

Värmeåtervinning för spillvatten i flerbostadshus med rörvärmväxlare

Fuad Nassiri

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| EXAMENSARBETE | |
| Arcada | |
| | |
| Utbildningsprogram: | Distribuerade energisystem |
| | |
| Identifikationsnummer: | |
| Författare: | Fuad Nassiri |
| Arbetets namn: | Värmeåtervinning för spillvatten i flerbostadshus med rörvärmeväxlare |
| Handledare (Arcada): | Kim Skön |
| | |
| Uppdragsgivare: | Kaj Karves |
| | |
| <p>Sammandrag:</p> <p>Detta examensarbete studerar möjligheten att förvärma tappvarmvattnet i bostadsfastigheter.</p> <p>I och med att stambyte är ett mycket aktuellt ämne i Finland, och kommer att öka de närmaste tio åren, är det kostnadseffektivt att förverkliga i och med stambytet med olika energibesparings möjligheter. Att kunna förvärma inkommande vatten med hjälp av avloppsvattnets värme är ett billigt och enkelt sätt att göra fastigheten energieffektivare.</p> <p>Syftet med detta arbete var att komma med ett koncept för att förvärma inkommande vatten med hjälp av värmen från avloppsvattnet på ett lönsamt och säkert sätt.</p> <p>Förvärmningen av inkommande vatten görs med hjälp av en avloppsvärmeväxlare. I och med att vattnet förvärms behövs det mindre energi för att värma upp vattnet till sin slutliga temperatur.</p> <p>Konceptet som tagits fram är mycket kostnadseffektivt och enkelt att installeras. Det behövs varken ackumulator eller extra automation. Användningen av varmvatten och mängden vatten som måste värmas går hand i hand med den mängd vatten som behövs. Konceptet är avsett för flerbostadshus där användningen av varmvatten är betydligt högre än t.ex. egnahemshus.</p> | |
| Nyckelord: | Värmeåtervinning, avloppsvatten, fövärmning, rörsanering, stambyte, rörvärmeväxlare |
| Sidantal: | 41 |
| Språk: | Svenska |
| Datum för godkännande: | |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| DEGREE THESIS | |
| Arcada | |
| | |
| Degree Programme: | Distributed energysystems |
| | |
| Identification number: | |
| Author: | Fuad Nassiri |
| Title: | Värmeåtervinning för spillvatten i flerbostadshus med rör- värmväxlare |
| Supervisor (Arcada): | Kim Skön |
| | |
| Commissioned by: | Kaj Karves |
| | |
| <p>Abstract:</p> <p>This thesis work deals with possibilities of recovering heat from the waste water in residential buildings in Helsinki region.</p> <p>Renewing old pipes is a very typical issue nowadays in Finland, and will be for the next coming years. Pipe renovations are very extensive renovation for the building itself as well as the residents.</p> <p>The aim of this thesis is to develop a concept for calculating the benefits of preheating the waste water using a heat exchanger.</p> <p>Heat recovery from waste water is done by a heat exchanger pipe made of copper. The heat exchanger preheat the incoming cold water so that less energy is needed to heat up the water.</p> <p>The system is very cost efficient and easy to install. Neither a storage tank, nor additional automation is needed. The amount of hot water, needed, goes hand in hand with the amount of water required.</p> <p>This system is meant for apartment buildings where the use of hot water is substantially higher than a single family house.</p> | |
| Keywords: | Heat recovery, wastewater, preheating, energy efficient, pipe heat exchanger |
| Number of pages: | 41 |
| Language: | Swedish |
| Date of acceptance: | |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| OPINNÄYTE | |
| Arcada | |
| | |
| Koulutusohjelma: | Distribuerade energisystem |
| | |
| Tunnistenumero: | |
| Tekijä: | Fuad Nassiri |
| Työn nimi: | Värmeåtervinning för spillvatten i flerbostadshus med rörvärmeväxlare |
| Työn ohjaaja (Arcada): | Kim Skön |
| | |
| Toimeksiantaja: | Kaj Karves |
| | |
| <p>Tiivistelmä:</p> <p>Tässä opinnäytetyössä on tarkasteltu mahdollisuuksia ottaa talteen jäteveden lämpöä asuin kerrostalossa pääkaupunkiseudulla.</p> <p>Putkiremontti on erittäin ajankohtainen aihe nykypäivän Suomessa ja tulee olemaan seuraavat kymmenen vuotta. Putkiremontti on erittäin laaja peruskorjaus sekä itse rakennukselle ja asukkaille.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää konsepti, jolla voi esilämmittää tulevan jäteveden lämmönvaihtimen avulla taloudellisesti.</p> <p>Jäteveden lämpö otetaan talteen lämmönvaihtimen avulla. Lämmönvaihdin esilämmittää tulevan kylmän veden, niin että vähemmän energiaa kuluu veden lopullisen lämpötilan saamiseen.</p> <p>Konsepti on erittäin kustannustehokas ja helppo asentaa. Järjestelmä ei tarvitse lämminvesivaraajaa eikä automatisointia. Kuuman veden käyttö ja veden esilämmittäminen kulkevat käsi kädessä tarvittavan veden määrän kanssa. Järjestelmä on tarkoitettu kerrostaloille, joissa kuuman veden käyttö on merkittävää verrattuna esimerkiksi omaan kotitaloon.</p> | |
| Avainsanat: | Lämmön talteenotto, putkiremontti, jätevesi, esilämmitys, putkilämmönsiirrin |
| Sivumäärä: | 41 |
| Kieli: | Ruotsi |
| Hyväksymispäivämäärä: | |

INNEHÅLL / CONTENTS

| | | |
|----------|----------------------------------------------------|-----------|
| 1 | INLEDNING | 8 |
| 1.1 | Motiv för ämnesval | 8 |
| 1.2 | Bakgrund | 9 |
| 1.3 | Syfte | 9 |
| 1.4 | Frågeställning | 10 |
| 1.5 | Avgränsningar | 10 |
| 1.6 | Fastigheternas historia | 12 |
| 2 | Värmeåtervinning av avloppsvatten | 13 |
| 2.1 | Avloppsvattnets värmepotential | 13 |
| 2.2 | Lagstiftning (underrubrik teori) | 14 |
| 2.3 | Legionella | 14 |
| 2.4 | Avloppsvattnets volym och temperatur-skillnader | 15 |
| 2.5 | Fjärrvärme priset | 17 |
| 2.6 | Värmeväxlare | 17 |
| 3 | Teknik | 18 |
| 3.1 | Avloppsvärmeväxlaren | 18 |
| 3.2 | Planering | 21 |
| 3.3 | Koppling till fjärrvärmeväxlaren | 22 |
| 3.4 | Antagande | 23 |
| 3.1 | Case | 24 |
| 3.2 | Exempel fiktiv | 26 |
| 3.3 | Kartläggning av fastigheter i Helsingfors och Esbo | 27 |
| 3.4 | Värmeåtervinnings potentialen i huvudstadsregionen | 29 |
| 4 | Resultat | 30 |
| 4.1 | Begränsningar | 32 |
| 5 | Diskussion | 32 |
| | Källor / References | 36 |
| | BILAGOR | 38 |
| | | 38 |

Symboler

| Symbol | Förklaring | Enhet |
|------------|----------------------------------|---------------------|
| c_p | vattens specifika värmekapacitet | Kj/kg °C |
| m | vattnets flöde | dm ³ /s |
| ρ | vattnets densitet | kg/ dm ³ |
| ΔT | temperaturskillnad | °C |
| Q | energi | Joule |

DN: rörets dimension.
Stigare: schakt där vatten- eller avloppsröret går vertikalt
Gråvatten: avloppsvatten från bad, disk och tvätt
Svartvatten: avloppsvatten från toaletter

FÖRORD

Tanken med detta examensarbete är att kunna kartlägga återanvändningspotentialen för spillvatten i huvudstadsregionen och förverkliga det utan större besvär.

Att kunna uppgradera en fastighets energiklass höjer inte bara fastighetens värde utan sänker också byggnadens energianvändning. I detta arbete har jag lärt mig att dyra investeringar behövs ej för att återvinna värme från avloppsvatten. Därtill har jag lärt mig mycket om hur avloppssystemet i en fastighet fungerar.

Tack vare detta slutarbete har jag börjat implementera idén om att förvärma vattnet i mina rörsaneringsplaner som jag gör hos Karves Suunnittelu Oy.

Jag vill tacka alla från Karves som har hjälpt mig med mitt arbete och uttryckt sitt intresse. Jag vill också ge ett varmt tack till Kim för att ha gett mig friahänder i att göra det som intresserar mig.

Jag vill också tacka alla lärare som både har stött och ifrågasatt mitt ämne för examensarbete.

Slutligen vill jag ge en varmt tack min handledare Kim Skön och granskare Karis Badal Durbo.

Helsingfors, den 10 Maj 2016



Fuad Nassiri

1 INLEDNING

Ett allt högre energipris och striktare EU-direktiv har fått fastigheters uppvärmningskostnader att stiga i höjden. Intresset för att ta tillvara energi från frånluft och spillvatten har ökat hos fastighetsägare. Därutöver minskar fastigheten också sitt koldioxidutsläpp, vilket kommer till nytta när utsläppskraven skärps. När det gäller att ta tillvara värme från frånluften har det gjorts stora framsteg både när det gäller tekniken och installation av nya aggregat vid nybygge och sanering, värmeåtervinningen från avloppsvatten har halkat efter. Tekniken att återvinna värme från avloppsvattnet har funnits i 20 år men först nu har intresset ökat i och med att priset på energi har stigit.

Stambyte i fastigheter i huvudstadsregionen är aktuellt och kommer att vara det ännu 30 år framåt. I samband med stambyte kan fastighetsägare göra förändringar som minskar byggnadens energiförbrukning och på så sätt höjer byggnadens värde.

I Sverige har man räknat ut att om man tar och förvärmer fastigheternas varmvatten med 1°C så skulle man spara 720 GWh energi per år [19]. Statistik på hur mycket man kunde spara i Finland finns inte. Om man skulle beräkna den besparade energimängden i proportion till befolkningmängden skulle Finland spara ungefär 412 GWh.

1.1 Motiv för ämnesval

Möjligheten att spara energi är fortfarande stor i dagens läge med alla de tekniska framsteg som har gjorts, men som ännu inte har implementerats i vid utsträckning. När jag började jobba på Karves Suunnittelu Oy där jag bland annat sysslade mycket med balansering av radiator värmesystem. Jag stötte på många scenarion där möjligheten att ta tillvara värme var stor. Under en lång tid grubblade jag på olika alternativ och kom fram till att en stor del av värmen går till spillo via avloppsvattnet vilket man skulle kunna ta tillvara.

Under de senaste åren har det blivit mer aktuellt att förvärma vattnet med solfångare. Men att ta tillvara den energi som finns tillgänglig året runt verkar förnuftigare.

Inspirationen har jag fått från naturen, där det inte existerar något som heter avfall eller spill utan allt återanvänds och har en specifik uppgift i kretsloppen. Med rätt vision och inställning kan vi uppnå samma nivå. Att kunna kartlägga framtidspotentialen för värmeåtervinning ur avloppsvatten kommer att ha en stor betydelse i framtiden.

1.2 Bakgrund

EU har satt upp som mål att alla fastigheter som byggs efter 2020 skall producera lika mycket energi som de förbrukar [1]. Vilket i teorin betyder att man måste ta tillvara värmen från avloppsvatten för att nå EUs mål.

Enligt EU har medlemsstaterna åtagit sig att minska utsläppen av växthusgaser med 20 % tills 2020. För att hålla temperaturökningen under 2 °C har Europarådet godkänt. EU:s mål att minska utsläppen av växthusgaser med 80-90 % jämfört med 1990 tills 2050 [1].

För att kunna nå dessa mål måste varje sektor i samhället bidra till minskning av utsläppen av växthusgaser. Uppvärmningen av fastigheter står för en stor del av koldioxidutsläppen, speciellt i de norra delarna av EU.

