

FRAMTIDA FJÄRRVÄRMETEKNIK

RAPPORT 2017:419



Framtida fjärrvärmeteknik

Möjligheter med en fjärde teknikgeneration

HELGE AVERFALK
SVEN WERNER

ISBN 978-91-7673-419-3 | © ENERGIFORSK augusti 2017

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Fjärrvärmes fördelar som uppvärmningsform är stora och fjärrvärmesystemen har utvecklats i takt med att material, teknik och metoder utvecklats.

Byggnader i framtiden kommer inte att ha samma uppvärmnings- och energibehov som tidigare generationers byggnader och energieffektiviseringsåtgärder påskyndar dessutom minskningen i energianvändning i byggnaderna. Det finns samtidigt energiflöden i samhället som skulle kunna tas om hand och användas på ett effektivt sätt.

Dessa energiflöden, som är rest- eller spillvärme av lägre temperaturer, passar utmärkt i de framtida fjärrvärmesystemen, 4GDH, där temperaturnivåerna är betydligt lägre än nuvarande traditionella system. Detta projekt har därför undersökt hur denna 4GDH-teknik kan användas för att hantera lägre energibehov i byggnader och även de energiflöden, överskottsvärme, som finns i samhället.

Projektet har även tittat på hur den nya tekniken kan integreras med den nuvarande tekniken eftersom den dominerar i Sverige.

Projektet har bedrivits av Helge Averbalk och Sven Werner på Högskolan i Halmstad. Till projektet har det funnits en referensgrupp bestående av Harald Andersson, Eon Värme Sverige AB som var ordförande. Övriga i referensgruppen har varit Henrik Landersjö, Eon Värme Sverige AB; Martin Ek, Tekniska Verken i Linköping; Magnus Gunnarsson, Öresundskraft; Nader Padban, Vattenfall R & D; Martin Wetterstedt, Sveriges Kommuner och Landsting; Bojan Stojanovic, Vattenfall R & D; Holger Feurstein, Kraftringen; Jonas Kalén, Varberg Energi; Mikael Olin, Halmstad Energi och Miljö; Thomas Björnström, Tekniska Verken i Kiruna; Carl Wehlin, FVU-Värmek; Christian Plahn, Sweco Energuide AB; Lina Enskog Broman, Energiföretagen Sverige.

Projektet ingår i forskningsprogrammet Fjärrsyn som finansieras av Energiföretagen Sverige och Energimyndigheten. Forskningen inom Fjärrsyn ska stärka fjärrvärme och fjärrkyla, uppmuntra konkurrenskraftig och affärs- och teknikutveckling och skapa resurseffektiva lösningar för framtidens hållbara energisystem till nytta för energibranschen, kunderna, miljön och samhället i stort.

Jan Berglund

Ordförande i Energiföretagen Sveriges tekniskråd.

Sammanfattning

Detta projekt har behandlat framtida användning av fjärde generationens fjärrvärmeteknik (4GDH) vid utbyggnad till och anslutning av nya större exploateringsområden i Sverige med bostäder. Andras och egna erfarenheter från olika internationella projekt om 4GDH har använts i arbetet. Huvudsyftet har varit att visa svenska fjärrvärmeföretag de framtida möjligheterna med 4GDH-tekniken.

Använd forskningsmetodik har utgått från en analys av brister och problem med den befintliga tredje generationens fjärrvärmeteknik (3GDH), framtagande av en teknisk lösning för framtida 4GDH-system som löser dagens brister och problem samt en skattning av marginell primärenergitillförsel för ett tänkbart 4GDH-område i Varberg.

Den föreslagna tekniklösningen för 4GDH utgörs av tre modifieringar av den befintliga 3GDH-tekniken, som löser knappt tjugo av dagens brister och problem. De tre enkla förändringarna är ett tredje rör i distributionsnätet, längre värmeväxlare i fjärrvärmecentraler samt lägenhetscentraler som kundgränssnitt i flerbostadshus.

Huvudtanken bakom det tredje röret är att separat återcirkulera de varmhållningsflöden som behövs i nätet vid de tidpunkter när det inte finns värmebehov hos kunderna. Då blandas inte dessa flöden med leveransflödenas låga returtemperaturer som har erhållits efter god avkylning i fjärrvärmecentralerna. Längre värmeväxlare medför en generell sänkning av framtemperaturen i nätet med ungefär 5 °C. Huvudmotivet för användning av lägenhetscentraler är att de erbjuder en varmvattenberedning nära slutanvändarna som medför att behovet av varmhållande varmvattencirkulation försvinner i flerbostadshus, ty denna varmhållning flyttar helt enkelt in i fjärrvärmenätet. Denna delösning reducerar också Legionellarisken betydligt.

Det främsta projektresultatet är verifieringen av att det är tekniskt möjligt att driva 4GDH-nät med returtemperaturer kring 20 °C som årsmedelvärde med minst 50 grader fram till varje fjärrvärmecentral. Detta resultat bygger på simuleringar av ett befintligt fjärrvärmeområde i Linköping med 49 villor. Totalt har 200 olika simuleringar genomförts för att få kunskap om förväntade returtemperaturer och flöden vid 10 olika specifika värmebehov, 5 olika termiska längder för värmeväxlare i fjärrvärmecentraler och 4 olika termiska längder för installerade radiatorer i villorna.

Primärenergianalysen för Varberg visar användning av 4GDH-teknik kan ge världsunikt låga primärenergifaktorer, som ger betydligt lägre primärenergianvändning än vad framtidens värmepumpar förväntas kräva.

Inför implementering av den nya tekniska lösningen för 4GDH krävs ytterligare forsknings- och utvecklingsarbeten. Dessa arbeten bör ge svar på den optimala storleken på det tredje röret, möjliga radiatortemperaturer som passar både 4GDH och värmepumpar, bra tekniklösningar för samdrift av olika nätdelar med 3GDH- och 4GDH-teknik, förväntade returtemperaturer i nya områden med

flerbostadshus anslutna med 4GDH, samt nya tillämpningar för andra fjärrvärmekunder med varmvattenberedning som hotell mm.

De sex huvudslutsatserna från detta projekt är:

- Fjärrvärmeföretag kan nu lämna viktig information till dagens och framtidens kunder om att det finns långsiktigt hållbara fjärrvärmelösningar som beaktar att framtidens byggnader har låga värmebehov och att förnyelsebar, återvunnen och lagrad värme kommer att användas.
- Det finns tillräckligt med kunskap om dagens temperaturnivåer i svenska fjärrvärmesystem för att i praktiken kunna genomföra reduktioner av dessa nivåer.
- Ingen helt ny fjärrvärmeteknik behövs för att införa 4GDH i Sverige. Det räcker med tre modifieringar av befintlig 3GDH-teknik. Vår bedömning är att det bör gå att tillämpa 4GDH-teknik i alla större bostadsområden som planeras bli byggda i Sverige.
- Våra simuleringar visar att den föreslagna tekniklösningen för 4GDH uppfyller visionstemperaturerna 50 grader i framledningen till kunderna och omkring 20 grader i returledningen från nybyggda bostadshus. Vårt förslag till tekniklösning är världsunik. Ingen annan har tidigare visat hur dessa två visionstemperaturer ska kunna uppnås.
- Det kommer att krävas en aktiv dialog med planerare, projektörer och byggare för att implementera den nya 4GDH-tekniken i nya svenska flerbostadshus genom att lägenhetscentraler bör användas istället för gemensamma fjärrvärmecentraler i källare som idag.
- Primärenergianvändningen är ofta väsentligt lägre för användning av låga distributionstemperaturer jämfört med annan värmeförsel enligt exemplet från Varberg.

Summary

This project has analysed the possibility of future use of fourth-generation district heating technology (4GDH) for expansion and connection of new major development areas in Sweden. Own and others' experiences from various international projects 4GDH has been used in the work. The main aim has been to show the Swedish district heating companies of the future possibilities with the 4GDH technology.

Research methodology applied was based on an introductory analysis of shortcomings and problems with the existing third-generation heating technology (3GDH), development of a technical solution for future 4GDH systems that solve today's shortcomings and problems as well as an estimate of the marginal primary energy use for a possible 4GDH area in Varberg.

The proposed technology solution for 4GDH consists of three modifications of the existing 3GDH technology, which solves almost twenty of today's shortcomings and problems. The three simple changes are a third pipe in the distribution network, longer thermal lengths in substation heat exchangers and flat substations as customer interfaces in apartment buildings.

The main idea behind the third pipe is to separate recirculation flows needed in the network at the times when the customer heat demands are zero. Then these flows will not be mixed with low return temperatures obtained from appropriate cooling of the supply flows. Longer thermal lengths will result in an overall reduction of the supply temperatures by about 5 °C. The main motivation for the use of flat substations is that they offer hot water preparation close to end users, the need for hot water circulation disappears in apartment buildings, since this recirculation simply moves into the district heating network. This partial solution also reduces the Legionella risk significantly.

The primary project result is the verification that it is technically possible to operate 4GDH-networks with return temperatures of around 20 °C as a yearly average, when each substation obtain a supply temperature of at least 50 °C. This result is based on many simulations of an existing district heating area in Linköping with 49 single family houses. A total of 200 different simulations were performed to gain knowledge about the expected return temperatures and flow rates at 10 different specific heat demands, five different thermal lengths for heat exchangers in district heating substations and four different thermal lengths of installed radiators.

The primary energy supply analysis shows, that if using 4GDH technology in the Varberg case, a world-wide low primary energy factor can be reached. This obtained factor is significantly lower than primary energy factors obtained from future heat pumps.

Further research and development are required before the new proposed technical solution for 4GDH can be fully implemented. These future research works should provide answers to the optimal size of the third pipe, possible radiator temperature that suits both 4GDH and heat pumps, good technology solutions for the

interconnection of different network parts with 3GDH- and 4GDH-technologies, expected return temperatures in new areas of apartment buildings connected with 4GDH technology and elaborated technical solutions for other district heating customers with hot water, such as hotels etc.

The six major conclusions from this project are:

- District heating companies can now provide important information to current and future customers that sustainable district heating solutions are now being developed that take into account future buildings with low heat demands and heat supply from renewable, recycled and stored heat.
- There is enough knowledge about today's temperature levels in the Swedish district heating systems in order to effectively implement reductions of these levels.
- No completely new district heating technology is needed in order to implement 4GDH systems in Sweden. Only three modifications of existing 3GDH technology are required. Our view is that it should be possible to apply the proposed 4GDH-technology in all major residential areas that are planned to be built in Sweden.
- Our simulations show that the proposed technical solution satisfies the 4GDH vision temperatures of 50 degrees in the flow pipes to the customers and about 20 degrees in the return pipes from the customer substations. Our proposed technology solution is unique in the world. No one has previously shown how these two vision temperatures should be achieved.
- It will take an active dialogue with planners, designers and builders to implement the new 4GDH technology in new Swedish apartment buildings by using flat substations instead the basement substations used today.
- Primary energy supply is often substantially lower for 4GDH distribution areas, since they can recycle low temperatures heat resources according to the example from Varberg.

