennusten kokonaiskustannusta. Tietysti kerrostaloissa on yleensä useampi putkinousu, joten säästö kertaantuu sen mukaan.

## 5 POHDINTA

Opinnäytetyössä käytiin läpi Smartloop-järjestelmän suunnitteluun vaikuttavat tekijät kuten lämpöhäviöt, painehäviöt ja putkikoko. Smartloopin asennus sen osat ja asennuksessa huomioitavia seikkoja tutkittiin työssä. Kun työssä käydyt suunnitteluun ja asentamiseen koskevat seikat huomioidaan, saadaan Smartloop-järjestelmästä toimiva, turvallinen, kestävä ja energiatehokas.

Tämän työn perusteella Smartloop-järjestelmä on varteenotettava vaihtoehto perinteisen lämminvesi kierron korvaajana, kohteissa mihin se soveltuu. Etenkin kerrostaloissa Smartloopilla saadaan paljon etuja ja rajoittavista tekijöistä ei niin ole estettä. Tietysti järjestelmän voi asentaa, vaikka rivitaloon tai omakotitaloon kunhan on otettu huomioon järjestelmän toimivuuden ja asentamisen kannalta oleelliset rajoittavat tekijät.

Smartloopilla saadaan aikaiseksi pienemmät putkistonlämpöhäviöt ja pienemmät putkiston materiaalikustannukset. Pienemmillä lämpöhäviöillä on vaikutus rakennuksen juokseviin kustannuksiin. Tietysti voidaan ajatella, että lämpöhäviöthän lämmittävät rakennusta ja tämä on pois lämmityskustannuksista. Putkiston lämpöhäviöillä lämmitetään kuitenkin usein miten sellaisia paikkoja, jossa lämpö menee väärään paikkaan eikä siitä juurikaan saada hyötyä. Putkiremonttien yhteydessä mietitään monesti myös rakennuksen energiansäästämahdollisuuksia, joilla päästään pienentämään energiankulutusta. Taloyhtiöt, joille putkiremontti on aiheellinen haluavat siis samalla remontilla pienentää energiankulutustaan esimerkiksi patteriverkoston perussäädöllä. Smartloopilla saatava säästö on tähän verrattuna pientä, mutta ei aiheuta taloyhtiölle myöskään lisäkustannuksia normaaliin putkiremonttiin verrattuna. Smartloopin tilantarve on pienempi, koska kolmen nousuputken sijasta käytetään kahta. Tietysti Smartloopin takia lämminvesiputken koko voi muuttua suuremmaksi, mikä tuo omat hankaluutensa.

Tietysti tämäkin järjestelmä tuo hyvien puolien mukana rajoittavia tekijöitä ja huonoja puolia. Yksi näistä on isompi painehäviö lämminvesiputkessa, joka ei estä järjestelmän toteuttamista, mutta pitää ottaa huomioon. Smartloop-



järjestelmän kiertovesiputkea ei pysty haaroittamaan jokaiseen kerrokseen, joten tämä estää vesikalusteiden asentamisen kauaksi putkinoususta. Tämä ongelma tulee harvoin vastaan kerrostaloissa, mutta muissa kun kerrostaloissa tästä saattaa tulla ongelma. Smartloop-järjestelmässä lämminvesiputkessa ei saa olla liian jyrkkiä mutkia, jotta Smartloop-putki pystytään pujottamaan lämminvesiputken sisälle. Liiallisen mutkikas lämminvesiputki aiheuttaa sen, että smartloop-putki on hankala tai mahdoton asentaa. Yksi oleellinen huomioitava tekijä järjestelmän asennuksessa on, että haarat lämminvesinousuputkesta pitää tehdä minimissään 22mm haaraosalla.

Tekijän mielestä opinnäytetyö oli mielenkiintoinen, vaikka työ jäikin ajateltua teoreettisemmaksi. Työssä käytiin läpi Smartloop-järjestelmän lämminvesiputken painehäviölaskenta, joka oli ennen työtä tekijälleen tuntematon aihe. Lisäksi työntekijä vahvisti tietoaan lvk-järjestelmästä ja sen mitoittamisesta. Opinnäytetyön edetessä ilmeni joitakin aiheita, mitä Smartloopista voisi vielä selvittää ja tutkia. Työn aikana tietoon ei tullut, että Smartlooppia olisi joskus laitettu elpohormiin. Tämä olisi hyvä aihe jatkotutkimukselle, missä tutkittaisiin Smartlooppia elpohormissa sen tuomia hyötyjä, haittoja ja mahdollisia toteutustapoja. Toinen mitä tässä työssä ei käyty ja olisi hyvä tutkia on Smartloopin vaikutus asennusaikaan.