1.3 Syfte

Syftet med detta arbete är att kartlägga hur stor kapaciteten är för värmeåtervinning ur avloppsvatten i fastigheter i huvudstadsregionen och beräkna om det är lönsamt för husbolag att återvinna värme från avloppsvattnet. Systemet som undersöks är ett som vid sidan av den primära värmekällan tar tillvara spillvärmen från avloppet.

1.4 Frågeställning

Frågeställningarna avgränsar sig till återvinning av avloppsvatten med rörvärmeväxlare.

- 1) Kan rörvärmeväxlaren installeras i alla befintliga hus?
- 2) När börjar det bli lönsamt att installera avloppsvärmeväxlare för en fastighet?
- 3) Hur stort är kapaciteten för återvinning av avloppsvatten i huvudstadsregionen ur en ekonomisk synvinkel?

1.5 Avgränsningar

Studien behandlar fastigheter som finns i huvudstadsregionen (Helsingfors, Vanda, Esbo och Grankulla); där det inte är möjligt att använda vindkraftsturbiner och solfångare. Solfångare är inte alltid praktiskt eller estetiskt att installera på taket i huvudstadsregionen. Speciellt centrumområde där byggnaderna är mer eller mindre skyddade.

I och med att majoriteten av de större fastigheterna i området som undersöks är kopplade till fjärrvärmenätet kommer inte andra värmesystem och energipriser att beaktas.

Rapporten riktar sig främst mot lösningar för befintliga flerbostadshus men kartlägger till viss del också möjligheten vid nybygge.

I lönsamhetskalkylerna kommer endast beräkningar att göras med dagens energipriser. Faktorer så som inflation kommer inte att beaktas på grund av svårigheterna med att förutspå framtiden.

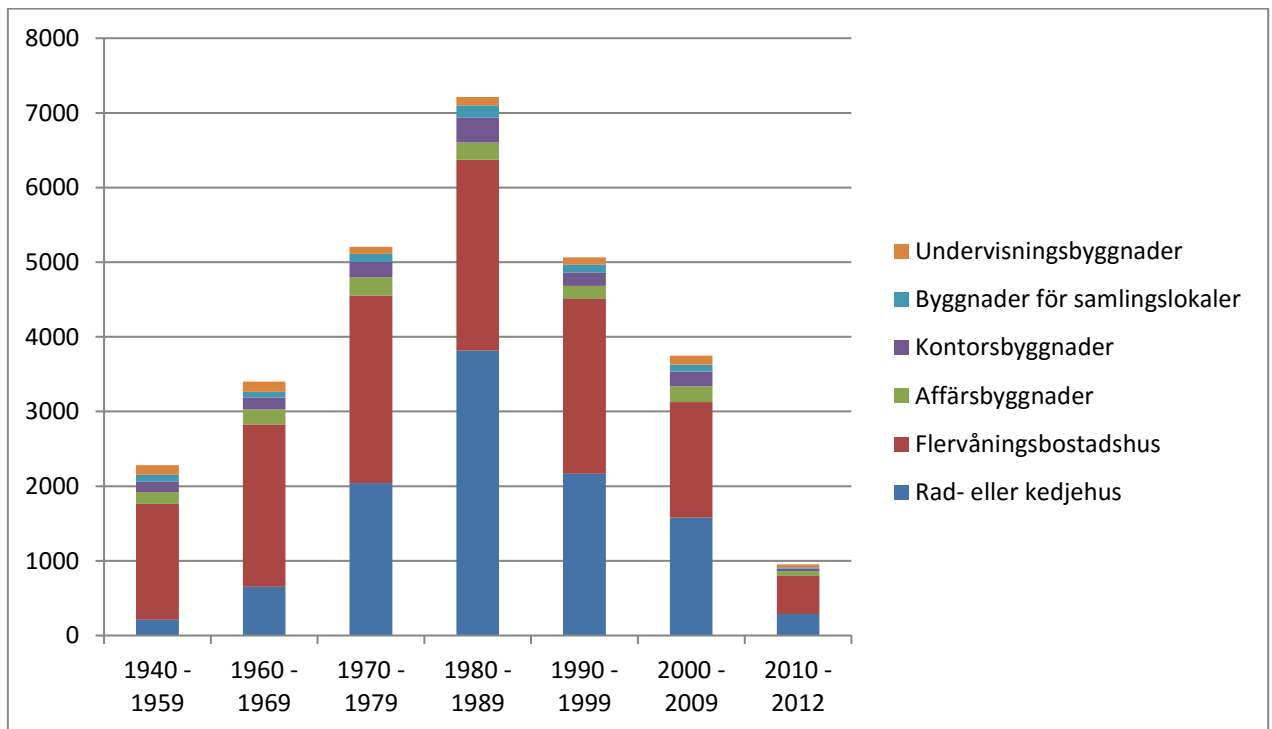
Tekniken som kommer att beaktas är en avloppsvärmeväxlare som är billig och lätt att installera och underhålla.

1.6 Fastigheternas historia

Intresset för att återanvända värmen från avloppsvattnet fick sin början under 1970-talets oljekris då man satte upp direktiv för att minska konsumtionen av olja. De flesta lösningar demonterades efter att oljetillgången gick till det normala [3].

I Finland började man använda avloppsvärmeväxlare på 70-talet främst i simhallar och idrottshallar [3]. I början på 80-talet kom en mycket enkel avloppsvärmeväxlare i Nordamerika som var gjorda i koppar. Idén med produkten var att förvärma inkommande vatten och lagra värmen i ackumulatorn.

Återanvändning av värme ur avloppsvatten eller spillvatten, som det också kallas, har inte utnyttjats så mycket i Finland. I industrin, simhallar och idrottshallar använder man sig dock av värme återanvändning ur avloppsvatten. Orsaken varför dessa två nischer har tillämpat tekniken är pga. att det är lönsamt när det finns ett konstant flöde i avloppssystemet. Återbetalningstiden för dessa enheter har varit mellan två och tre år.[3]



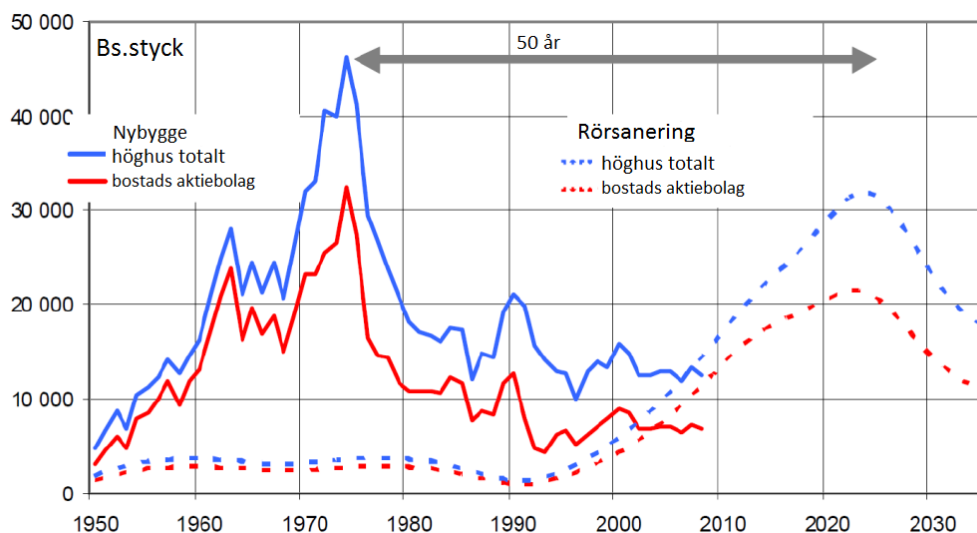
Figur 1. Antalet nybyggen i de olika årskullarna.[4]

I figur 1 kan man se antalet byggnader som byggdes mellan olika årtal i Helsingfors, Esbo, Grankulla och Vanda. I statistiken beaktas inte småhus.

När man tar i betraktande byggnader som är aktuella för rörsanering dvs. byggnader som är byggda mellan åren 1960-1969 ser man att de stora årskullarna är på kommande. Potentialen att spara energi i samband med rörsanering är enormt för de stora årskullarna. Ur en nationell synvinkel kan detta också vara intressant. Myndigheterna kan komma med strängare byggnadskrav t.ex. för att minska de nationella koldioxidutsläppen.

Redan idag är det aktuellt med stambyte för de flesta husbolag, men toppen kommer att nås först år 2019-2021 [7]. Det rekommenderas att avloppsrören förnyas åtminstone var femtionde år. Vilket betyder att nästa högkonjunktur för rörsanering kommer att vara dubbelt större.

Till skillnad från bild 1 så finns även småhus med i detta diagram.



Figur 2. Behovet av rörsanering inom de närmaste 20 åren[4]

2 VÄRMEÅTERVINNING AV AVLOPPSVATTEN

2.1 Avloppsvattnets värmepotential

Den potentiella värmen som kan återanvändas från avloppsvattnet kan man räkna ut med ekvation 1.

$$Q = m c_p \Delta T \quad l$$

där

Q = energi, kJ

m = vattnets flöde, l/s

c_p = vattens specifika värmekapacitet, KJ/kg °C

ρ = vattnets densitet, kg/l

ΔT = temperaturskillnad, °C

Som exempel kan vi ha ett husbolag med 100 personer som använder i genomsnitt 155 l/dygn. Husbolagen lyckas förvärma varmvattnet med 4°C. Skulle inbesparingen i teorin se ut som tabell 1.

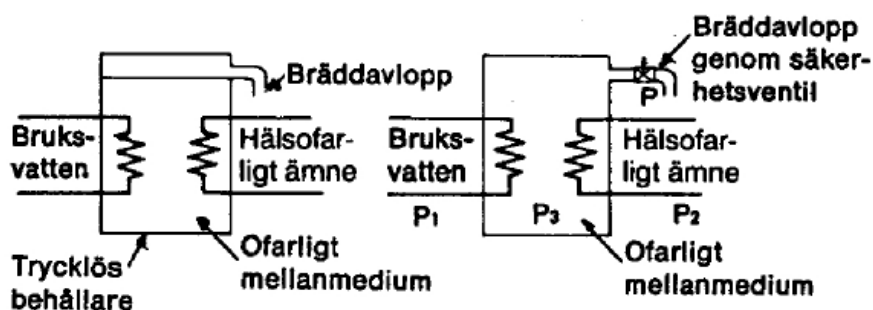
| | |
|--------------------------------------------|---------|
| Antal invånare | 100 |
| Vatten användning (l/ invånare/ dygn) | 155 |
| Antal dagar per år | 365 |
| Husbolagets vattenförbrukning (l/ år) | 5657500 |
| Vattnets densitet (kg/l) | 1 |
| Mängden avlopps vatten (kg/år) | 5657500 |
| Vattens specifika värmekapacitet, KJ/kg °C | 4,19 |
| Förvärmning av vattnet (Δ °C) | 4 |
| Återvunnen värmeenergi (MJ/år) | 948,197 |
| 3,6MJ=1 kWh | 3,6 |
| Återvunnen värmeenergi (MWh/år) | 263,39 |

Tabell 1. Besparings möjligheter

Med priset av fjärrvärme i november 2015 i Helsingfors (59,66 €/MWh) [9] skulle en besparing på 263,39 MWh motsvara 15 713,84€.

2.2 Lagstiftning

Enligt Finlands byggbestämmelsesamling del D1, som behandlar vatten- och avloppsinstallationer för fastigheter, får inte dricksvatten komma i kontakt med avloppsvatten varken via läckage eller diffusion genom rörväggen. Om man skall återvinna värme måste värmeväxlaren förverkligas på ett säkert och hygieniskt sätt.



Säkerhetsventilens öppningstryck p väljes så, att läckage i spiralen observeras ($p_3 < p < p_1$ eller p_2).

Ett läckage i spiralen observeras genom flöde ur bräddavloppet. Bräddavloppet förses med alarm.

Bild 1. Bild på hur hälsofarliga ämnen skall kopplas för att inte komma i kontakt med bruksvatten.