Innehåll

1	Inledning	10
1.1	Framtidens förändrade omvärldsvillkor	11
1.2	Varför behövs teknikutveckling?	11
1.3	Fjärrvärmens fyra generationer	12
1.3.1	Första generationens fjärrvärmeteknik (1GDH)	13
1.3.2	Andra generationens fjärrvärmeteknik (2GDH)	13
1.3.3	Tredje generationens fjärrvärmeteknik (3GDH)	14
1.3.4	Fjärde generationens fjärrvärmeteknik (4GDH)	14
1.3.5	Kall fjärrvärme	14
1.4	Litteratur- och aktivitetsöversikt	15
1.5	Implementering	16
1.6	Syfte	17
1.7	Utförande	18
1.8	Extern Kommunikation	19
2	Temperaturnivåer	20
2.1	Nuvarande temperaturnivåer	20
2.2	Lägre temperaturnivåer i framtiden	22
3	Nya systemlösningar för 4GDH	23
3.1	Sammanfattning av systemlösning	23
3.2	Återcirkulation	24
3.3	Mätning	26
3.4	Uppföljning	27
3.5	Termiska längder, värmeväxlare	27
3.6	Termiska längder, radiatorer m.m.	28
3.7	Injustering	28
3.8	Legionella	29
4	Simulering av ny systemlösning	31
4.1	Specifika förhållanden	31
4.2	Allmänna villkor för modell	32
4.2.1	Klimatdata	32
4.2.2	Geometri	33
4.2.3	Parameterstudie	33
4.2.4	Modellvariabler	33
4.2.5	Utdata	34
4.3	Fallstudie för befintligt fjärrvärmeområde	34
4.3.1	Beskrivning av område	34
4.3.2	Det framtida fallet	35
4.3.3	Det samtida fallet	37

4.3.4	Jämförelse mellan samtidens korta NTU med framtidens långa NTU	39
5	Exempel från partnerföretag	41
5.1	Varberg Energi	41
5.2	Halmstad Energi och Miljö (HEM)	42
5.3	Öresundskraft (Helsingborg)	42
5.4	Kraftringen (Lund)	42
5.5	Berlin	43
6	Primärenergianvändning för lågtemperatursystem	44
7	Samdrift mellan 3GDH och 4GDH	47
7.1	Nya 4GDH delar i existerande system	47
7.2	Dagens erfarenheter av samdrift	47
7.2.1	Flertemperatursystem	47
7.2.2	Primär- och sekundärnät	48
7.2.3	Fram-till-framanslutning	49
7.2.4	Retur-till-returanslutningar	49
7.3	Slutsats kring samdrift	50
8	Kommande utvecklingssteg	51
9	Slutsatser	52
10	Referenser	54
	Bilaga 1 – Simuleringsmodell	56
	Bilaga 2 – Utfall: Simuleringsmodell per årsbasis	58

1 Inledning

Det pågår en process i vissa länder sedan knappt tio år tillbaka kring att vässa den befintliga fjärrvärmetekniken genom att nya tekniska lösningar delvis används när helt nya fjärrvärmesystem byggs. Man söker en systemteknik som är bättre anpassad till förnyelsebara energikällor som sol, bioenergi och geotermi samt till lågtempererad restvärme. Det finns även förväntningar om att fjärrvärmesystem aktivt ska integreras ytterligare med elsystemet. Detta för att kunna stabilisera elsystemet genom en kombinerad användning av kraftvärmeverk (eltillförsel) och elpannor och värmepumpar (elanvändning) för att kompensera ytterligare fluktuerande eltillförsel från sol- och vindkraft. Dessa förväntningar ger också ett behov av mer effektiv och mer omfattande värmelagring i anslutning till fjärrvärmesystem.

Denna nya teknikgeneration benämns den fjärde generationens fjärrvärmeteknik och brukar förkortas med akronymen 4GDH. Denna benämning uppstod i en diskussion mellan traditionalister och förnyare inom fjärrvärmeforskningen på ett seminarium som anordnades av IEA:s samarbetsprogram för fjärrvärme och fjärrkyla på Island i slutet av augusti 2008. Benämningen indikerar att dagens bästa tillgängliga fjärrvärmeteknik benämns den tredje generationens fjärrvärmeteknik (3GDH) och att vi historiskt har använt två tidigare teknikgenerationer (1GDH och 2GDH).

Det främsta kännetecknet för 4GDH är användning av lägre fram- och returtemperaturer i distributionsnäten. Detta ger först och främst lägre värmeförluster i näten, men också lägre temperaturfall i framledningens flödesriktning. Men den största ekonomiska fördelen med lägre systemtemperaturer är främst att lönsamheterna för både förnyelsebara energikällor och lågtempererad restvärme ökar betydligt. Även distributionsteknik och fjärrvärmecentraler kan bli billigare på sikt med lägre systemtemperaturer och högre grad av standardisering, men på kort sikt finns inte en sådan förväntning. En vanlig svensk missuppfattning har dock varit att lägre anläggningskostnader för distributionsnät har varit ett huvudmotiv för 4GDH, men så är således inte fallet. Det är de framtida lägre tillförselkostnaderna som är huvudmotivet.

Tidigare har det funnits en lägre drivkraft för lägre systemtemperaturer, då de tre tidigare generationerna av fjärrvärmeteknik har utvecklats från att fossila bränslen använts och dessa lätt kan generera höga temperaturer. Denna slutsats gäller även för byggnadernas radiatorsystem, då höga radiatorer temperaturer har använts för att tillgodose höga värmebehov.

Möjligheterna för den fjärde generationens fjärrvärmeteknik ligger i den framtida förbättrade konkurrenskraften för fjärrvärmesystem i Europa. Det behövs ju en ny modifierad fjärrvärmeteknik, som inte är beroende av dagens höga temperaturer som kommer från förbränning av bränslen. Tillgången på högtempererad värmeförsel kommer ju att minska när fossila bränslen ska fasas ut med hänvisning till den förstärkta växthuseffekten.

De inledande problemen och utmaningarna för 4GDH-tekniken ligger i att få tillräcklig finansiering till byggande av tidiga 4GDH-system och att övertyga dagens befintliga fjärrvärmeföretag om att utveckling och användning av ny 4GDH-teknik är nödvändig för att stärka fjärrvärmens framtida konkurrenskraft. Det blir troligen enklare att övertyga nya fjärrvärmeföretag som vill bygga nya fjärrvärmesystem i europeiska länder och som saknar omfattande erfarenhet av dagens fjärrvärmeteknik med 3GDH. Exempel på sådana länder är Storbritannien, Belgien, Nederländerna, Frankrike, Tyskland, Schweiz och Spanien.

1.1 FRAMTIDENS FÖRÄNDRADE OMVÄRLDSVILLKOR

Nya byggnader i Europa kommer att ha betydligt lägre framtida värmebehov i enlighet med nära-noll-energi-kraven (NNE) som finns införda i direktivet om byggnaders energiprestanda (European Parliament and Council, 2010). Dessa krav kommer att gälla från 2019 för offentliga byggnader och 2021 för övriga byggnader.

Europa-målen kring högre andel förnyelsebart, lägre koldioxidutsläpp och högre energieffektivitet betyder att Europas fjärrvärmesystem måste ha en framtida värmeförbrukning som i högre utsträckning baseras på förnyelsebar och återvunnen värme. Inom elsystemet kommer dessa krav delvis att lösas genom lägre andel bränslebaserad elproduktion i värmekraftverk till förmån för mer sol- och vindkraft, som inte har motsvarande värmeluster från elproduktionen. Detta innebär att det i framtiden blir mindre värmemängder att återvinna från bränslebaserade kraftvärmeverk.

Sammantaget innebär detta att framtidens fjärrvärmesystem ska klara låga värmebehov i byggnaderna samtidigt som ytterligare värmeförbrukning krävs från förnyelsebar och återvunnen värme. Detta innebär helt nya omvärldsvillkor för dagens fjärrvärmeteknik, som ursprungligen är framtagen för höga värmebehov i byggnader och fossilbaserad värmeförbrukning.

1.2 VARFÖR BEHÖVS TEKNIKUTVECKLING?

Ovanstående framtida omvärldsvillkor definierar grundvillkoren och möjligheterna för hur fjärrvärmetekniken ska omformas till den fjärde generationens fjärrvärmeteknik. Följande grundvillkor och möjligheter föreligger:

- Lägre framtida värmebehov ger en bra möjlighet till att använda lägre temperaturer i radiatorer och ventilationsbatterier för att tillgodose värmebehoven.
- Förnyelsebara värmeförbrukningar i sol, geotermi och biomassa blir alla mer effektiva och lönsamma om de ska avge en låg temperatur.
- Lågtempererad restvärme blir mer effektiv och lönsam att återvinna om värmen kan tas emot vid en låg temperatur.
- Värmelagring blir mer effektiv och lönsam om högtempererad värme kan lagras i nät med låga returtemperaturer.
- Europas fjärrvärmeföretag har chansen att harmonisera fjärrvärmetekniken inom Europa vid denna teknikutveckling. Detta kommer att på sikt att ge betydande skalfördelar för Europas fjärrvärmeföretag om samma

standardiserade fjärrvärmekomponenter kan användas i Milano, Mannheim, Malmö eller Manchester. Denna möjliga harmonisering kan ses som ett direkt svar på den harmonisering av byggnaders värmebehov som direktivet för byggnaders energiprestanda innebär för Europa.

- Både utomlands och i Sverige har det förekommit att kunder har framfört uppfattningar om att dagens fjärrvärmeteknik (3GDH) inte är lämplig för framtidens byggnader och de därför kommer att välja bort fjärrvärme i nya byggnader. Detta innebär att fjärrvärmeföretagen måste visa och övertyga sina kunder att 4GDH är det vässade fjärrvärmealternativet för framtidens byggnader.