## LÄHTEET

D1 Suomen rakennusmääräyskokoelma 2007-2017. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot määräykset ja ohjeet 2007 Viitattu 8.1.2020.  
[https://www.finlex.fi/data/normit/28208/D1\\_2007.pdf](https://www.finlex.fi/data/normit/28208/D1_2007.pdf)

C4 Suomen rakennusmääräyskokoelma C4. Lämmöneristysohjeet 2003.  
Luettu: 4.5.2020. <http://www.finlex.fi/data/normit/1931-C4s.pdf>

Talotekniikka info 2019. Lämpimän käyttövedenkiertojohto. Viitattu 15.1.2020.  
<https://www.talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas/8-vvl-lampiman-kayttoveden-kiertojohto>

Talotekniikka ryl osa1 2002. Talotekniikan yleiset laatuvaatimukset 2002.  
Viitattu: 4.3.2020.

Terveystieteiden tutkimuskeskus 2019. Legionellabakteeri ja legionelloosi.  
Viitattu: 22.1.2020. <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/legionellabakteerit-vesijarjestelmissa/legionellabakteeri-ja-legionelloosi>

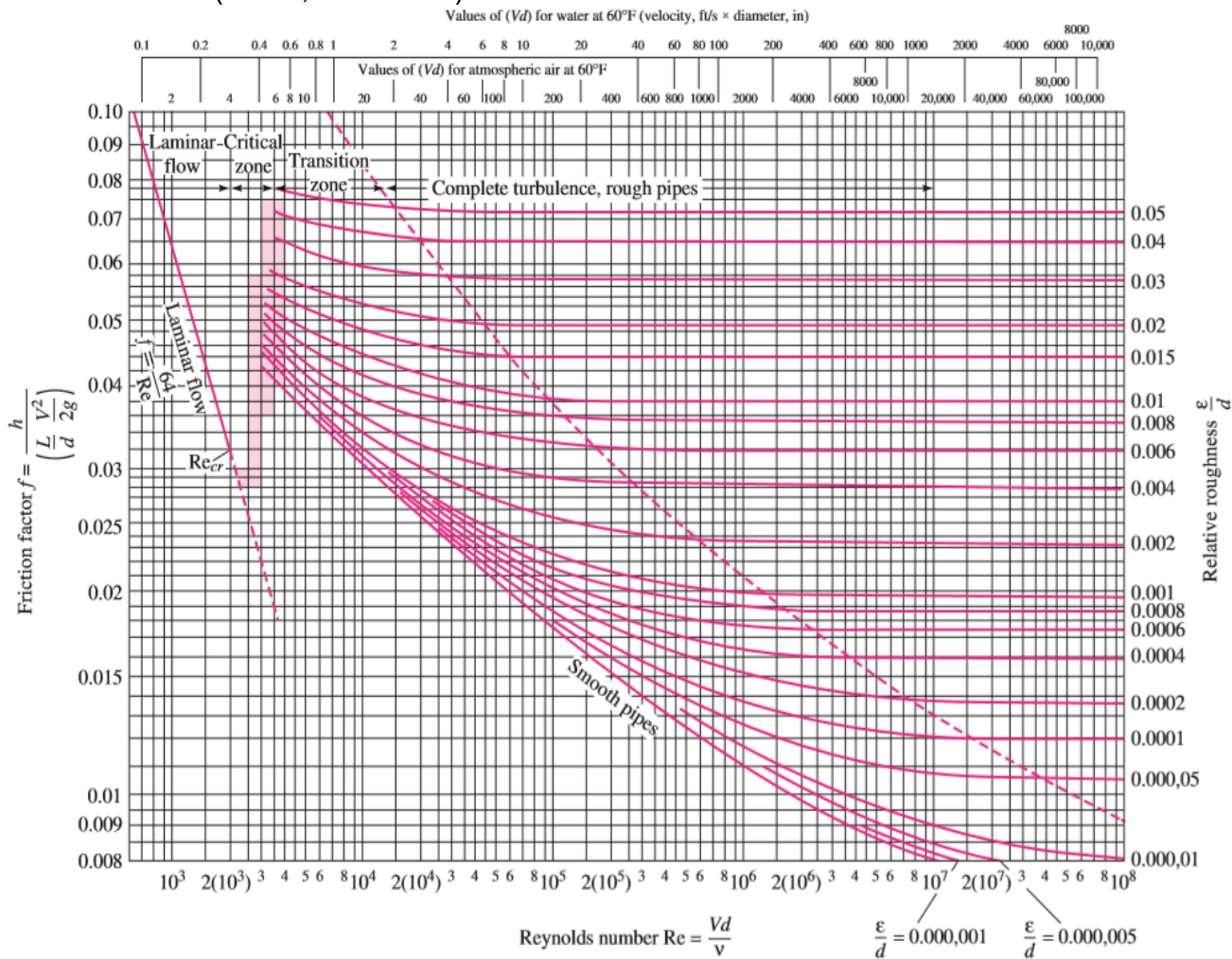
Viega Suomi n.d. Smartloop inliner. Luettu:1.3.2020.  
<https://www.viega.fi/fi/tuotteet/Luettelo/Putkiliitostekniikka/Profipress/Smartloop-Inliner-tekniikka.html>  
White, F.M. 2011. Fluid mechanics. 7 painos. McGraw-Hill: New York. Luettu: 13.3.2020.