2.3 Legionella

Legionella bakterier finns naturlig i vattnet och trivs i temperaturer i intervallet 20-42°C. Risken för tillväxt ökar när vattnet är stillastående under en lång tid. Minskningen av legionella bakterier sker vid 50°C och uppåt. Vid 50°C dör vanligtvis 90 % av bakterierna inom loppet av 80-110 minuter.

Legionella sprids till människor via vattendimma, främst i duschar, där bakterier fäster sig vid lungorna och leder till legionärssjukan [2].

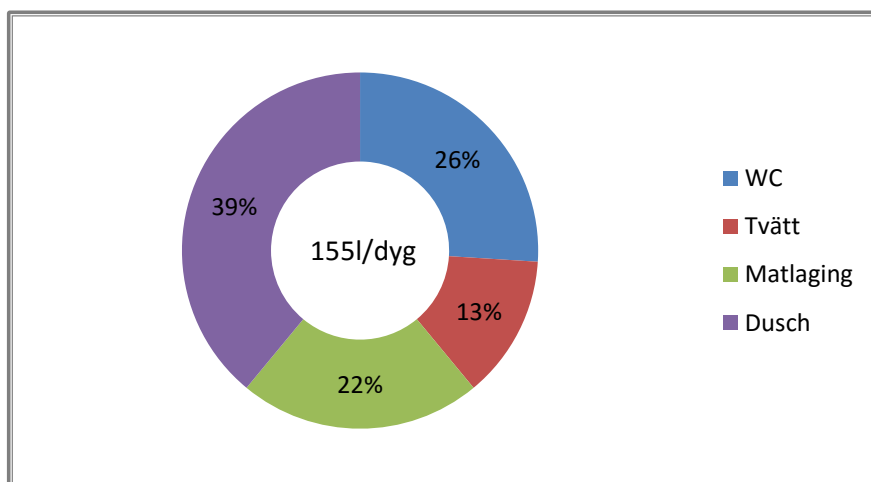
2.4 Avloppsvattnets volym och temperatur-skillnader

Vattenanvändningen i EU är i genomsnitt mellan 120-260 l/dygn. Vatten användningen i Finland ligger mellan 90-260l/dygn. I medeltal är vattenanvändningen hos finländare i genomsnitt 155 l/dygn[11]. I huvudstadsregionen är vatten användningen per invånare 196 liter [15]. Yngre människor tenderar att använder mera vatten än äldre.

I bostadshus och kommersiella fastigheter är avlopps vattentemperaturen i medeltal mellan 20-30°C oberoende på vad det är för årstid. Under natten, på grund av liten förbrukning av vatten, är avloppsvattnet 2-3°C lägre jämfört med temperaturen under dagtid.

Vattnet som spolas i toalett stolen har inte en stor inverkan på avloppsvattnet temperatur. Orsaken är att vattnet som finns i toalett stolen står i genomsnitt flera timmar i rums temperatur, före den spolas. Vilket betyder att vattnet värms upp till rumstemperatur.

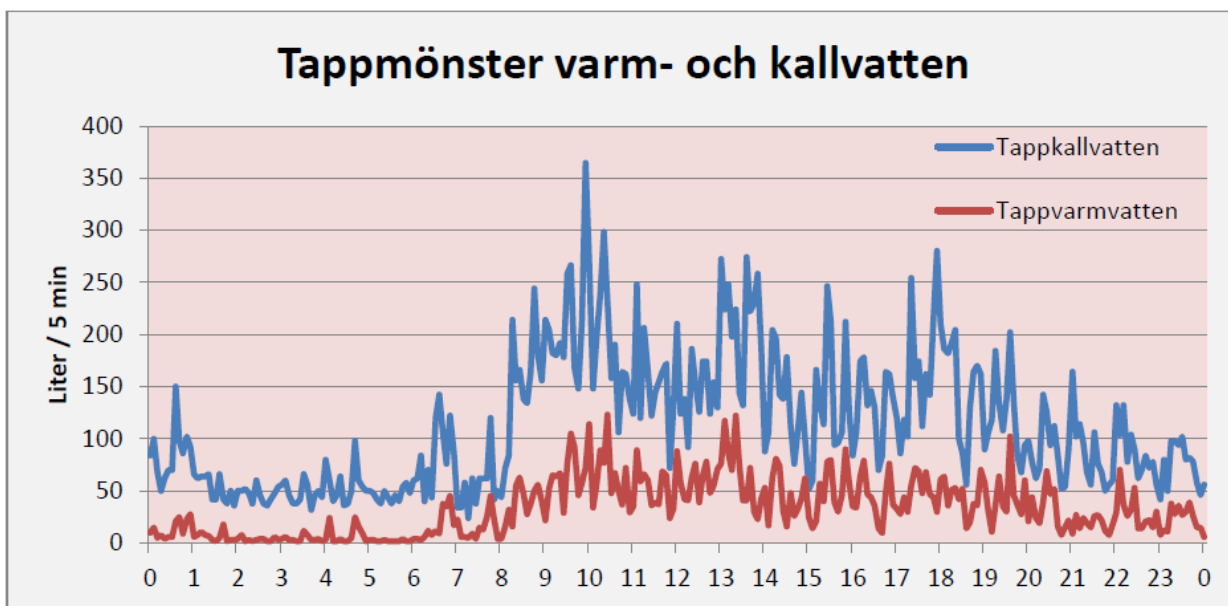
Reningsverket kräver att avloppsvattnet som kommer in ska minst ha samma temperatur som färskvattnet, det vill säga mellan 5-10°C.



Figur 3. Vattnets fördelning per person per dygn[11].

Varmvattnets andel är i medeltal mellan 40-50 liter/ dygn. Enligt en undersökning, som Motiva har gjort, kan man spara 15-20 % vatten per person genom att installera en vattenmätare i varje lägenhet [11].

I figur 3 kan man se mönstret både för kall- och varmvattnet under ett dygn för 110 lägenheter. I figuren kan man se att de allra största topparna hittas under morgon och kvällstiden [17].



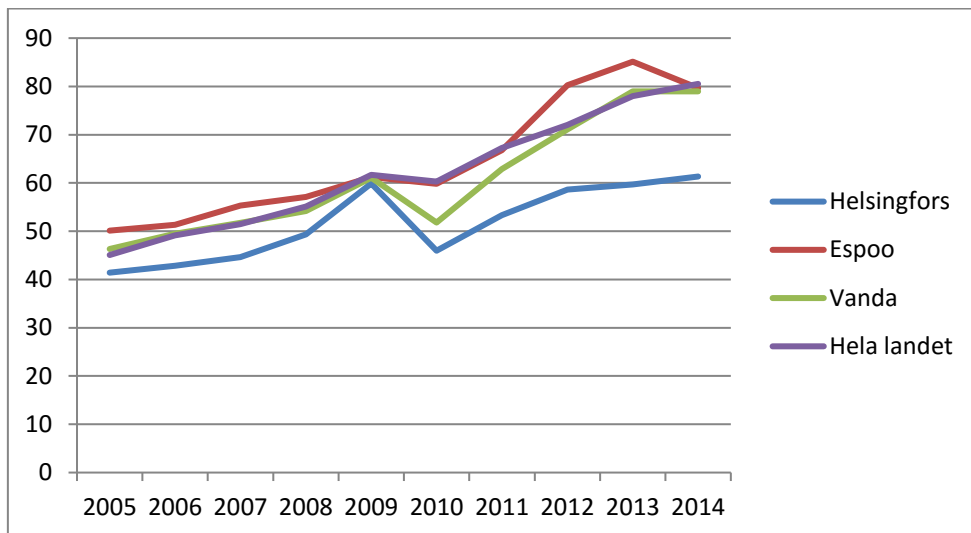
Figur 4. Mönstret för användningen av kall- och varmvattnet under ett dygn.

Om man jämfört äldre byggnader med nybygge och passivhus så är uppvärmningen av varmvatten en liten del av rumsuppvärmning i äldre fastigheter. I nyare fastigheter, eller äldre byggnader som renoverats, siktar man på att minska uppvärmningen genom att isolera väggarna ordentligt vilket leder till att uppvärmningen av tappvarmvatten står för en större procentuell del av energianvändningen. I passivhus kan uppemot hälften av energin gå till uppvärmning av tappvarmvatten.

2.5 Fjärrvärmepriset

Priset på fjärrvärme är också en faktor som är intressant att titta på. Under perioden 2005-2014 har priset stigit med cirka 80 % från 45.07€ till 80.52€ [9].

Priset på fjärrvärme varierar mycket i huvudstadsregionen. Den billigaste fjärrvärmen hittas i Helsingfors där den kostar 61.33€, Vanda 78.97€, i Esbo och Grankulla 79,67€. Orsaken varför fjärrvärmen är billigast i Helsingfors är att fjärrvärmen är en biprodukt av elektriciteten som produceras. Medan i Esbo och Grankulla produceras fjärrvärmen primärt[8].



Figur 5. Priset för fjärrvärme är taget från årets första månad[9]

2.6 Värmeväxlare

En värmeväxlare används för att överföra värmeenergi från ett medium till ett annat. När medierna flödar genom värmeväxlaren överförs värmeenergi från det varma mediet till det kalla. Effekten för värmeöverföringen kan härledas från ekvation 2.

$$Q = (\dot{m} c_p \Delta T)_1 = (\dot{m} c_p \Delta T)_2 \quad 2$$

Ekvationen är beroende av massflöde, värmekapacitet temperaturen.

3 TEKNIK

I det här kapitlet behandlas hur man tekniskt förverkligar värme återvinning ur avloppsvatten. Tekniken som kommer att läggas fram tar främst hänsyn till fastigheter som finns i städer, huvudsakligen i huvudstadsregionen.

Byggnaden måste ha ett visst volymflöde av avloppsvatten för att tekniken skall vara lönsamt. En byggnad med 20-30 lägenheter eller om energianvändning av varmvatten är mellan 100-125 MWh ger bra förutsättningar. Det är också viktigt att det finns utrymme att installera flera rörvärmeväxlare.

3.1 Avloppsvärmeväxlaren

Den här formen av värmeväxlare är passiv och populär i egnahemshus i Nordamerika men kan också användas i flerbostadshus. Produkten tillverkas i olika diametrar för att passa olika storlekar som förekommer på avloppsrören.

Power pipe är en passiv värmeväxlare som är gjord av koppar och som består av två rör varav den första slingrar sig runt den andra. Risker för att röret rostar är mycket liten. Koppar är ädlare än järn och rostar inte på samma sätt. Risker för att avloppsvattnet och vattnet kommer i kontakt med varandra finns inte i och med att två olika barriärer finns.

Enheten installeras vertikalt och ska ersätta en del av avloppsledningen. För att undvika stora tryckförluster på kallvattensidan ska värmeväxlaren kopplas till hög fyra lägenheter.

Orsaken varför avloppsvärmeväxlaren installeras helst vertikalt är att spillvatten faller längs med värmeväxlarens centrala rör och bildar en tunn hinna längs dess inre väggar. Vilket leder till att värmeöverföringsarean blir maximal och ger en högre värmeöverföring.

Men avloppsvärmeväxlaren kan också installeras vågrät. För att behålla spillvattnet en längre tid så formar man buckla på röret som leder vattnet ut ur röret. På bild 3 kan man

se när avloppsvärmeväxlaren installerar vertikalt. Vattnet lagras i själva röret där värmen kan utnyttjas när nästa sats av avloppsvatten kommer in i röret skuffar den undan det stilla stående vattnet. [14].

Nackdelen med produkten är att tekniken fungerar bara då tappning och tömning av varmvatten sker. Det tar ungefär 2-3 minuter för att värmeväxlarens värmeöverföring stabiliserar sig. Men om fler lägenheter är kopplade till värmeväxlaren kan en viss sammanlagringseffekt nås.