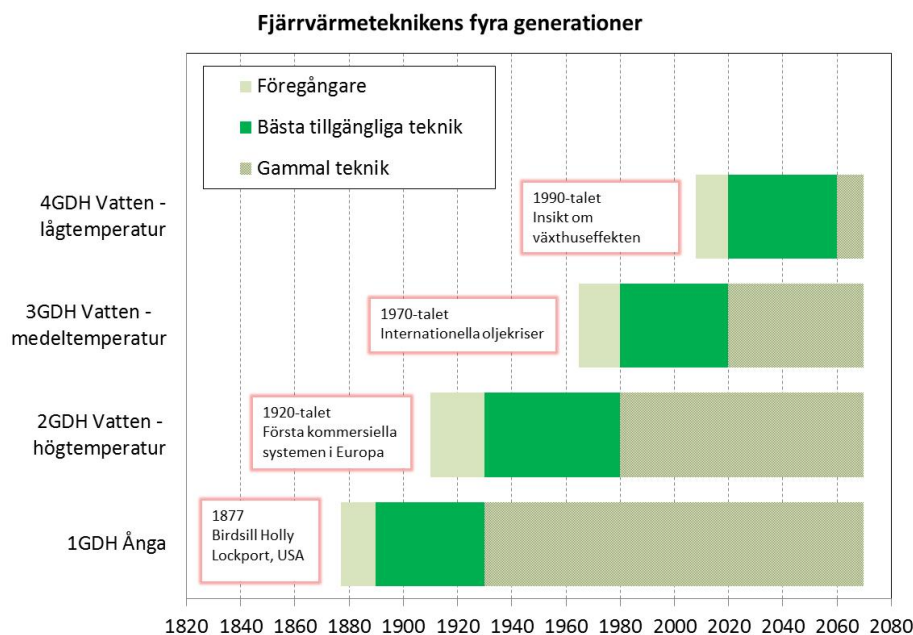
Sammantaget innebär dessa grundvillkor och möjligheter att 4GDH bör kunna erbjuda

- högre lönsamheter för förnybar värme, återvunnen värme och värmelagring
- en mer utvecklad industriell bas för fjärrvärmekomponenter
- samt ett högre kundförtroende för fjärrvärmetekniken.

Industrirelevansen för detta projekt är således att fjärrvärmeföretagen i Europa bör kunna tillämpa 4GDH för att öka fjärrvärmens marknadsandel för att uppfylla de långsiktiga europeiska energi- och klimatmålen till en lägre totalkostnad jämfört med alternativa lösningar för den europeiska värmeförsörjningen. Detta var också den övergripande slutsatsen från de två förstudierna 2012 och 2013 inom Heat Roadmap Europe (Connolly et al., 2012) (Connolly et al., 2013).

1.3 FJÄRRVÄRMENS FYRA GENERATIONER

Tidsintervallen för de fyra olika generationerna av fjärrvärmeteknik sammanfattas översiktligt i Figur 1 med avseende på när dessa generationer användes av föregångare, ansågs vara bästa tillgängliga teknik (BAT), eller blivit förkastade som gammal teknik.



Figur 1. Översikt över de fyra teknikgenerationerna av fjärrvärmesystem med avseende på värmebärare och tidsintervall för varje generation.

1.3.1 Första generationens fjärrvärmeteknik (1GDH)

De första fjärrvärmesystemen etablerades i USA på 1880-talet och de var baserade på grundläggande erfarenheter av ångdistribution som erhöles 1876-1877 från Birdsill Hollys banbrytande experiment i hans hemstad Lockport. Denna första teknikgeneration uppfattades som bästa tillgängliga teknik mellan 1890 och 1930, men är numera betraktad som föråldrad teknik. Emellertid används denna ångdistributionsteknik fortfarande i Manhattan-systemet i New York och det centrala Paris-systemet. Båda dessa städer är extremt byggnadstäta, vilket ger mycket goda förutsättningar för låga distributionskostnader. Paris har faktiskt en av de bästa förutsättningarna för en effektiv värmedistribution inom hela den Europeiska Unionen (Persson & Werner, 2011). Därför har dessa båda system råd att använda denna föråldrade fjärrvärmeteknik i sin nuvarande verksamhet.

1.3.2 Andra generationens fjärrvärmeteknik (2GDH)

De första kommersiella europeiska fjärrvärmesystem började byggas i Tyskland på 1920-talet. Till en början användes ångdistribution efter amerikanska förebilder. Men flera tyska ingenjörer ifrågasatte tidigt valet av ånga som värmebärare och förespråkade vatten som värmebärare för att öka systemens effektivitet. Dessa tekniker blev tidiga användare av andra generationens teknik när de genomförde sina nya idéer i nya fjärrvärmesystem. Men relativt höga framledningstemperatur tillämpades (över 100 °C) för att få rören att bära relativt mer värme med hjälp av en stor temperaturskillnad mellan fram- och returtemperaturerna. Andra generationens teknik erkändes som bästa tillgängliga teknik från omkring 1930 till 1970-talet.

Den andra generationens teknologi tillämpades också i dåvarande Sovjetunionen, när man införde och expanderade fjärrvärmerna på 1930- och 1950-talen. Ryska erfarenheter och metoder överfördes senare till Kina, när fjärrvärme infördes där på 1950- och 1960-talen.

1.3.3 Tredje generationens fjärrvärmeteknik (3GDH)

De två internationella oljekriserna på 1970-talet skapade ett högre intresse i Europa för att använda fjärrvärme som ett generellt verktyg för att minska importberoendet av eldningsolja. Detta var särskilt fallet i de tre nordiska länderna Danmark, Sverige och Finland. Ingenjörer inom dessa tre länder förespråkade lägre framtemperaturer (under 100 °C) för att förbättra systemens effektivitet. Samtidigt erhöles andra produktivitetsvinster genom att använda prefabricerade och pre-isolerade rör tillsammans med prefabricerade fjärrvärmecentraler. Denna tredje generationens teknik har uppfattats som bästa tillgängliga teknik sedan omkring 1980 och utnyttjas för närvarande för expansion av alla europeiska fjärrvärmesystem. Tekniken används också i Ryssland och Kina för expansion av befintliga system.

1.3.4 Fjärde generationens fjärrvärmeteknik (4GDH)

Ökad medvetenhet kring den globala uppvärmningen under 1990-talet med skapandet av UNFCCC 1992 och Kyotoprotokollet år 1997 har skapat ett förnyat intresse av fjärrvärme som ett verktyg för att ersätta fossila bränslen med förnybara energikällor och olika restvärmekällor.

Tidiga användare av lågtemperaturfjärrvärme blev de ingenjörer som utformade flera tidiga solfjärrvärmesystem i Sverige, Danmark och Tyskland. Dessa erfarenheter konsoliderades i Marstal-systemet i Danmark i slutet av 1990-talet, när också en omfattande säsongslagring av värme infördes i ett europeiskt fjärrvärmesystem för första gången. Denna systemutveckling i Marstal stöddes av Sunstore-projektet, som finansieras av det europeiska ramprogrammet för forskning.

Många internationella fjärrvärmeforskare arbetar idag med att utveckla dessa initiala idéer kring lågtemperaturfjärrvärme till en framtida kommersiell 4GDH-teknik. Syftet är ju att hitta en teknik som kan vara hållbar mellan 2020 och 2060, harmoniseras för europeiska förhållanden och stödja en utbyggnad av fjärrvärme i europeiska länder med låga andelar av fjärrvärme. Härigenom förväntas denna nya fjärrvärmeteknik spela samma roll i Europa som 3GDH hade för utbyggnaden av fjärrvärme i Norden.

I dagsläget är dock 4GDH-tekniken inte fullständigt definierad. Denna rapport är dock en länk i detta pågående definitionsarbete. Detta betyder att det är för tidigt att slutligen värdera betydelsen av denna nya teknikgeneration. Detta gäller såväl dess ekonomiska konkurrenskraft som dess eventuella brister och fel.

1.3.5 Kall fjärrvärme

Alla fyra generationer av fjärrvärmeteknik har en typisk gemensam nämnare: All värme tillförs till i distributionsnätet och ingen värme tillförs på kundnivå med

avseende på kundernas temperaturkrav. Härigenom innehåller begreppet fjärrvärme leveransgarantier för både värmeleverans och önskad kapacitet. Framtemperaturen i distributionsnäten är också alltid tillräckligt hög för att tillgodose alla lokala värmebehov. Dessa systemlösningar kan benämnas som "varm fjärrvärme".

Ett hybridsystem kan skapas med betydligt lägre framtemperaturer och decentraliserad värmeförsel. Denna lägre framtemperatur kallas mellantemperatur, eftersom den är lägre än kundernas faktiska temperaturkrav och högre än omgivningstemperaturen. Värmeförseln garanteras av lokala temperaturhöjare, som pannor eller värmepumpar. Denna hybridlösning kallas ofta för "cold district heating" på engelska, "Kalte Fernwärme" på tyska, eller "kall fjärrvärme" på svenska. Denna etikett omfattar alla systemlösningar som kräver lokal värmeförsel för att tillgodose kundernas temperaturkrav. Kalla fjärrvärmesystem kan uppfattas som komplement till traditionella varma fjärrvärmesystem, när ingen lämplig värmekälla med tillräcklig temperatur finns i närheten.

Kalla fjärrvärmesystem behandlas inte i denna projektrapport.

1.4 LITTERATUR- OCH AKTIVITETSÖVERSIKT

Det största europeiska projektet kring 4GDH är det danska 4DH-forskningscentret i Ålborg som har samlat ett trettiotal olika parter. De flesta av dessa parter är danska fjärrvärme- och industriföretag, men det finns även parter från Sverige, Kroatien och Kina i projektet. Högskolan i Halmstad är en av dessa parter. Orsaken till att forskningsinitiativet har tagits i Danmark är dels att tidigare dominerande kolbaserad el från kraftvärme har ersatts av den starkt expanderande vindkraften och dels att många ledande företag som säljer fjärrvärmekomponenter kommer från Danmark. Man måste få fram ny värmeförsel som kan ersätta den förlorade värmen från kolbaserad kraftvärme och de danska tillverkarna vill givetvis försvara sina internationella marknadsandelar avseende framtidens fjärrvärmeprodukter.