Ympäristöministeriö 2017. Ympäristöministeriön asetus kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistosta. Luettu: 8.1.2020.  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171047>

LITTEET

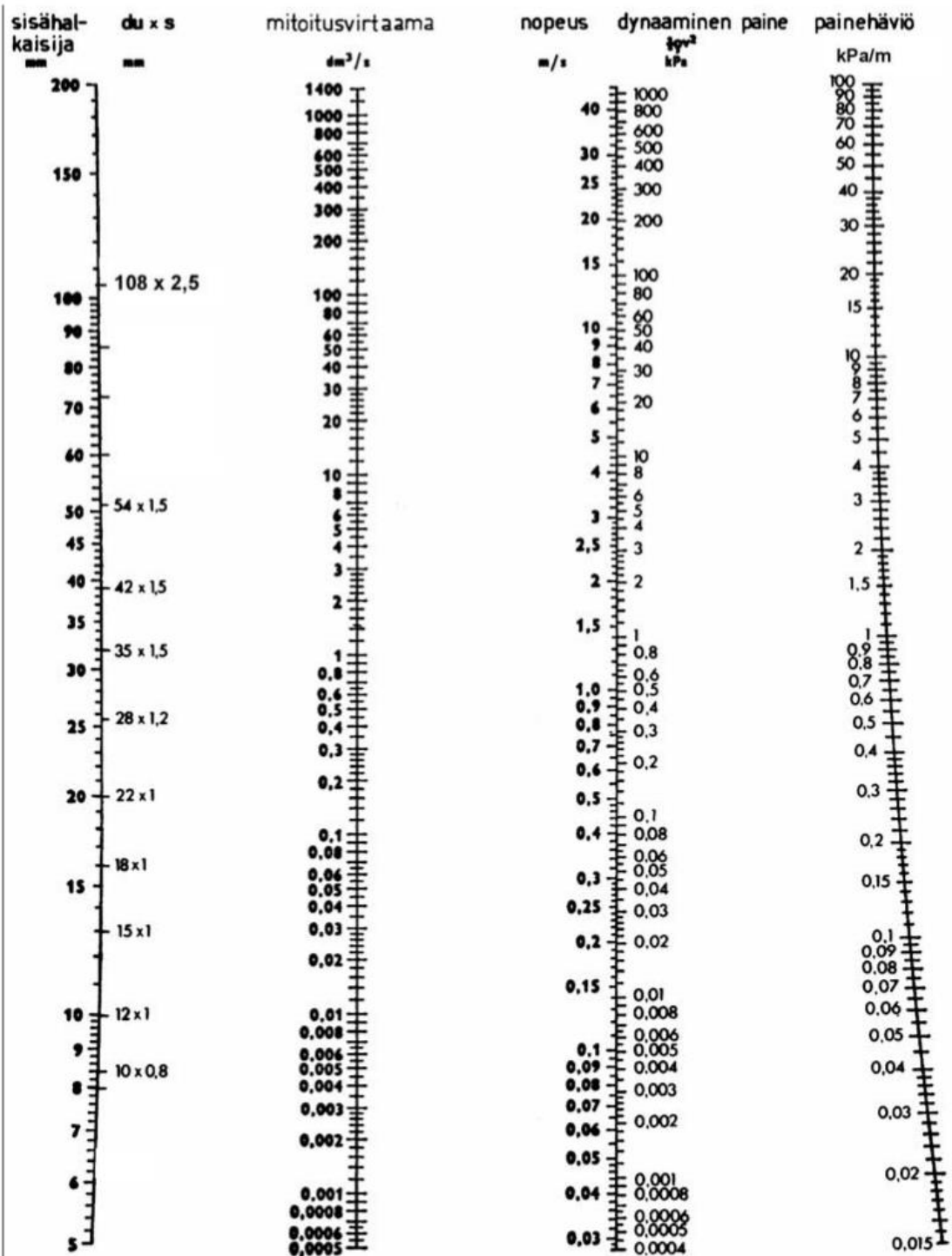
Liite1. Myydyn diagrammi

(White, F.M. 2011)



## Liite 2. Kupariputken painehäviö taulukko

(D1 Suomen rakennusmääräyskokoelma 2007-2017)



41

Kuva 4. Painehäviö kupariputkessa.

Nomogrammi perustuu Colebrookin kaavaan, jossa on käytetty pinnankarheutena  $k = 0,15$  mm. Veden lämpötila on  $10$  °C. Painehäviö  $55$  °C:ssa on enintään 25 % pienempi