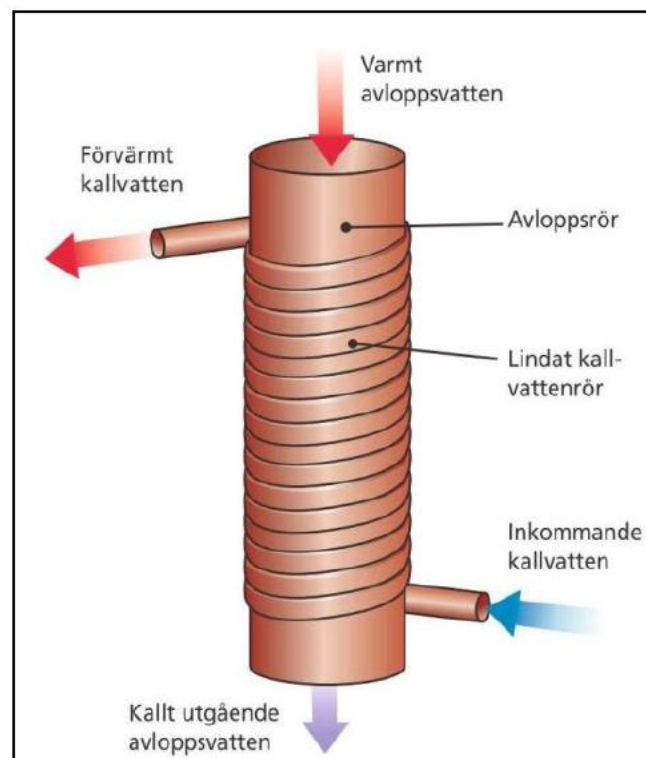


Bild 2. Avloppsvärmeväxlaren består av två separata rör varav den ena slingrar sig runt den andra.

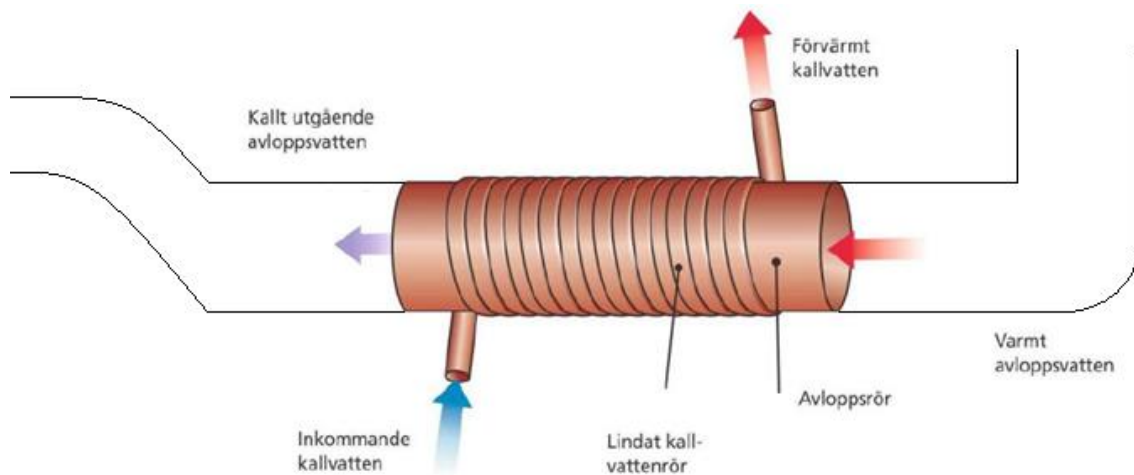


Bild 3. Avloppsvärmeväxlaren kan också installeras vågrät, men de gäller att ha en buckla på utgående röret så att spillvattnet inte rinner ut för snabbt.

Flera enheter kan även kopplas i serier för att få så hög verkningsgrad som möjligt.

Power pipe värmeväxlare strider inte mot finska myndigheters bestämmelser för att den består av två separata rör, som fungerar som en värmeväxlare. Men om det uppstår ett hål i båda rören samtidigt kan inte bakterier tränga in sig igenom röret på grund av vattnets trycket.

Olika modeller av Power pipe värmeväxlaren har testats av University of Waterloo. Temperaturverkningsgraden varierar mellan 31,5–72,7% beroende på Power pipe modell.

$$\varepsilon = \frac{(T_{c, out} - T_{c, in})}{(T_{h, in} - T_{c, in})}$$

3

| | |
|---------------|----------------------|
| ε | |
| $T_{c, out}$ | <i>Kallvatten ut</i> |
| $T_{c, in}$ | <i>Kallvatten in</i> |
| $T_{h, in}$ | <i>Varmvatten in</i> |
| $T_{c, in}$ | <i>Kallvatten ut</i> |

Experimenten upprepades flera med olika nominella flöden (4, 8, 11 och 14 l/min). För flerbostadshus passar 4 tum (DN100) diameter modellen med längden 1,83 och 3,05m beroende på hur stor vattenanvändningen är. Power pipe har en temperatursverkningsgrad mellan 62.9–72.2%. Mätningarna utfördes med spillvattentemperatur på 36°C och kallvattnet hade en temperatur på 8°C. Vid mätningen hölls spillvattenflödet och kallvattenflödet lika stora

Power pipe har använts på ett flertal ställen bland annat i ett radhus i Tammerfors.

I en undersökning som gjorde av tidningen VVS-Forum i ett egnahemshus visades att man kunde förvärma kallvattnet med mellan 5-10°C beroende på flödet. Tidningen räknade ut att fastigheter kunde spara upp emot en tredjedel av tappvarmvattenkostnaderna genom att [13].

Avloppsvärmeväxlaren Power pipe har inte testats i flerbostadshus med fjärrvärmeväxlare.

| | |
|------------------------|---------|
| Livslängd | 40 år |
| Powerpipe pris | 1 000 € |
| Installationskostnader | 150 € |

Tabell 2. Egenskaper och kostnad för Power pipe avloppsvärmeväxlaren.

3.2 Planering

Vid planering av rörsanering är det viktigt att kunna se potentiella energibesparingsmöjligheter. Möjligheter som inte var lönsam för 40 år.

Det gäller att planera rутten så att stigarna är så när som möjligt pannrummet där fjärrvärmeväxlaren finns. Vid planerings stadiet lönnar de sig även att ha flera växlare i se

Att skilja åt gråvatten från svartvatten avloppen är en kostsam och opraktiskt lösning. Vattnet som står i toaletten är kall men när vattnet stått i rumstemperatur en längre tid stiger vatten temperaturen nästan till omgivningens temperatur [3].

Även om husbolagen väljer att rörinfordra avloppsrören, d.v.s. att med hjälp av en socka bilda ett nytt rör in de befintliga rören, så brukar man i allmänhet byta ut de avloppsrör som är synliga. Oftast är det avloppsrör som finns just i källarutrymmen. Om golvvavloppen på botten eller källarvåningen är synliga kan man dirigera avloppsrören om för att anpassas till avloppsvärmeväxlaren.

Man kan installera Power pipe värmeväxlaren på två sätt. Man kan antingen koppla den direkt till fjärrvärmeväxlaren, vilket har inte gjorts tidigare, eller så kopplar man Power pipen direkt till stigarna.

Reningsverken kräver att avloppsvattnet som kommer till deras anläggningar inte får underskrida 5 °C för att de kan rubba reningsverkets bakterie fauna.

3.3 Koppling till fjärrvärmeväxlaren

Genom att koppla in Power pipe värmeväxlaren in till själva fjärrvärmeväxlaren dvs. man förvärmer inkommande kallvattnet innan man värmer vattnet till sin slutliga temperatur som är 58°C. Genom denna lösning undviker man många problem. Tappvarmvatten förbrukningen går hand i hand med mängden vatten som värms upp, vilket eliminerar behovet för en ackumulator. Varken automation eller extra pumpar behövs. Systemet fungerar på ett passiv sätt och skall helst vara i värmefördelningscentralen (pannrummen) där avloppsrören möts. På detta viset minskar man värmeförlusterna.

Risken för att varmvattnet står stilla och värms upp till rumstemperatur som möjliggör tillväxten av legionellabakterier är lika stor utan Power pipe värmeväxlaren. Ledningarna blir dock rumstempererade efter en tid alltså borde inte värmeväxlaren tillföra någon större risk. I normala system existerar enbart vatten före växlaren, som i princip har temperatur under 10°C C, efter värmeväxlaren cirkulerar vattnet utgående 58 °C retur 55 °C.

Power Pipe har inte tidigare kopplats till ett fjärrvärmesystem. Men är en naturlig lösning i och med att fastigheter som är kopplade till fjärrvärmenätet inte har en ackumulator där förvärmda vattnet kan lagras.

Power pipe har inte testats i flerbostadshus. I befintliga byggnader kan installationsarbetet bli komplicerat. Men i och med rörsanering är tekniken lättare att implementeras i och med att man kan planera om avloppsrören som finns i källarvåningen.

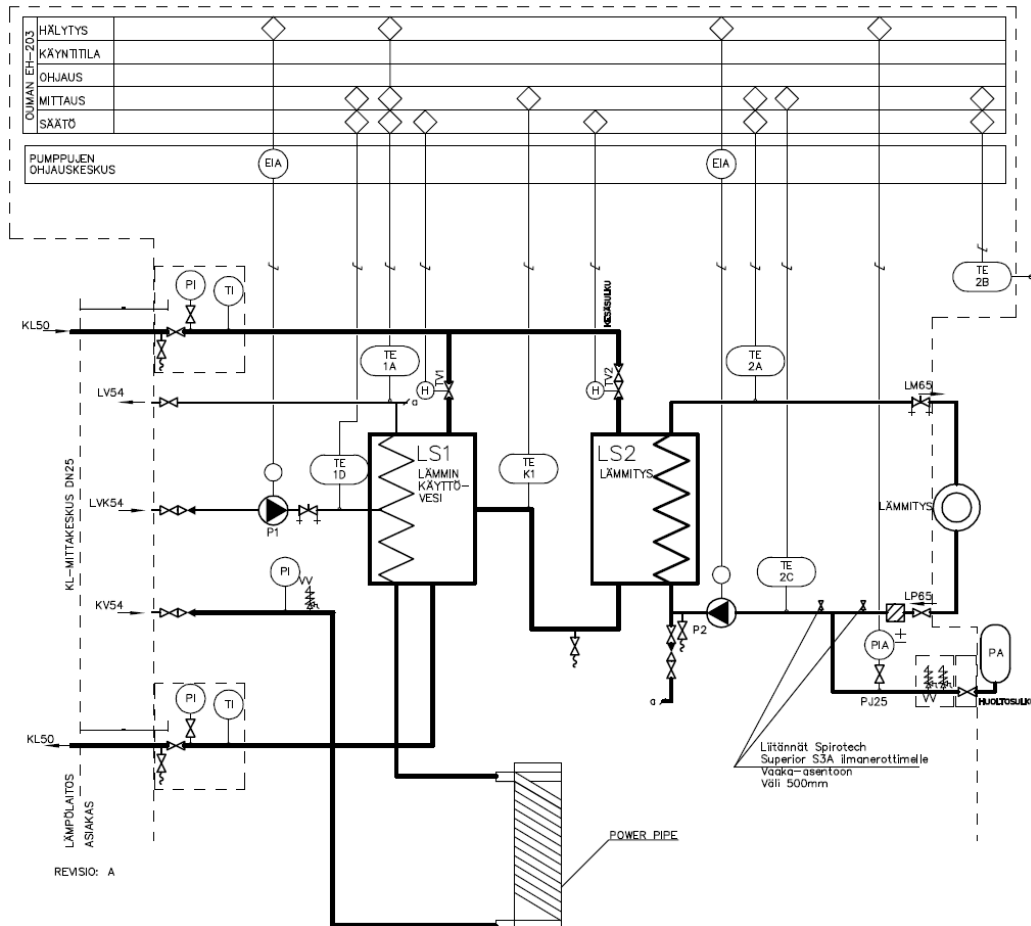


Bild 4. Schematisk ritning på hur kopplingen skulle kunna se ut. Inkommande bruksvatten förvärms via avloppsvärmeväxlaren och sedan uppvärms den till 58C i LS1.