Under programperioden 2012-2017 kommer detta forskningscenter att omsätta drygt 100 miljoner kronor, inklusive vissa sidoprojekt som Stratego och Heat Roadmap Europe, som båda handlar om fjärrvärmens framtida marknadsmässiga möjligheter i Europa. För närvarande är detta forskningscenter det största renodlade akademiska forskningsprojektet om fjärrvärme i Europa. Totalt har 12 doktorander funnits i forskningscentret, som arbetar inom distributionsteknik, värmeförsel, och institutionella frågor, som tillsammans är centrets tre huvudområden. De två första åren av centrets verksamhet finns sammanfattade i (Werner, Lund, & Vad Mathiesen, 2014)

De fem grundläggande egenskaperna för en fjärde teknikgeneration har definierats i (Lund et al., 2014) som

1. Förmåga att leverera lågtempererad värme till befintliga, renoverade och nya byggnader med låga värmebehov.
2. Förmåga att distribuera fjärrvärme med låga värmeförluster.

3. Förmåga att återvinna lågtempererad värme och använda förnyelsebar värme från sol och geotermi.
4. Förmåga att ingå som en integrerad del av smarta energisystem bestående av samverkande smarta el-, gas-, vätske- och värmenät.
5. Förmåga att garantera lämpliga strukturer för planering, kostnader och drivkrafter för såväl drift som strategiska investeringar för att stödja övergången till ett framtida uthålligt energisystem.

Inom IEA:s samarbetsprogram för fjärrvärme och fjärrkyla (IEA-DHC) genomfördes under föregående programperiod (2011-2014) projektet "Toward fourth generation district heating", som samlade in de erfarenheter som hittills hade erhållits i olika nationella projekt. Inom detta projekt genomförde vår forskningsgrupp en jämförande studie över pilot- och demonstrationsprojekt mm i Canada, Danmark, Tyskland, Storbritannien och Sverige som ligger nära den framtida 4GDH-tekniken. Slutsatsen blev att inget pilot- eller demonstrationsprojekt hade tillämpat en teknik som gav de distributionstemperaturer på 50 och 20 °C som årsmedelvärden som 4GDH förväntas ge. Projektet finns redovisat i (Dalla Rosa et al., 2014).

Inom IEA-DHC genomförs under innevarande programperiod (2014-2017) projektet "Transformation Roadmap". Detta projekt arbetar med att samla erfarenheterna från föregående generationsväxlingar samt att definiera befintliga och möjliga temperaturnivåer inom såväl fjärrvärmenät som i radiatorsystem. Projektet kommer att leverera rekommendationer kring metoder för att nå lägre temperaturnivåer i fjärrvärmenät och radiatorsystem samt för samdrift av fjärrvärmesystem som är uppbyggda av både 3GDH och 4GDH. Projektet kommer att redovisas i (Averfalk et al., 2017).

Många av de analyserade pilot- och demonstrationsprojekten har tillkommit genom olika EU-projekt, som ofta har haft ett annat huvudsyfte. Ofta har det varit frågan om att bygga ett gemensamt solfångarfält med värmelagring och då har inte den nya värmedistributionen i området varit det primära. I Heerlen i Nederländerna var huvudsyftet att utnyttja en nedlagd kolgruva som värmekälla, medan mer renodlade demonstrationsprojekt kring värmedistribution har byggts i Danmark. I Sverige har flera mindre lågtemperaturområden byggts i Västerås och Linköping, men för dessa finns ej ännu några publicerade utvärderingar.

I Sverige har fjärde generationens fjärrvärmesystem inledningsvis behandlats inom både Fjärrsyn (Ottosson, Wollerstand, Lauenburg, Zinko, & Brand, 2013) och inom Värmemarknad Sverige (Patrick Lauenburg, 2014). Båda dessa förstudier fokuserade främst på framtida påverkan från lägre värmebehov i byggnader. En sammanfattning återfinns även (P. Lauenburg, 2016). Man kan se detta Fjärrsynsprojekt som en fortsättning av dessa tidigare svenska projekt. Det finns även indikation på att industrin är engagerade i frågan om 4GDH (Gudmundsson, Thorsen, & Brand, 2017).

1.5 IMPLEMENTERING

Långsiktigt bör alla svenska fjärrvärmesystem drivas med lägre systemtemperaturer för att uppnå de fördelar som 4GDH-tekniken erbjuder. Men

det kommer att ta många år innan befintliga fjärrvärmesystem har nått dit, ty befintliga byggnader måste först ha betydligt lägre värmebehov för att kunna tillämpa 4GDH-tekniken. Samtidigt kan man inte vänta för länge med att tillämpa 4GDH-tekniken för nya byggnader. Det finns därför ett behov av att tillämpa två parallella utvecklingsstrategier.

En första utvecklingsstrategi bör handla om hur hela nya nätdelar ska byggas efter omkring 2020 för att ta hand om flera kvarter med helt nya NNE-byggnader. Dessa nya bostadsområden förväntas byggas under de kommande decennierna för att uppfylla det nationella önskemålet om 700 000 nya bostäder.

En andra utvecklingsstrategi bör omfatta befintliga system och handla om hur nya kunder med såväl höga som låga värmebehov ska tekniskt anslutas för att vara kompatibla med framtida 4GDH-teknik. Fjärrvärmeföretagen bör således på sikt växla upp till en mer effektiv fjärrvärmeteknik som är bättre anpassad till framtidens skarpere marknadsvillkor.

En väsentlig koppling mellan dessa utvecklingsstrategier är formerna för samdrift av nätdelar som är byggda med olika generationers fjärrvärmeteknik.

Fokuset i detta projekt har varit att leverera resultat som bör vara viktiga för vilka anslutnings- och utbyggnadsstrategier som ska användas för nya stora exploateringsområden i expansiva svenska städer. Fokus i detta projekt ligger således på nya byggnader inom ramen för den första utvecklingsstrategin. En intressant aspekt för dessa nybyggnadsområden är att anläggningskostnaderna för distributionsnät är ungefär hälften av vad det kostar att anlägga distributionsnät till befintliga byggnader. Det är således dubbelt så dyrt att ansluta byggnader i efterhand, så det gäller att ansluta dem när de byggs. De erhållna resultaten kan dock även inspirera fjärrvärmeföretag att göra befintliga fjärrvärmesystem mer effektiva inom ramen för den andra utvecklingsstrategin genom användning av grundidéerna från den första utvecklingsstrategin.

1.6 SYFTE

Det övergripande målet med detta projekt har varit att tydliggöra förutsättningarna för användning av 4GDH-teknik för främst nya större exploateringsområden för bostäder i Sverige. Nyhetsvärdet i detta projekt är främst att en ny teknisk lösning för 4GDH har föreslagits och simulerats inför en introduktion av 4GDH i Sverige. Det finns ett svenskt kunskapsgap då andra länder som Danmark, Tyskland, Belgien, Nederländerna och Storbritannien redan har tagit flera tidiga initiativ för utveckling av 4GDH.

Våra projektmål stöder forskningsprogrammet Fjärrsyns mål om systemutveckling med nya lösningar som bättre tar tillvara överskottsvärme, förbättrar lagringsmöjligheterna och ökar systemeffektiviteten. Det stöder även programmet kring innovationer inom fjärrvärmesektorn. Aktuellt svenskt miljömål som stöds av detta projekt är det första målet om begränsad klimatpåverkan.

Införande av 4GDH förväntas vara den internationella fjärrvärmebranschens främsta verktyg för att skapa långsiktigt konkurrenskraftiga fjärrvärmesystem som utnyttjar förnyelsebar och återvunnen värme.

1.7 UTFÖRANDE

Detta projekt har utförts i tre delar.

Den första delen har bestått av en sammanfattande analys av brister och olösta problem med befintlig fjärrvärmeteknik i 3GDH och de möjligheter som ny 4GDH-teknik bör kunna erbjuda för att lösa dessa brister och problem. Dessa redovisas i kapitel 3 och 4. Exempel på sådana brister och olösta problem i 3GDH-tekniken är kortslutningar i näten som förorenar returvatten med framvatten, fel i fjärrvärmecentraler som ger dålig avkylning av fjärrvärmevatten och höga framtemperaturer. Exempel på möjligheter i 4GDH-tekniken är längre termiska längder i värmeväxlare för varmvattenberedning, lägre värmebehov ger förutsättningar för lägre radiatortemperaturer, ny informationsteknologi ger förutsättning för kontinuerlig uppföljning av fjärrvärmecentraler och trerörssystem med cirkulerande framledning på sommaren. Dessa möjligheter har också simulerats för att kunna erhålla kvantitativa resultat.

Den andra delen har bestått av aktiva dialoger och diskussioner med fjärrvärmeföretagen i Varberg, Halmstad, Helsingborg och Lund för att identifiera möjligheterna till användning av 4GDH-teknik vid anslutning av nya större exploateringsområden inom de närmaste åren. Syftet med denna andra del har varit att ge förslag till nya tekniska lösningar och förutsättningar för samdrift med befintliga fjärrvärmesystem i ett tidigt skede. Denna andra del redovisas i kapitel 5. Förankringen till den svenska fjärrvärmebranschen har säkerställts dels genom aktiva dialoger med fjärrvärmeföretagen i Varberg, Halmstad, Helsingborg och Lund har ingått som en del av genomförandet och dels genom projektets referensgrupp bestående av många företrädare för svenska fjärrvärmeföretag.

Den tredje delen har bestått av skattningar av primärenergianvändningen i anslutning till de utbyggnader som har diskuterats i den andra delen. Bakgrunden till denna del är kraven på nära-noll-energi byggnader som ska börja gälla för offentliga byggnader från 2019 och för övriga byggnader från 2021. Det kommer att vara viktigt för fjärrvärmeföretagen att kunna leverera sådana skattningar när 4GDH-teknik används, ty primärenergianvändningen kommer ju att vara lägre i 4GDH-områden än i befintliga 3GDH-områden. Denna del redovisas i kapitel 6.

En inledande kvantitativ översikt över temperaturnivåer i fjärrvärmesystem lämnas i kapitel 2, medan grundläggande villkor för samdrift av nätdelar med 3GDH- och 4GDH-teknik redovisas i kapitel 7.

Fokus i denna rapport ligger således på att testa och förstå möjligheterna med en framtida 4GDH-teknik. En viktig avgränsning i detta tidiga utvecklingskede är då att vi inte har utfört några skattningar av 4GDH-teknikens ekonomiska konkurrenskraft. Vi har ej heller i detalj analyserat möjliga framtida fel och brister med vår föreslagna tekniklösning, Dessa aspekter bör analyseras i senare utvecklingssteg.

1.8 EXTERN KOMMUNIKATION

Inom ramen för detta projekt har det externa kommunikationsarbetet bedrivits genom ett samarbete med energijournalisten Morten Valestrand.