3.4 Antagande

För att kunna göra beräkningarna så verkligt som möjligt har vissa antaganden fastställts-

- Fjärrvärme priset. 65€/MWh
- Kostnader så som anslutningspris tas i beaktande, för att fastigheten är redan kopplad till fjärrvärmenätet
- Livslängden för rörvärmväxlaren antas vara 40 år

- Inkommande vatten temperatur är 7°C
- Avloppsvattnet har en konstant temperatur på 27°C
- 30 % av värmeenergin går till att värma upp varmvattnet
- Varmvattnet värms upp till 58°C

3.1 Case

I de här kapitlen behandlas ett husbolag där rörsanering är på kommande. Husbolaget finns på Dalvägen, Grankulla och är byggt 1971. Husbolaget har valts för att Karves har planerat rörsaneringen och all väsentlig information var tillgänglig.

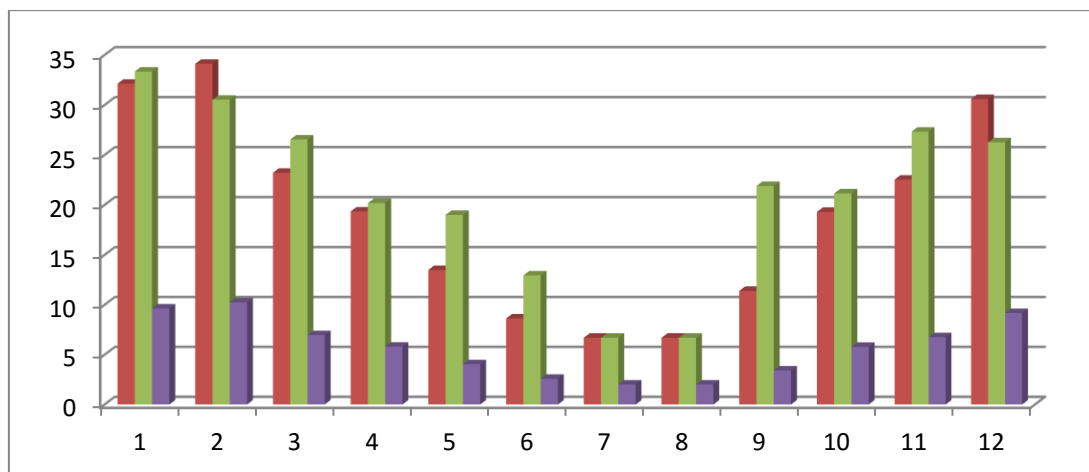
Byggnaden har 13 bostäder med sammanlagt 17 boende. Den yngsta personen i byggnaden är 75 år gammal och den äldsta personen 103 år.

Det här husbolaget har flera nackdelar än fördelar. Fördelen är att alla är rätt så gamla och har samma vanor så som att stiga upp tidigt och läger sig rätt tidigt. Medan nackdelarna är att äldre människor tenderar att använda mindre varmvatten jämfört med unga. Antalet lägenheter är bara 13 och antalet boende är bara 17 personer.

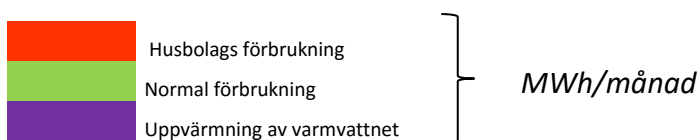
I projektbeskrivningen står det att endast 2 badrum skall renoveras under rörsaneringen vilket betyder att avloppsrören kommer att rörfodras, men att avloppsrören som befinner sig i källaren kommer att bytas ut helt.

Husbolaget uppvärms med hjälp av fjärrvärme. Fjärrvärme räkningen och användningen baserar sig på ΔT d.v.s. att det finns två instrument som mäter skillnaderna på framlednings och returtemperaturen.

Ett skilt instrument som mäter mängden vatten som värms upp finns inte. Enligt Finlands byggnadsbestämmelser D5 så går 30 % av uppvärmningsenergi till uppvärmning av varmvatten. Avloppstemperaturen är svår att förutspå men enligt en studie som har gjorts så är avloppsvattnets temperatur i genomsnitt 27°C[18].



Figur 6. I figuren ser man att ungefär en tredjedel av värmen går åt att värma varmvattnet.



| | | | | | | | | |
|-------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Vattenförbrukning | 840 000 | 840 000 | 840 000 | 840 000 | 840 000 | 840 000 | 840 000 | liter/ år |
| Inkommande vatten temp. | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | °C |
| Avloppsvattnets temp. | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | °C |
| Förvärmning | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | °C |
| Cp= kJ/kg °C | 4,19 | 4,19 | 4,19 | 4,19 | 4,19 | 4,19 | 4,19 | kJ/kg °C |
| Priset på fjärrvärme | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | €/MWh |
| Besparad energi, kJ | 35196000 | 31676400 | 28156800 | 24637200 | 21117600 | 17598000 | 14078400 | kJ |
| MJ/ år | 35196 | 31 676,4 | 28 156,8 | 24 637,2 | 21 117,6 | 17598 | 14 078,4 | MJ/år |
| 3,6MJ=1kWh | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | |
| kWh | 9 776,7 | 8 799,0 | 7 821,3 | 6 843,7 | 5 866,0 | 4 888,3 | 3910,7 | kWh/år |
| MWh | 9,78 | 8,80 | 7,82 | 6,84 | 5,866 | 4,89 | 3,91 | MWh/år |
| Besparing | 635 | 572 | 508 | 445 | 381 | 318 | 254 | €/år |

Tabell 3. Förvärmning av vattnet samt besparing, Dalvägen, Grankulla

Resultaten är inte överraskande på grund av antalet boende. Besparingen skulle bli som bäst 635 € per år. Ur en mer realistisk syn skulle det högst antagligen ligga mellan 445-508€ per år.

I beräkningen har framtida energipriser inte beaktas, men ur ett realistiskt perspektiv kommer besparingen att öka för varje år i och med att energi priset stiger.

3.2 Exempel fiktiv

För att få en snabb inblick i om en fastighet har potential för att förvärma sitt vatten är det bra att skapa riktlinjer för att se om fastigheten är en lämplig kandidat.

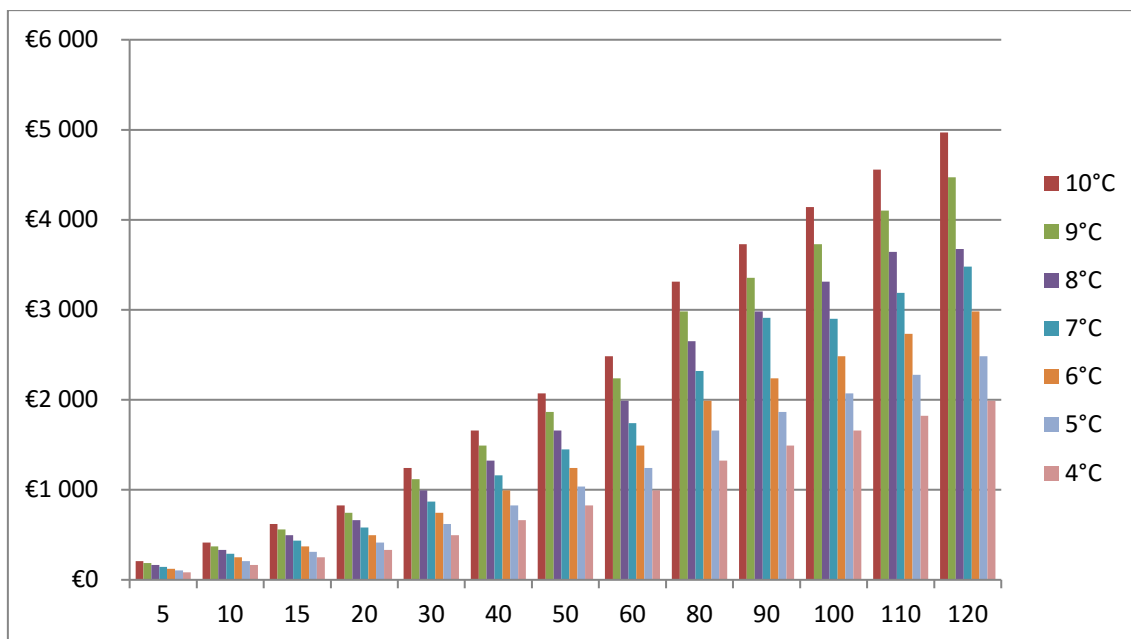
| | |
|-----------------------|--------------|
| Vattenanvändning | 150 l/person |
| varmvatten andel 30 % | 45 l/person |
| Fjärrvärmepris | 65 €/ MWh |

Tabell 4. Antagande för den fiktiva exemplen.

Antalet personer har en direkt korrelation när det gäller att återvinna värme. Ju fler personer desto större är besparingen.

| Antal personer | 10°C | 9°C | 8°C | 7°C | 6°C | 5°C | 4°C |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 5 | 207 € | 186 € | 166 € | 145 € | 124 € | 104 € | 83 € |
| 10 | 414 € | 373 € | 331 € | 290 € | 249 € | 207 € | 166 € |
| 15 | 621 € | 559 € | 497 € | 435 € | 373 € | 311 € | 249 € |
| 20 | 828 € | 746 € | 663 € | 580 € | 497 € | 414 € | 331 € |
| 30 | 1 243 € | 1 118 € | 994 € | 870 € | 746 € | 621 € | 497 € |
| 40 | 1 657 € | 1 491 € | 1 325 € | 1 160 € | 994 € | 828 € | 663 € |
| 50 | 2 071 € | 1 864 € | 1 657 € | 1 450 € | 1 243 € | 1 035 € | 828 € |
| 60 | 2 485 € | 2 237 € | 1 988 € | 1 740 € | 1 491 € | 1 243 € | 994 € |
| 80 | 3 314 € | 2 982 € | 2 651 € | 2 320 € | 1 988 € | 1 657 € | 1 325 € |
| 90 | 3 728 € | 3 355 € | 2 982 € | 2 909 € | 2 237 € | 1 864 € | 1 491 € |
| 100 | 4 142 € | 3 728 € | 3 314 € | 2 899 € | 2 485 € | 2 071 € | 1 657 € |
| 110 | 4 556 € | 4 101 € | 3 645 € | 3 189 € | 2 734 € | 2 278 € | 1 822 € |
| 120 | 4 970 € | 4 473 € | 3 676 € | 3 479 € | 2 982 € | 2 485 € | 1 988 € |

Tabell 5 Antalet personer samt förvärmning av avloppsvattnet.



Figur 7. Besparingar i relation till invånarantal och olika förvärmnings temperaturer

I en fastighet med 80 invånare finns ett stort antal stigare vilket betyder att man tvingas ha lika många avloppsvärmeväxlare from stigare.

| | |
|---------------------------------|---------|
| Inkommande kallvatten | 5-10°C |
| Förvärmning av tappvattnet till | 11-17°C |

Tabell 6. Inkommande vatten temperatur samt förvärmnings temperatur.

Inkommande kallvatten kan vara mellan 5-10 °C beroende på var fastigheten befinner sig.

3.3 Kartläggning av fastigheter i Helsingfors och Esbo

Helsingfors och Esbo byggnadstillsynsverk har byggnadsregister på alla byggnader i Helsingfors. I samarbete med Jani Hannén från Karves har vi visualiserat alla byggnader i Helsingfors, Esbo och Vanda [10]. Färgen på byggnaderna visar vilket år det byggdes. Vad byggnadsregistret inte visar är om byggnaden har haft diverse renoveringar under fastighetens livstid. Helsingfors, Esbo och Vanda stad har ett byggnadsregister öppet för allmänheten vilket underlättade arbetet med att visualisera byggnaderna.

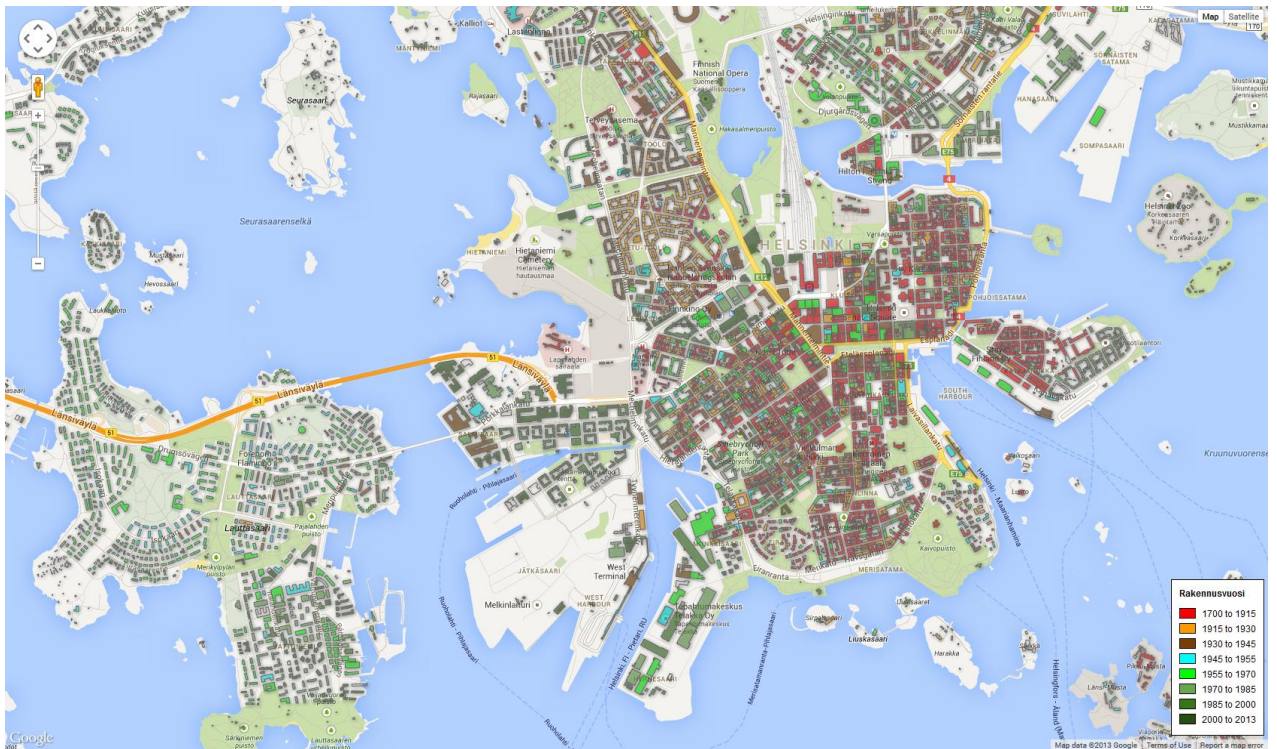


Bild 5. En visuell karta på byggnader i centrala Helsingfors [10]. Bild 6. En visuell karta

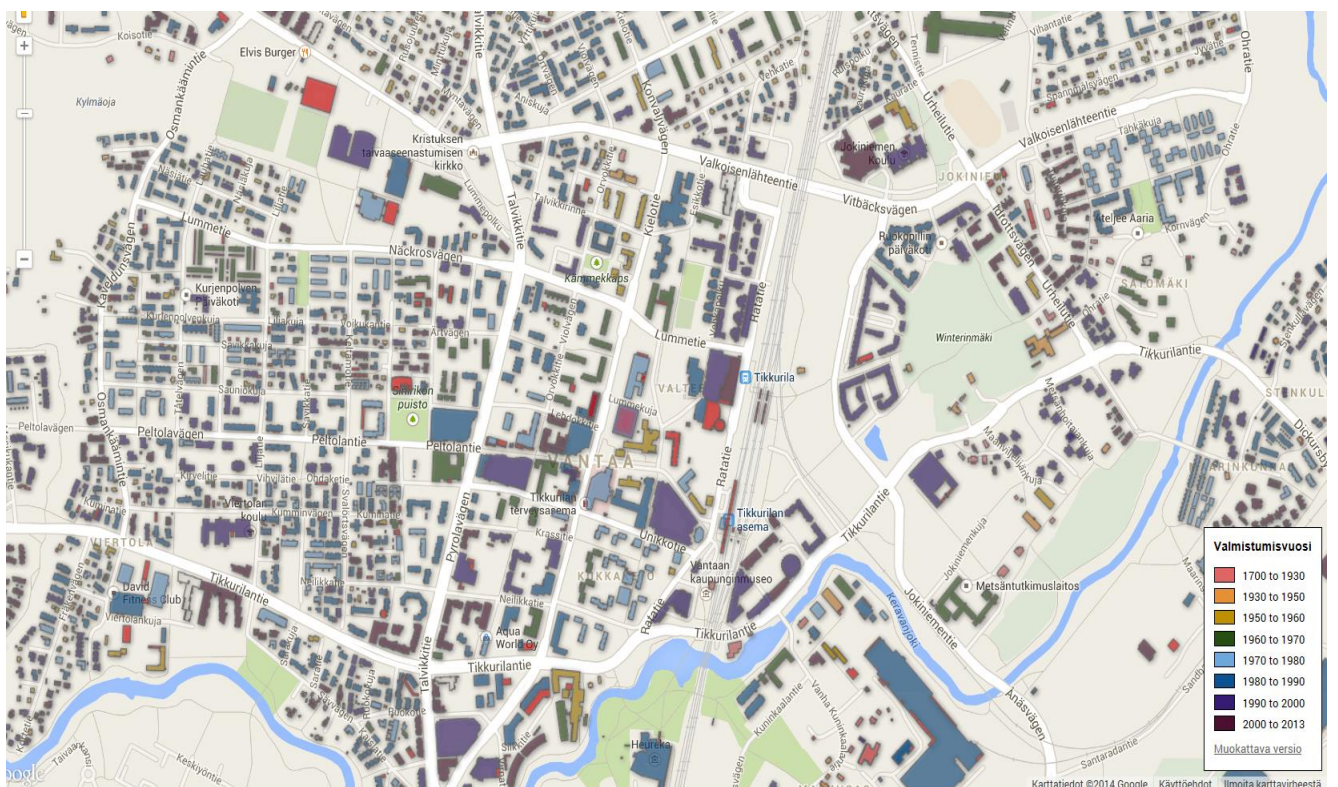


Bild 7. En visuell karta på byggnader i östra Vanda [10].

3.4 Värmeåtervinnings potentialen i huvudstadsregionen

För att kunna räkna ut hur mycket den teoretiska besparingen på uppvärmningskostnader används data från statistikcentralen. Genom att räkna ut antalet invånare kan vi estimerade vattenanvändningen.

| | Befolkningen 31.12. |
|---------------|---------------------|
| Område | 2012 |
| Esbo | 256824 |
| Helsingfors | 603968 |
| Vanda | 205312 |
| Grankulla | 8910 |

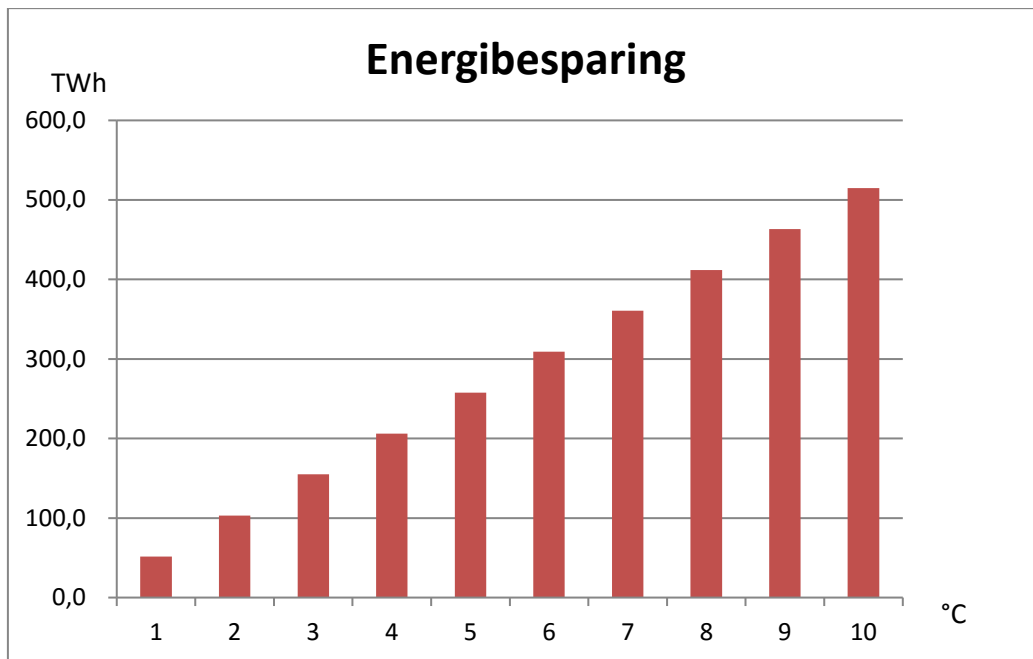
Tabell 7. Antalet invånare i respektive i kommun.

Enligt statistiken bor 75 % av huvudstadsregionens i flervåningshus. Med hjälp av denna information räknas vattenanvändningen för 75 % av huvudstadsregionens invånare.

| | m ³ | Liter | m ³ /år | liter/år |
|----------------------|----------------|-----------|--------------------|-------------|
| Vattenanvändning | 121227 | 121227000 | 44247855 | 44247855000 |
| Varmvatten andel 30% | 36368,1 | 36368100 | 13274356,5 | 13274356500 |

Tabell 8. Vattenanvändningen respektive varmvatten andel av 75 % av huvudstadsregionens befolkning.

Genom att förvärma vattnet mellan 1-10°C kan man i huvudstadsregionen spara mellan 51,5-515 TWh/år.



Figur 8. Mängden energi som bespararas genom att förvärma vatten med 1,2,3...10°C.

4 RESULTAT

Resultaten är inte överraskande när det gäller Dalvägen 9. Det förväntades att installationen är olönsam på grund av den höga åldern och antalet invånare (litet flöde).

Besparing för Dalvägen 9 skulle i bästa fall bli 14,3 % av hela årets energiförbrukning för uppvärmning av varmvatten, vilket är marginell. Om man skulle kunna minska antalet stigare, genom att slå ihop dem och på så sätt minska antalet värmepumpar som behövs skulle man kunna få ett mycket bättre resultat.

Slutsatsen är att det är praktiskt att installera värmepumpar så länge man kan koppla alla värmepumpar till stigaren

Återbetalningstiden blir mycket mindre om man tar i beaktande inflation, unga människor som flyttar in och mängden avloppsvatten som överstiger 27°C.

Varje fastighet är individuell och människorna som bor i fastigheten har vanor som avviker från normen. Allt leder till svårigheter att räkna besparingen. Problemet ligger i

tiden som avloppsvattnet behöver för att kunna nå värmeväxlare. Desto större vattenanvändningen är desto effektivare blir värmeåtervinningen.

Beräkningen visar att avloppsvärmeväxlaren kan till och med vara lönsam att installera i de mest extrema fallen.

Den fiktiva räkningen har gjorts för att ge en snabb överblick om en fastighet har ekonomiska förutsättningar att installera avloppsvärmeväxlare. Men när det gäller att implementera de i verkligheten måste man ta i beaktande alla stigare. Hur avloppsrören går i källarutrymmen osv.

Den förvärmade vätskan kan också kopplas till en värmepump för att t.ex. värma upp fastigheten. Det skulle i sin tur kräva en ackumulator och att systemet automatiseras vilket inte kommer att tas upp i detta arbete.

Den enda nackdelen med avloppsvärmeväxlaren är att alla stigare måste gå igenom pannrummet för att minska distansen mellan avloppsvärmeväxlaren och fjärrvärmeväxlaren. Detta problem åtgärdar man under rörsaneringen där man kan planera om avloppsnätet som finns i källarvåningen. Man måste också ta i beaktande uppdämningshöjden på avloppsrören[16].