Erfarenheterna från detta arbetssätt inkluderar att tidig spridning av forskningsresultat, vilket medfört betydande mervärden genom snabb återkoppling från branschen till projektet. Samtidigt har en ökad kontaktyta gällande projektet lett till fler externa samtal och dialoger, vilket medfört mindre tidresurser för själva projektgenomförandet. Detta arbetssätt har således medfört intressanta erfarenheter samtidigt som kraven på resursfördelning av tid har skärpts.

Genomförda kommunikationsaktiviteter inkluderar:

- Deltagande vid den enda internationella konferensen som behandlar fjärrvärme och fjärrkyla från ett forskningsperspektiv och som enbart arrangeras vartannat år (15:e Internationella Symposiet om Fjärrvärme och Fjärrkyla, Seoul, 4-7 september, 2016)
- Deltagande vid Distributionsdagarna, Stockholm, 25-25 januari, 2017
- Deltagande vid Fjärrvärmedagarna, Göteborg, 25-26 april, 2017
- Fjärrvärmetidningen nr. 7 oktober 2016 (Valestrand, 2016)
- VVS-Forum nr. 11 november 2016 (Valestrand & Löf, 2016)
- Fjärrvärmetidningen nr. 1 januari 2017 (Valestrand, 2017a, 2017b, 2017c)

2 Temperaturnivåer

Temperaturnivån i ett fjärrvärmenät är den viktigaste parametern då det gäller övergången från den tredje till den fjärde generationens fjärrvärmensteknik. Därför lämnas i detta kapitel lite information om temperaturnivån i dagens system i förhållande till de temperaturnivåer vi vill nå i framtidens system.

Underlaget till denna presentation kommer från en systematisk insamling av temperaturnivåer i fjärrvärmesystem under mer än två decennier. Detta underlag har också använts i den svenska läroboken om fjärrvärme och fjärrkyla (Frederiksen & Werner, 2014) och i en vetenskaplig artikel om temperaturnivåer i svenska och danska fjärrvärmesystem (Gong & Werner, 2015).

2.1 NUVARANDE TEMPERATURNIVÅER

De genomsnittliga verkliga temperaturnivåerna i svenska och danska fjärrvärmesystem jämförs i Figur 2 med de förväntade teoretiska temperaturnivåerna för 3GDH och 4GDH system.

Temperaturnivån i Sverige (86-47 °C) är något högre än Danmark (78-43 °C). En förklaring till skillnaden i temperaturnivå mellan Sverige och Danmark är att Sverige nästan uteslutande använder indirekt anslutning med värmeväxlare medan man i Danmark tillämpar direkt anslutning i stor utsträckning. I Sverige måste vi således ha en något högre temperaturnivå för att skapa en värmeöverförande temperaturskillnad i värmeväxlarna.

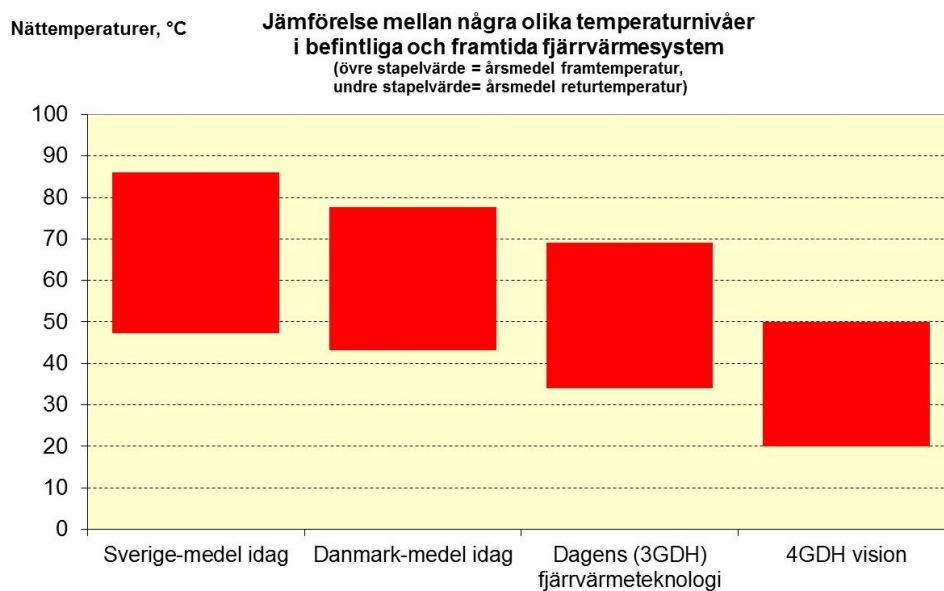
De teoretiska möjliga årliga fram- och returtemperaturerna med nuvarande teknik för fjärrvärmecentraler är omkring 69 och 34 °C för en typisk felfri fjärrvärmecentral i Sverige enligt (Gumméus, 1989). Dessa utgör den tredje stapeln i figuren.

Visionstemperaturerna för 4GDH är en framtemperatur fram till kundernas fjärrvärmecentraler på 50 °C med en returtemperatur på 20 °C enligt (Lund et al., 2014). Även dessa temperaturer ska uppfattas som årsmedelvärden. Dessa utgör den fjärde stapeln i figuren.

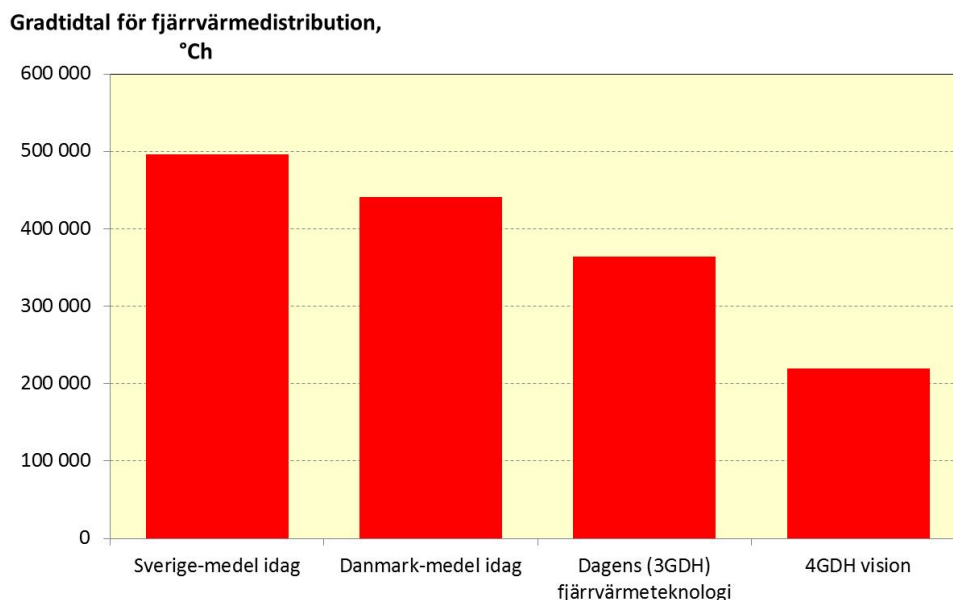
En viktig slutsats från figuren är att nuvarande nättemperaturer i både Sverige och Danmark är högre än vad som är möjligt med 3GDH enligt den tredje stapeln. Detta indikerar systematiska fel i den nuvarande tillämpade tredje generationens fjärrvärmeteknik. Ur ett systemperspektiv uppstår dessa fel på tre olika platser i systemen: Distributionsnät, kunders värmesystem, och fjärrvärmecentraler. Om man verkligen vill nå låga temperaturer i framtidens fjärrvärmenät så måste dessa fel elimineras. Detta är en viktig insikt inför skapandet av fjärde generationens fjärrvärmeteknik och det bör finnas strategier för att eliminera dessa fel.

Lägre temperaturnivåer kommer att ge lägre värmeförluster från distributionsnäten. Enligt (Frederiksen & Werner, 2014) är den årliga värmeförlusten proportionell mot gradtidtalet för värmedistribution, som är tidsintegralen för temperaturskillnaden mellan nättemperaturerna och omgivningstemperaturen. Dessa gradtidtal återges i Figur 3 för de fyra olika

situationerna. Den fjärde generationens fjärrvärmeteknik förväntas att ett gradtidtal på omkring 220 000 gradtimmar, medan dagens svenska system använder omkring 500 000 gradtimmar. Denna reduktion av nättemperaturerna kommer att reducera de relativa förlusterna med drygt hälften.



Figur 2. Temperaturnivåer uttryckta som årsmedelvärden av fram- och returtemperaturerna vid fyra olika förutsättningar. Den tredje stapeln är en skattning för 3GDH när inga temperaturfel förekommer i nät eller fjärrvärmecentraler.



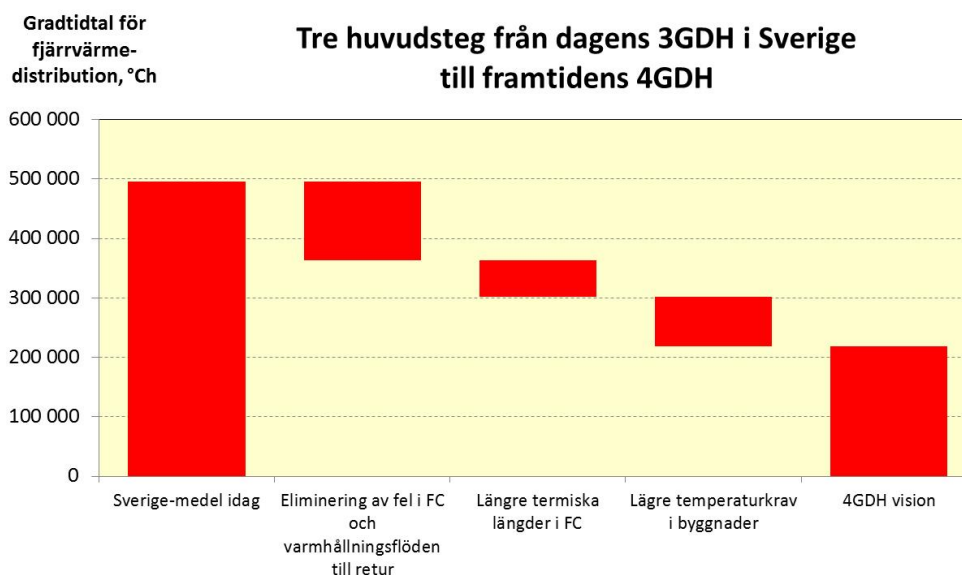
Figur 3. Temperaturnivåer uttryckta i gradtidtal för fjärrvärmedistribution för de fyra olika förutsättningarna i föregående figur.

När det gäller dagens temperaturnivåer i fjärrvärmesystem kan följande huvudslutsats dras: Dagens temperaturnivåer är förhöjda jämfört med förväntade temperaturnivåer på grund av temperaturfel i distributionsnät, fjärrvärmecentraler och kunders värmesystem.

2.2 LÄGRE TEMPERATURNIVÅER I FRAMTIDEN

Utifrån föregående analys av temperaturnivåer kan tre huvudstrategier identifieras för att nå lägre temperaturnivåer i fjärde generationens fjärrvärmesystem. Erhållna reduktioner från var och en av dess strategier har uppskattats i Figur 4 för Sverige. De tre stegen är:

1. Eliminering av alla identifierade temperaturfel i distributionsnät, fjärrvärmecentraler och kunders värmesystem (ungefär hälften av den totala förändring som krävs för att gå från nuvarande 3GDH till framtida 4GDH-system)
2. Längre termiska längder för värmeväxlare i fjärrvärmecentraler (ungefär en femtedel av den förändring som behövs)
3. Lägre temperaturkrav i både nya och befintliga byggnader med låga specifika värmebehov och större radiatorytor i befintliga byggnader med små minskningar av dagens specifika värmebehov (ungefär en tredjedel av den förändring som behövs)



Figur 4. Reduktion av gradditral för värmedistribution uppdelat i tre huvudsteg för att nå fjärde generationens temperaturnivåer från dagens temperaturnivåer.

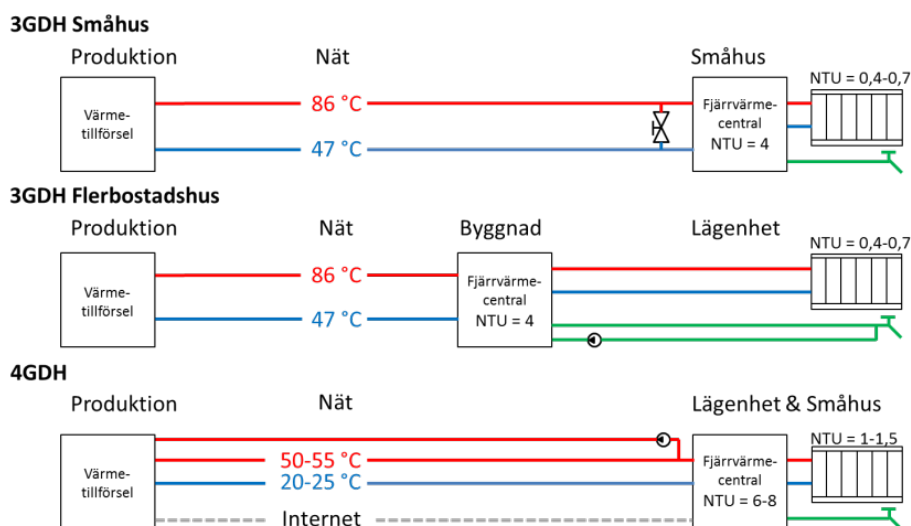
3 Nya systemlösningar för 4GDH

3.1 SAMMANFATTNING AV SYSTEMLÖSNING

Den konceptuella systemlösningen för 4GDH som presenteras i Figur 5 har tidigare sammanfattats i en konferensartikel (Averfalk & Werner, 2016), som presenterades i Seoul, Sydkorea hösten 2016 inom ramen för detta Fjärrsynprojekt.

Föreslagen systemlösning bygger på tre principiella förändringar av dagens teknik:

1. Trerörssystem i distributionsnät
2. Lägenhetscentraler i flerbostadshus
3. Längre termiska längder för alla värmeöverförande ytor i fjärrvärmecentraler och uppvärmningssystem



Figur 5. Presentation av dagens 3GDH-system med de två mest frekvent förekommande kopplingslösningarna för bostäder samt motsvarande förslag till teknisk lösning för framtidens 4GDH-system.

Dessa tre systemtekniska förändringarna skapar följande synergier och fördelar:

1. Lägre returtemperaturer i näten genom separering av leverans- och varmhållningsflöden (tredje röret).
2. Möjlighet att ta emot värmeleveranser till nätet från kunder (prosumenter) som inte kan leverera önskad framtemperatur till framledningen (tredje röret).
3. Varmhållning av oanvända ledningar behöver inte värma returen (tredje röret).
4. Eliminering av all varmvattencirkulation i flerbostadshus (lägenhetscentraler).
5. Ingen varmvattencirkulation i byggnader ger betydligt lägre risk för Legionella (lägenhetscentraler).
6. Eliminering av problem med dålig injustering i stora radiatorsystem (lägenhetscentraler).

7. Värmebehov för värmeförluster från varmvattencirkulation och stora radiatorsystem flyttar från kund till fjärrvärmesystemet. Detta betyder att dessa inte heller kommer ingå i de kommande tröskelvärdena för NNE-byggnader, vilka kommer bli lättare att uppnå för kunderna (lägenhetscentraler)
8. Uppfyller energieffektiviseringsdirektivets krav om individuell mätning till slutkunder i flerbostadshus (lägenhetscentraler).
9. Kunder får möjlighet att själva välja innetemperatur (lägenhetscentraler).
10. Förbättrar förutsättningarna för att lokalisera temperaturfel från anslutna fjärrvärmecentraler genom digitaliserad uppföljning (lägenhetscentraler).
11. Ökad skalekonomi genom harmoniserad tillverkning av fjärrvärmecentraler (lägenhetscentraler).
12. Lägre krav på framtemperaturer i fjärrvärmenäten (längre termiska längder i lägenhetscentraler).
13. Lägre fram- och returtemperaturer i anslutna radiatorsystem (längre termiska längder för radiatorer)
14. Högre grad av naturlig självreglering av radiatorer när radiatortemperaturerna blir lägre (längre termiska längder för radiatorer)
15. Lägre returtemperaturer för leveransflöden (längre termiska längder).
16. Mer tillförlitlig värmemätning, då returtemperaturer i mätningen alltid förblir låga, vilket medför att eventuella små temperaturskillnader i mätningen försvinner (tredje röret och längre termiska längder).
17. Generellt lägre framtemperaturer ger lägre värmeförluster och därmed lägre temperaturfall i flödets framriktning, vilket också ger lägre krav på framtemperaturer från tillförselanläggningar (tredje röret och längre termiska längder).

3.2 ÅTERCIKULATION

Konceptet med primär varmhållning vid behov genom trerörssystem omnämns kortfattat i (Sivertsson & Werner, 2002). Detta är den tidigaste identifierade referensen där denna typ av trerörslösning förekommer. Idén har även dokumenterats i ett konferensbidrag (Li, Dalla Rosa, & Svendsen, 2010).

Trerörssystem är en dellösning på problemet med höga returtemperaturer. Problembilden ska vidare definieras i följande. I dagens system uppstår i tider med låga värmebehov temperaturfall i framledningen, då primärt flöde blir stillastående. Detta är huvudsakligen ett sommarproblem. För att tillgodose goda framtemperaturer även under dagens förhållanden med stagnerade primärflöden har en återcirkulation introducerats mellan nätens fram- och returledning. Denna systemlösning är i dagens situation den enda möjliga, när det bara finns två rör. Konsekvensen av denna driftlösning blir förhöjda returtemperaturer sommartid.

Flödet mellan primär fram- och returledning introduceras på ett antal olika sätt. Delvis kan denna typ av temperaturfel finnas i slutanvändarled genom att primär läckflöden finns inbyggda i villafjärrvärmecentraler, som har uppmätts av bland annat (Crane, 2016). I flerbostadshus erhålls kontinuerligt höga primära returtemperaturer genom att sekundär varmvattencirkulation ska varmhållas.

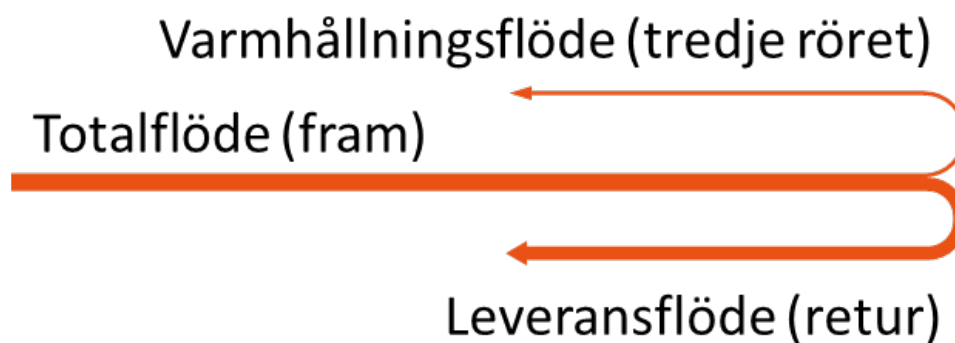
En kravförutsättning för att upprätthålla funktion för föreslaget trerörssystemen är att varmvattencirkulation byggs bort i nya bostadsområden. Genom att eliminera varmvattencirkulation undviks flöden med låg avkylning vilket leder till lägre primär returtemperatur. Verktyget för att uppnå detta är lägenhetscentraler i flerbostadshus. Detta utgör den naturliga kopplingen mellan de båda teknikförändringarna, trerörslösningen kräver lägenhetscentraler i flerbostadshus då eliminering av varmvattencirkulation är en kravförutsättning men även fördelaktigt ur andra avseenden, se avsnitt 3.1.

I nuvarande systemutformning löses problematiken med avsvalnande framtemperaturer med ventiler i distributionsnätet. Både genom manuellt reglerade ventiler och genom termostatreglerade ventiler (Sivertsson & Werner, 2002). Ett problem med denna lösning är att temperaturfel som uppstår genom ventilfel är mycket svåra att hitta och korrigera. Denna problematik är känd sedan länge och ett progressivt arbete har pågått med att installera termostatstyrningar av dessa ventiler. Redan 1995 genomfördes en studie om de ekonomiska förutsättningarna med termostatventiler i distributionsnät (Herbert, 1995).

I framtiden minskar marginalerna för hur ineffektiva lösningar som kan tillämpas och ändå upprätthålla affärsmässig lönsamhet. Behovet av en systemlösning som kan implementeras utan att innebära för stora hinder men som samtidigt löser dem problem som existerar i dagens teknik behöver definieras.