En annan flaskhalseffekt som måste tas i beaktande är om det finns många badkar i en fastighet vilket leder till att stabiliseringsperioden rubbas, vilket i sin tur leder till att den naturliga automationen mellan varmvatten användningen och mängden avloppsvatten inte går hand i hand.

När det gäller återvinning av avloppsvatten är det lönsammare att återvinna värmen så fort som möjligt och helst i själva fastigheten så att avloppsvattnet kyls ner så lite som möjligt.

En annan aspekt som inte tagits med i beräkningen är att tvätt- och diskmaskin konsumerar kall vatten och avlägsnare varmt vatten vilket höjer på varmvatten användningen.

Rent ekonomiskt skulle Finland spara en hel del med tanke på 2020 politiken som hela EU strävar efter.

4.1 Begräsningar

Tekningen har en hel del nackdelar. Problemet är att när värmeåtervinningen är långt ifrån källan vilket innebär att temperaturen på spillvattnet hinner sjunka. Ett annat problem är om den inkommande vattnet passerar värmepumpen för snabbt hinner inte värmen avges. Dessa problem uppstår framförallt i höghus.

Oavsett vilka lösning man tillämpar är det viktigt att värmepumpen isoleras ordentligt.

Höghus som är byggda på 60- och 70-talet är lämpliga kandidater. Bostäderna har generellt hög vattenförbrukning.

En byggnad måste ha ett visst spillvattenunderlag för att tekniken ska vara lönsam. Flerbostadshus med 40 – 50 lägenheter eller en energianvändning för varmvatten om 100 – 125 MWh ger bra förutsättningar. Dessutom måste det vara möjligt att installera värmepumpen på ett lämpligt ställe.

Vid nybygge är installationen inget problem. I det befintliga beståndet är hus från 60- och 70-talet lämpliga kandidater för återvinning. Lägenheterna har generellt sett hög varmvattenförbrukning och husen är ofta stora med många lägenheter. Det finns ofta källare med gott om installationsutrymme. I befintlig bebyggelse är energianvändningen hög och återvinning av spillvärme konkurrerar med andra mer konventionella åtgärder som kan ge större energibesparingar.

5 DISKUSSION

Det som gör det här slutarbetet komplicerat är svårigheten att förutspå flöden på vattenavloppsvattensidan.

Att kunna förvärma inkommande luften med hjälp av avloppsvattnet i en ventilationsaggregat skulle bli problematiskt. Framst för att ventilationsaggregat och bottenavloppet ligger för långt ifrån varandra

När det gäller att värma byggnaden med hjälp av avloppsvatten så behövs det mera avancerad teknik. Vilket kommer att öka på investeringskostnaderna. Problematiken ligger i att värmesystemet brukar ha en framletnings temperatur på 70°C medan returledningen är 40°C.

Avloppsvärmeväxlaren duger också för egnahemshus och parhus. Småhus har en ackumulator där varmvattnets förvärms och i vissa fall använder man solfångare för att förvärma vattnet i ackumulatorn.

Det är mer hållbart att återvinna den energi som man hämtar in istället för att bringa in energi från nya energikällor. Jämfört med solfångaren så har en Power pipe avloppsvärmeväxlare en mycket lägre investeringskostnad, livslängd och fungerar lika bra året runt.

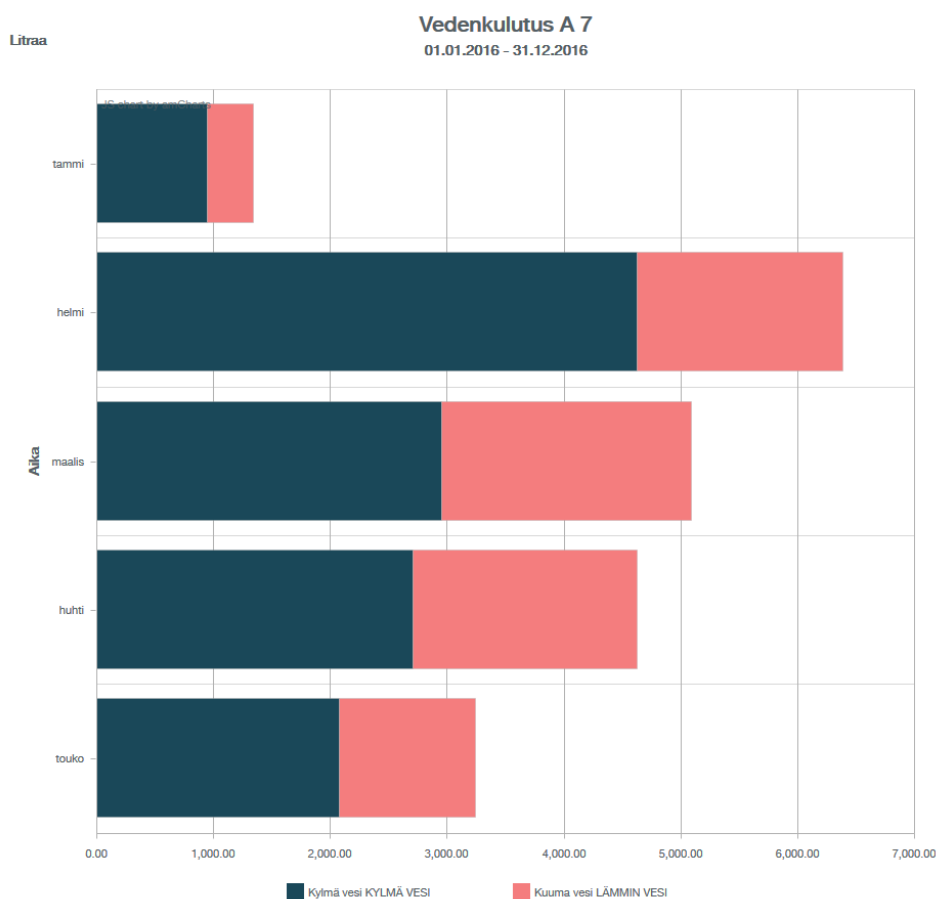
I och med att de obligatoriskt att installera vattenmätare i nybygge kommer intresset för att spara vatten öka. Troligtvis kommer de att bli mer aktuellt att grå vatten det vill säga vatten från dusch och tvätt att användas för t.ex. toalett spolning. De sin tur kommer att leda till att toaletten och tvättvatten kommer att få skilda avloppsrör. Precis som regnvattnet avloppen och svartvatten avloppen är idag.

Det är också viktigt att förstå att energi priset i Finland är mycket lägre jämfört med andra EU länder. Priset på fjärrvärme kostar dubbelt mera i Sverige än vad det gör i Finland [4].

Precis som katalysatorer är obligatoriska att installera på alla bilar borde de också vara obligatoriskt att installera en avloppsvärmeväxlare i varje hus oberoende vad energin kostar. På lång sikt är avloppsvärmeväxlaren lönsam.

Risken för att avloppsvärmeväxlaren har en motverkande effekt finns i början. Till exempel kan personerna duscha längre än normalt. Men med hjälp av uppvärmnings och vattenräkningen kan man bevisa att besparing även skett under långa perioder av varmvattenanvändning.

Under arbetet har jag också granskat hur mycket vatten jag själv använder.



Figur 9. Mängden vatten jag själv förbrukar under början av år 2016.

Grund filosofin i arbetet har varit att återanvända värme från avloppsvattnet. Precis som i naturen är det hållbart att värmeåtervinningen är en del av processen.

Värmepump för bruksvatten

Ett alternativ skulle vara att med hjälp av en värmepump värma upp bruksvattnet till 55-58°C för att sedan användas som varmvatten vilket skulle eliminera behoven för fjärrvärme.

Det skulle vara intressant att undersöka möjligheterna och metoden noggrannare. Och komma fram med lösningar till olika tekniska problem så som automationen, storleken på ackumulatören osv.

Värmepump för uppvärmning av fastigheten

Den här lösningen påminner mycket om föregående förslag men mycket mer invecklad. En undersökning av hur man löser problemet med framledningstemperaturen (som brukar vara mellan 60-80°C), hur man löser sambandet mellan varmvatten användningen och uppvärmning av fastigheten, när de inte går hand i hand med vatten användningen. Ett annat stort problem är vad man ska göra med överloppsvärme som inte behövs under den varma tiden på året.

Återladdning av bergbrunnen

I vissa fall kan det vara svårt att förvärma bruksvattnet. Ett annat alternativ skulle vara att man lagrar värmen i bergen för att sedan ta energin till vara med hjälp av en värmepump.

Det skulle vara bra att göra undersökning på vilka faktorer som påverkar återladdningen och hur det kan mätas.

KÄLLOR / REFERENCES

[1]Europeiska kommissionen. 2011, Färdplan för en konkurrenskraftig utsläppsmål samhälle 2050

[2] Har du legionellabakterier i dina vattenledningar?

http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2000/har_du_legionellabakterier_i_dina_vattenledningar.pdf (taget 26.12.2013 kl. 18.00)

[3] Telefonsamtal med Harri Talja Wavin Labko Oy 14.5.2013 kl. 15.15

[4] Statistikcentralens hemsida. Taget 22.5.2013 kl.20.30

[4] Byggnader 2012 efter Område, Byggnadens användningssyfte, Enhet och Byggnadsår, Statiskt centralens hemsida

http://193.166.171.75/Dialog/varval.asp?ma=010_rakke_tau_101&ti=Byggnaderna+efter+anv%E4ndningssyfte+och+byggnads%E5r+31%2E12%2E2012&path=./Database/SatFin/asu/rakke/&lang=2&multilang=sv (5.6.2013 kl.14.58)

[6] Lämpöenergiää jätevedest katsaus nykytilanteeseen ja mahdollisuuksiin. Tekes. Taget 10.7.2013

[7]Telefon samtal och mail meddelande från Juha Toivoinen

[8] Kaj Karves, vvs- byggnadsingenjör för Karves Yhtiö.

[9] Priset på fjärrvärme i olika delar av landet.

http://energia.fi/sites/default/files/hinta_010113.pdf (taget10.7.2013 kl. 17.57)

[10] Utveckla med Janni Hannén en visuell karta på byggnaderna i Helsingfors.