Introduktion av trerörssystem medför således en primär cirkulationsfunktion och således ett behov av att definiera de två flödeskomponenter som dagens returflöde kan delas upp i. Delvis kommer systemet att ge ett leveransflöde, som kan hänföras till kundernas värmebehov bland kunderna och som ska återföras genom ordinarie returledning. Delvis kommer systemet att ge ett varmhållningsflöde, som uppstår när inget värmebehov förekommer och framtemperaturerna i nätet sjunker. Detta flöde ska återföras genom tredje ledningen.

Förekommer ett leveransflöde ska det inte förekomma något varmhållningsflöde och vice versa, se Figur 6. Detta gäller för varje fjärrvärmecentral. På aggregerad nivå i nätet kan dock båda flödena uppträda samtidigt då uttag av varmvatten varierar över tid bland kunderna.



Figur 6. Principiell uppdelning av totalflödet i ett leveransflöde och ett varmhållningsflöde.

För att möjliggöra uppdelning i varmhållnings- och leveransflöde måste det säkerställas att inbyggda läckflöden från framtida fjärrvärmecentraler inte förekommer. Dessutom behöver regleringen av varmhållningsflöde mellan fram och tredjeröret definieras. Den nuvarande huvudlinjen är att implementera en pump i varje fjärrvärmecentral för att på så sätt utforma reglerfunktionen som ett aktivt val och därmed minska risken för okontrollerade varmhållningsflöden.

Implementering av trerörssystem medger lägre returtemperaturer under den del av året då värmebehoven är låga. Detta leder till lägre årliga medelreturtemperaturer. Utan en definierad strategi för att hantera ökade returtemperaturer orsakade av behovet av varmhållningsflöde blir det sannolikt mycket svårt att nå visionstemperaturerna för 4GDH.

En artikel skriven av två danska forskare rapporterar små kostnadsökningar för ett tredje rör om det läggs i ett gemensamt mantelrör med tillhörande värmeisolering (Bøhm & Kristjansson, 2005).

3.3 MÄTNING

Normen för energimätning till flerbostadshus sker idag med kollektiva metoder där debitering av slutkunderna baseras på en enkel form av fördelningsmetod, då varmhyra används i Sverige. Detta förfarande ger låg upplösning av information på kundnivå och därmed försvåras arbetet med att finna eventuella temperaturfel i systemet. Dessutom begränsas kundens möjlighet till att själv bestämma sin egen innetemperatur.

Implementering av lägenhetscentraler möjliggör delvis högre upplösning av värmeanvändningen vilket kan användas i framtidens system för att enklare identifiera och således kunna åtgärda eventuell temperaturfel men det tillåter även kunderna att själva bestämma innetemperatur.

Regelsystemet på EU nivå anvisar även att individuell mätning i flerbostadshus uppvärmda med fjärrvärme ska tillämpas från 2017 enligt energieffektiviseringsdirektivet (Directive 2012/27/EU). Implementering av lägenhetscentraler är således inte bara ett krav för den här tekniklösningen utan går även i linje med övergripande europeiska bestämmelser.

Diskussioner om rättvisaspekter gällande individuell mätning är vanligt förekommande i Sverige, med avseende på att lägenheter mitt i en byggnad värms från kringliggande lägenheter. I nya bostadsbyggnader kan det således vara av intresse att säkerställa mer isolering i mellanväggar för att minska denna problematik. Alternativt överläts till bostadsmarknaden att bestämma priset på lägenheterna, det vill säga att en hörnlägenhet kan då bli billigare än en lägenhet mitt i huset, ty uppvärmningskostnaderna blir högre.

För att undvika intrång i den personliga sfären bör nya flerbostadshus anpassas så att fjärrvärmecentralerna är tillgängliga utifrån lägenheterna, t ex från trapphusen. Det kan dessutom vara lämpligt med möjlighet att lätt kunna ersätta hel fjärrvärmecentral med ny enhet vid fel. Sådana åtgärder underlättar framtida service- och underhållsarbete.

3.4 UPPFÖLJNING

Teknikutveckling av mätutrustning medger att det idag finns ett stort överskott på tillgänglig mätdata. Analyser på värmelastmönster från fjärrvärmecentraler har genomförts i syfte att identifiera fjärrvärmecentraler med temperaturfel (Gadd & Werner, 2013). I avseende på flerbostadshus kan dock upplösningen ytterligare förbättras med lägenhetscentraler.

Det föreligger behov av bättre metoder för automatisk hantering av tillgänglig mätdata för att snabbt kunna identifiera temperaturfel. Ty trots att all mätdata idag finns tillgänglig, kan temperaturfel fortfarande existera på obestämd tid, då de inte kan lätt identifieras.

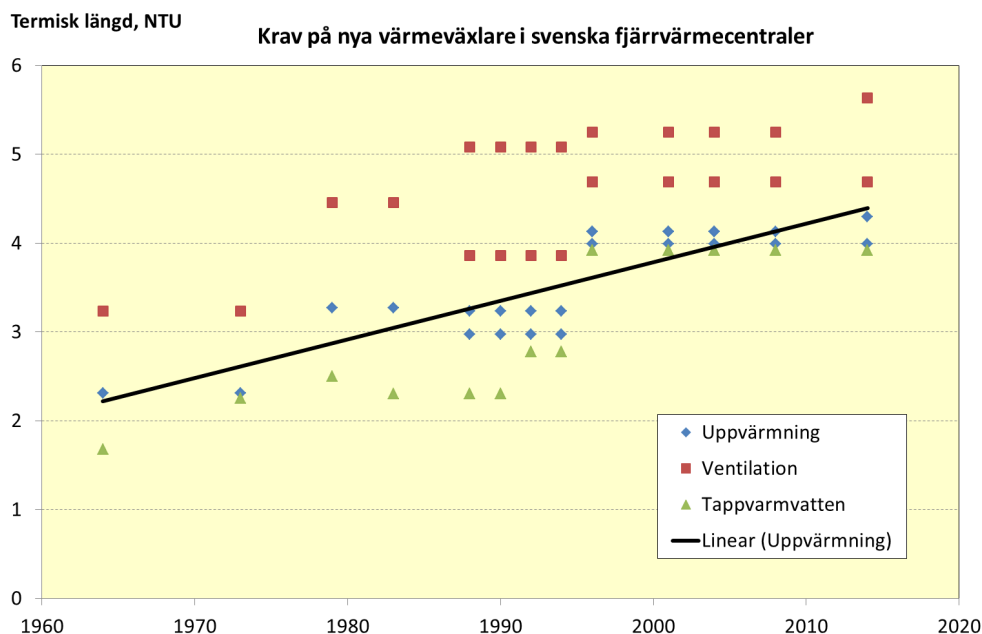
Implementering av kontinuerlig uppföljning genom informations- och kommunikationsteknologi (ICT) är nödvändigt för att komma snabbt identifiera och åtgärda temperaturfel (Gadd & Werner, 2014). I en studie där timmätdata analyserats observerades olika grader av temperaturfel i tre av fyra fjärrvärmecentraler (Gadd & Werner, 2015).

3.5 TERMISKA LÄNGDER, VÄRMEVÄXLARE

Värmeväxlare är vanligt förekommande i svenska fjärrvärmecentraler för att indirekt överföra värme till kundernas sekundärsystem. En värmeväxlares förmåga att överföra värme uttrycks med dess termiska längd, som är ett dimensionslöst tal (för den termiska längden använder vi förkortningen NTU som baseras på den engelska termen "Number of Thermal Units"). Med längre termiska längder minskar den värmeöverförande temperaturskillnaden mellan värmeväxlarnas primär- och sekundärsidor. Dessa temperaturskillnader ökar temperaturnivåerna i distributionsnäten. Med dagens medeltemperaturer i de svenska fjärrvärmesystemen och $NTU = 4$ erhålls en temperaturskillnad på drygt $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Om samtliga värmeväxlare ersattes med $NTU = 8$ halveras temperaturskillnaden och nättemperaturerna minskar således med $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Längre termiska längder i värmeväxlare är således ett viktigt verktyg för att få både lägre fram- och returtemperaturer i fjärrvärmesystem.

Utvecklingen av rekommendationerna under de senaste femtio åren för termisk längd i svenska fjärrvärmecentralers värmeväxlare visas i Figur 7. Den visar att de termiska längderna har blivit längre genom åren. Detta har åstadkommit genom förbättrade tillverkningsmetoder, såsom automatiserad lödning av plattvärmeväxlare. På sikt förväntas utvecklingen mot värmeväxlare med längre termisk längd fortsätta. Denna förändringsprocess bör drivas på genom förändrade kravspecifikationer enligt branschpraxis.

Värmeväxlarna för varmvattenberedning i pilotområdet i Lystrup för 4GDH utformades enligt temperaturspecifikationerna $50\text{-}20/14\text{-}47\text{ }^{\circ}\text{C}$ enligt (Dalla Rosa et al., 2014). Denna temperaturspecifikation motsvarar en termisk längd på 7,6. Detta krav innebär att längre termiska längder redan har implementerats i tidiga pilotområden för 4GDH. Således bör det inte innebära några stora hinder att använda värmeväxlare med termiska längder inom intervallet 6-8 i framtida 4GDH system.



Figur 7. Sammanställning av utvecklingen av branschkraven för termiska längder i värmeväxlare i svenska fjärrvärmecentraler sedan 1964.

3.6 TERMISKA LÄNGDER, RADIATORER M.M.

När uppvärmningssystem överför värme till byggnaders olika rum kan likadan NTU-logik tillämpas som för värmeväxlarna i fjärrvärmecentralerna. Längre termiska längder för radiatorer mm. medger lägre temperaturkrav från systemet. Historiskt sett har höga temperaturer i radiatorer använts för att täcka höga värmebehov med mindre radiatorer. Temperaturerna i sekundära radiatorsystem har före 1980-talet varit 80/60/20 och senare 60/40/20. Under dessa två förutsättningar erhålls de termiska längderna 0,4 respektive 0,7.

I samband med lägre värmebehov från nya byggnader kan storleken på radiatorerna minska men då ökar ej NTU. En potentiell strategi är att behålla dagens storlek på radiatorer i framtidens energieffektiva byggnader, för att på så sätt erhålla längre NTU. Med temperaturerna 45/25/20 erhålls ett NTU-krav på 1,6.

Vid användning av andra uppvärmningssystem bör NTU säkerställas. Detta gäller främst värmebatterier i luftvärmare, ty golvvärme har naturligt stora avkylande ytor.