<https://www.dy.fi/yr0>

[11] Motiva, Taget december 2013.

http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/vedenkulutus

- [12] Department of mechanical engineering
Effectiveness testing of Powerpipe drain water recovery system. Prepared by: Michael R.Collins.
- [12] Priset på vatten på olika orter i Finland
http://img.mtv3.fi/mn_liitteet/mtv3/ uutiset/kotimaa/303484.pdf
- [13] VVS-Forum 6-7/2009
http://www.e-magin.se/v5/viewer/files/viewer_s.aspx?gKey=d928br58&gInitPage=3
- [14] Jukka Kauppinen, Vd för iNEX Internationell Exergi AB. Företagsbesök 20.1.2014.
- [15] Jari Virta, Petri Pyly. Taloyhtiön energiakirja 2011.
- [16] D1, Finlands byggbestämmelse.
- [17] Energimyndigheten (2009), Mätning av kall- och varmvattenanvändning i 44 hus-håll.
- [18] Bergrén Jan (1999), Värmeåtervinning ur spillvatten – flerbostadshus
- [19] Anders Nykvist (2012), Värmeåtervinning ur spillvatten i befintliga flerbostadshus

BILAGOR

Bilaga 1

| Byggnader 2012 efter Område, Byggnadens användningssyfte, Enhet och Byggnadsår | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Byggnader (antal) | | | | | | |
| | 1940 - 1959 | 1960 - 1969 | 1970 - 1979 | 1980 - 1989 | 1990 - 1999 | 2000 - 2009 | 2010 - 2012 |
| Esbo | | | | | | | |
| Rad- eller kedjehus | 54 | 231 | 536 | 1 214 | 918 | 579 | 128 |
| Flervåningsbostadshus | 92 | 332 | 621 | 495 | 522 | 447 | 145 |
| Affärsbyggnader | 33 | 37 | 89 | 94 | 58 | 96 | 21 |
| Kontorsbyggnader | 13 | 25 | 52 | 117 | 72 | 68 | 12 |
| Byggnader för samlingslokaler | 20 | 14 | 35 | 66 | 37 | 30 | 7 |
| Undervisningsbyggnader | 41 | 38 | 33 | 44 | 22 | 34 | 7 |
| Helsingfors | | | | | | | |
| Rad- eller kedjehus | 148 | 311 | 1 011 | 1 495 | 560 | 519 | 79 |
| Flervåningsbostadshus | 1 432 | 1 630 | 1 146 | 1 651 | 1 297 | 778 | 245 |
| Affärsbyggnader | 107 | 139 | 109 | 80 | 80 | 64 | 30 |
| Kontorsbyggnader | 111 | 124 | 119 | 160 | 68 | 83 | 13 |
| Byggnader för samlingslokaler | 58 | 44 | 54 | 64 | 46 | 47 | 13 |
| Undervisningsbyggnader | 74 | 78 | 37 | 42 | 63 | 53 | 25 |
| Grankulla | | | | | | | |
| Rad- eller kedjehus | 0 | 32 | 20 | 62 | 23 | 5 | 3 |
| Flervåningsbostadshus | 1 | 39 | 18 | 7 | 7 | 10 | 11 |
| Affärsbyggnader | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 |
| Kontorsbyggnader | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Byggnader för samlingslokaler | 1 | 1 | 2 | 4 | 2 | 0 | 0 |
| Undervisningsbyggnader | 0 | 1 | 5 | 3 | 0 | 3 | 0 |
| Vanda | | | | | | | |
| Rad- eller kedjehus | 9 | 78 | 475 | 1 046 | 663 | 475 | 79 |
| Flervåningsbostadshus | 27 | 172 | 727 | 403 | 517 | 313 | 106 |
| Affärsbyggnader | 19 | 25 | 44 | 55 | 35 | 50 | 14 |
| Kontorsbyggnader | 10 | 7 | 34 | 59 | 43 | 43 | 9 |
| Byggnader för samlingslokaler | 16 | 19 | 15 | 29 | 20 | 20 | 1 |
| Undervisningsbyggnader | 15 | 20 | 22 | 23 | 11 | 28 | 3 |

2.0 Results

The test results are summarized in the following table. Complete test reports are included as Appendices A (2" diameter units), B (3" diameter units), and C (4" diameter units).

| Model | Nominal Diameter (m / in) | Length (m / ft) | Effectiveness (%) | Pressure Loss (kPa / PSI) | Heat Recovery (kW / BTU/hr) |
|--------|------------------------------|--------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------|
| R2-36 | 0.05 / 2 | 0.91 / 3.0 | 31.6 | 5.56 / 0.81 | 5.84 / 19954.1 |
| R2-42 | 0.05 / 2 | 1.07 / 3.5 | 36.7 | 6.88 / 1.00 | 6.78 / 23163.5 |
| R2-48 | 0.05 / 2 | 1.22 / 4.0 | 36.9 | 6.71 / 0.97 | 6.75 / 23059.7 |
| R2-54 | 0.05 / 2 | 1.37 / 4.5 | 41.1 | 8.98 / 1.30 | 7.59 / 25926.7 |
| R2-60 | 0.05 / 2 | 1.52 / 5.0 | 46.4 | 8.34 / 1.21 | 7.85 / 26805.4 |
| R2-66 | 0.05 / 2 | 1.68 / 5.5 | 47.8 | 10.52 / 1.53 | 8.89 / 30375.0 |
| R2-72 | 0.05 / 2 | 1.83 / 6.0 | 52.7 | 11.87 / 1.72 | 9.78 / 33408.4 |
| R2-84 | 0.05 / 2 | 2.44 / 8.0 | 55.8 | 11.25 / 1.63 | 10.23 / 34927.0 |
| R2-120 | 0.05 / 2 | 3.05 / 10.0 | 59.2 | 14.06 / 2.04 | 10.95 / 37383.3 |
| R3-30 | 0.08 / 3 | 0.76 / 2.5 | 32.9 | 7.40 / 1.07 | 5.94 / 20285.0 |
| R3-36 | 0.08 / 3 | 0.91 / 3.0 | 37.9 | 8.83 / 1.22 | 7.07 / 24132.4 |
| R3-42 | 0.08 / 3 | 1.07 / 3.5 | 42.4 | 9.04 / 1.31 | 7.79 / 26602.3 |
| R3-48 | 0.08 / 3 | 1.22 / 4.0 | 47.3 | 10.85 / 1.57 | 8.60 / 29378.8 |
| R3-54 | 0.08 / 3 | 1.37 / 4.5 | 49.2 | 12.32 / 1.79 | 8.96 / 30615.1 |
| R3-60 | 0.08 / 3 | 1.52 / 5.0 | 53.7 | 13.10 / 1.90 | 9.88 / 33725.3 |
| R3-66 | 0.08 / 3 | 1.68 / 5.5 | 55.0 | 14.81 / 2.15 | 10.09 / 34458.8 |
| R3-72 | 0.08 / 3 | 1.83 / 6.0 | 58.8 | 16.92 / 2.45 | 10.79 / 36838.1 |
| R3-120 | 0.08 / 3 | 3.05 / 10.0 | 67.7 | 27.18 / 3.94 | 12.42 / 42431.5 |
| R4-24 | 0.10 / 4 | 0.61 / 2.0 | 31.5 | 7.45 / 1.08 | 5.81 / 19834.9 |
| R4-30 | 0.10 / 4 | 0.76 / 2.5 | 40.4 | 7.51 / 1.09 | 7.36 / 25136.1 |
| R4-36 | 0.10 / 4 | 0.91 / 3.0 | 42.4 | 9.45 / 1.37 | 7.85 / 26800.4 |
| R4-42 | 0.10 / 4 | 1.07 / 3.5 | 46.1 | 8.34 / 1.21 | 8.59 / 29320.6 |
| R4-48 | 0.10 / 4 | 1.22 / 4.0 | 52.7 | 11.42 / 1.66 | 9.71 / 33161.4 |
| R4-54 | 0.10 / 4 | 1.37 / 4.5 | 54.7 | 13.26 / 1.92 | 9.97 / 34035.0 |
| R4-60 | 0.10 / 4 | 1.52 / 5.0 | 58.4 | 14.08 / 2.04 | 10.74 / 36664.4 |
| R4-66 | 0.10 / 4 | 1.68 / 5.5 | 59.9 | 16.64 / 2.41 | 11.07 / 37822.9 |
| R4-72 | 0.10 / 4 | 1.83 / 6.0 | 62.9 | 17.10 / 2.48 | 11.63 / 39727.3 |
| R4-120 | 0.10 / 4 | 3.05 / 10.0 | 72.2 | 27.93 / 4.05 | 13.36 / 45641.0 |

The test results are very predictable. Where results are not available for a specific unit, performance parameters can be inferred from units of similar length and equal diameter. The summary plots provided for each unit would be useful in this regard.

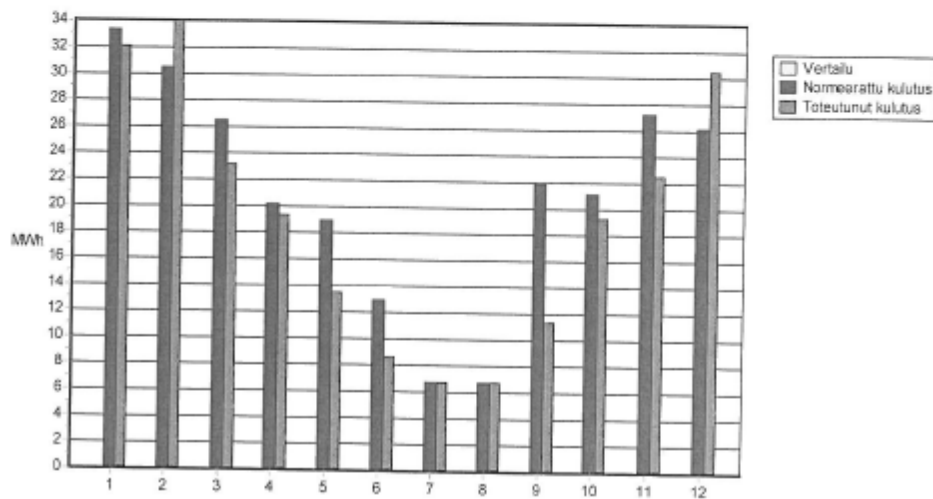
Lämpöenergian vuotuinen kulutus 2012

Sivu: 1

Laaksotie 9

Tunnus: 498 Vuosi: 2012
 Osoite: Laaksotie 9 02700 KAUNIAINEN Toimittaja:
 Mittarin ID: 11 Päämittari: Mittauspaikkakunta: Kaisaniemi
 Mittarin nro: 52100546
 Tarkenne:

| Kk | Alkukumema | Loppukumem | Tot. kulutus | Vertailu (MWh) | Ero [%] | Norm. kul. |
|-------------|------------|------------|---------------|----------------|---------|---------------|
| 1 | 1 950,52 | 1 982,64 | 32,12 | 0,00 | | 33,34 |
| 2 | 1 982,64 | 2 016,76 | 34,12 | 0,00 | | 30,52 |
| 3 | 2 016,76 | 2 039,97 | 23,21 | 0,00 | | 26,54 |
| 4 | 2 039,97 | 2 059,31 | 19,34 | 0,00 | | 20,19 |
| 5 | 2 059,31 | 2 072,80 | 13,49 | 0,00 | | 19,00 |
| 6 | 2 072,80 | 2 081,43 | 8,63 | 0,00 | | 12,95 |
| 7 | 2 081,43 | 2 088,13 | 6,70 | 0,00 | | 6,70 |
| 8 | 2 088,13 | 2 094,83 | 6,70 | 0,00 | | 6,70 |
| 9 | 2 094,83 | 2 106,23 | 11,40 | 0,00 | | 21,89 |
| 10 | 2 106,23 | 2 125,53 | 19,30 | 0,00 | | 21,15 |
| 11 | 2 125,53 | 2 148,06 | 22,53 | 0,00 | | 27,32 |
| 12 | 2 148,06 | 2 178,65 | 30,59 | 0,00 | | 26,26 |
| Yht: | | | 226,13 | 0,00 | | 252,56 |



Mittarikohtainen vesiraportti

Sivu: 1

Laaksotie 9

Tunnus: 498 Vuosi: 2012
 Osoite: Laaksotie 9 02700 KAUNIAINEN Toimittaja:
 Mittarin ID: 31 Päämittari
 Mittarin nro: 1000025
 Tarkenne:

| Kuukausi | Alkulukema | Loppulukema | Kulutus [m ³] | Vertailu [m ³] | Ero [%] |
|------------------|------------|-------------|---------------------------|----------------------------|---------|
| 1 | 17 972,00 | 18 046,00 | 74,0 | 0,0 | |
| 2 | 18 046,00 | 18 122,00 | 76,0 | 0,0 | |
| 3 | 18 122,00 | 18 195,00 | 73,0 | 0,0 | |
| 4 | 18 195,00 | 18 268,00 | 73,0 | 0,0 | |
| 5 | 18 268,00 | 18 339,00 | 71,0 | 0,0 | |
| 6 | 18 339,00 | 18 388,00 | 49,0 | 0,0 | |
| 7 | 18 388,00 | 18 458,00 | 70,0 | 0,0 | |
| 8 | 18 458,00 | 18 528,00 | 70,0 | 0,0 | |
| 9 | 18 528,00 | 18 598,00 | 70,0 | 0,0 | |
| 10 | 18 598,00 | 18 668,00 | 70,0 | 0,0 | |
| 11 | 18 668,00 | 18 738,00 | 70,0 | 0,0 | |
| 12 | 18 738,00 | 18 812,00 | 74,0 | 0,0 | |
| Yhteensä: | | | 840,0 | 0,0 | |