3.7 INJUSTERING

Vikten av väl injusterade uppvärmningssystem med avseende på prestanda och komfort poängteras i (Petersson, 1998). Obalanserade sekundära uppvärmningssystem orsakar i dagens system överflöden med förhöjda returtemperaturer som följd. Det är idag arbetsintensivt och förknippat med hög komplexitet att injustera sekundära uppvärmningssystem för att erhålla så låga returtemperaturer som möjligt. Dessutom är initial injustering av ett nytt system

inte en permanent lösning då ytterligare injustering fordras med tiden, ty injustering är en färskvara, som mycket riktig påpekas i (Olsson, 2014).

Två potentiella lösningar på detta problem föreslås. Antingen införs lägenhetscentraler och då minskar sekundärsystemens storlek avsevärt och därmed komplexiteten med injustering. Alternativt införs automatisk injustering med ny reglering utöver termostatventiler, kan exempelvis vara olika former av maxflödesbegränsningar eller temperaturstryppningar. Kombinationen av lägenhetscentraler och alternativ reglering är möjlig.

3.8 LEGIONELLA

Legionellaproblematiken är idag ett av de mest signifikanta hindren för att tillämpa 4GDH. Legionellaproblematiken relaterar direkt till temperaturnivå men även till volymer i tappvarmvattensystem och tidsaspekter. Små volymer i varmvatteninstallationer och snabb varmvattenberedning är delar av lösningen för att minimera tillväxtrisk. För flerbostadshus finns ur Legionella synpunkt behov att bygga bort varmvattencirkulation, men det är också relevant att undvika lokala sekundära varmvattenlager, då dessa höjer temperaturkraven. Målbilden uppnås med lägenhetscentraler, ytterligare studie som behandlar lägenhetscentraler och låg Legionellarisk återfinns i (Xiaochen Yang, Hongwei Li, & Svend Svendsen, 2016).

Denna bakterie befinner sig i vila i kallvattentemperaturer och har tillväxt i temperaturer upp till 46°C (Brundrett, 1992; Wollerstrand, 2002). Senare studie har indikerat att bakterien kan tillväxa även vid högre temperaturer (Lesnik, Brettar, & Hofle, 2016). Övergripande rekommendationer anger att tillväxten gynnas i temperaturintervall 25-50 °C, vid stillastående vatten och i biofilm och sediment inuti vatteninstallationer (CEN, 2012). Föreskrifterna kring tappvarmvatteninstallationer är sedan anpassade på nationell nivå.

I Sverige finns föreskrifterna i Boverkets byggregler där det anges att vatten i ledningssystem, inklusive varmvattencirkulation ej ska understiga 50 °C samt att temperaturen för stillastående varmvatten bör vara 60 °C (Boverket, 2011). I övergripande europeisk standard (CEN, 2012) har tio olika typer av varmvatteninstallationer definierats. Det ses att de svenska föreskrifterna bygger på övergripande europeiska rekommendationer, enligt de traditioner med varmvattencirkulation som finns i Sverige. I en av de definierade varmvatteninstallationerna finns det inget minimumkrav på temperatur. Det fallet bygger på att inget lokalt sekundärt varmvattenlager eller varmvattencirkulation förekommer.

Enligt tyska rekommendationer minimeras Legionellarisken genom att den totala volymen i varmvatteninstallationen understiger tre liter (DVGW, 2004). Vid nybyggnad är det således av intresse att konstruera installationerna på så sätt att vattenvolymen i sekundära varmvattenrör minimeras.

Det finns flera olika sätt att hantera uppkomsten av Legionella i vatteninstallationer såsom alternativ utformning av tappvarmvatteninstallationer samt olika typer av steriliseringsmetoder (X. Yang, H. Li, & S. Svendsen, 2016).

Huvudspåret för vår tekniklösning avseende 4GDH är att använda lägenhetscentraler för att eliminera Legionella-problematiken. Ty, hypotesen är att komplexiteten för att hantera Legionella minskar då varmvattencirkulation ersätts med lägenhetscentraler. Alternativet vore att bygga med valfri steriliseringsmetod till nuvarande systemutformning, men då förhindras även implementering av trerörslösningen.

4 Simulering av ny systemlösning

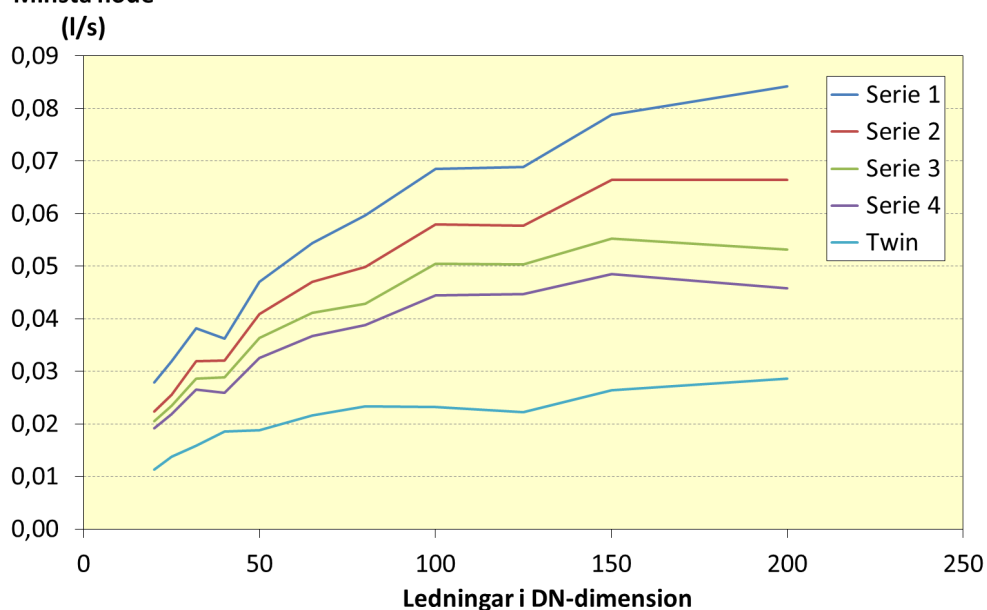
I detta kapitel redovisas simuleringar av den föreslagna tekniklösningen i en befintlig fjärrvärmemiljö. Simuleringarna består av flera driftfall under ett år, som viktas samman till årsvärden genom viktning med antal timmar som driftfallet förekommer under ett år. Variabler som varierar i simuleringarna är de anslutna husens årliga värmebehov samt de termiska längderna för fjärrvärmecentralernas värmeväxlare och husens radiatorer. I simuleringsmodellen beräknas temperaturer och tryck i varje nod i distributionsnätet. Härigenom kan returtemperaturerna från nätet skattas för den föreslagna tekniklösningen.

Kapitlet är uppdelat i tre avsnitt med ett inledande avsnitt som beskriver förutsättningarna för simuleringen, ett avsnitt med allmän modellinformation och ett avslutande avsnitt som beskriver studerat område med tillhörande simuleringresultat.

4.1 SPECIFIKA FÖRHÅLLANDEN

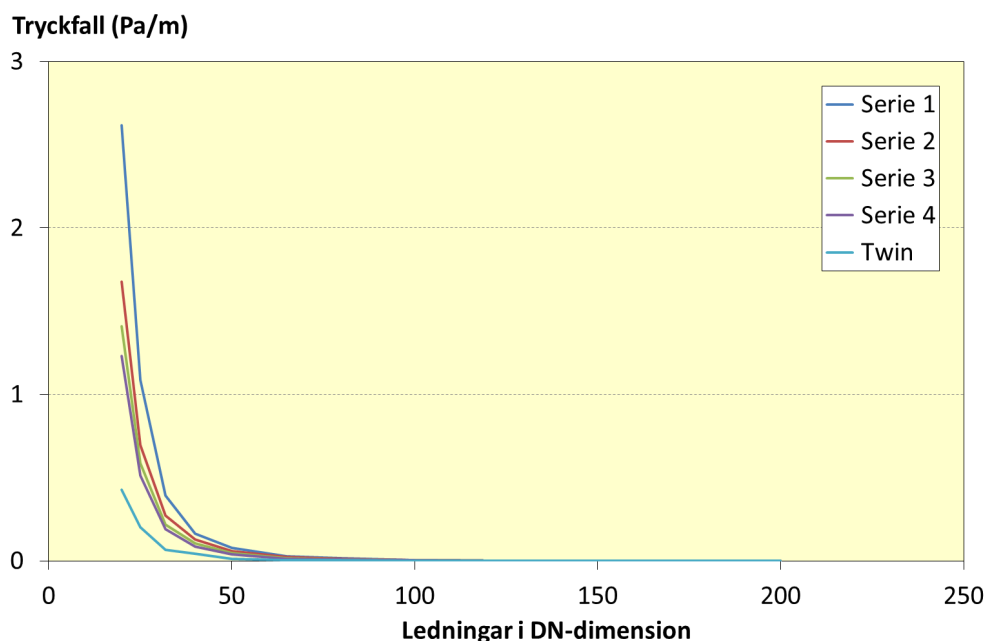
Det finns ett behov av ett minsta varmhållningsflöde för att hålla tillräckligt hög framtemperatur när kunderna inte har några värmebehov. Tillräcklig hör framtemperatur behövs alltid för att den första som vill tappa upp varmvatten ska kunna få detta varmvatten inom rimlig tid. Behovet av minsta flöde vid dimensionerande fallet (typiskt sommarnätter) är lågt enligt Figur 8. Dessutom ses att det minsta flöde som behövs för att upprätthålla varmhållningen av nätet inte varierar mycket mellan olika ledningsdimensioner. Summan av alla varmhållningsflöden från nätets servisleddningar är således tillräcklig för att upprätthålla nätets hela varmhållningsfunktion vid dimensionerande fall.

Minsta flöde



Figur 8. Minsta flöde liter per sekund vid framtemperaturen 54 °C och en specifik temperaturförlust på 0,05 °C per meter. Parameterskaran avser olika standardiserade värmeisoleringsgrader för olika separatisolerade rör, där Serie 1 avser lite isolering och Serie 4 avser mycket isolering, medan Twin avser två rör i en gemensam isolering.

En fördel med låga flöden är mycket låga tryckfall per meter ledning, se Figur 9. Tryckfall för Twinrör uppvisar för de minsta ledningsdimensionerna värden under 1 Pa/m, medan tryckfall i intervallet 100 till 200 Pa/m kan anses vara normenliga (Frederiksen & Werner, 2014). Då behovet av varmhållningsflöde är relativt konstant blir tryckfallet oerhört lågt i större ledningar, vilket indikerar att mindre dimensioner för tredje röret kan användas.



Figur 9. Tryckfall för minflöde vid framtemperaturen 54 °C och en specifik temperaturförlust på 0,05 °C per meter för de fem olika isoleringsgraderna.

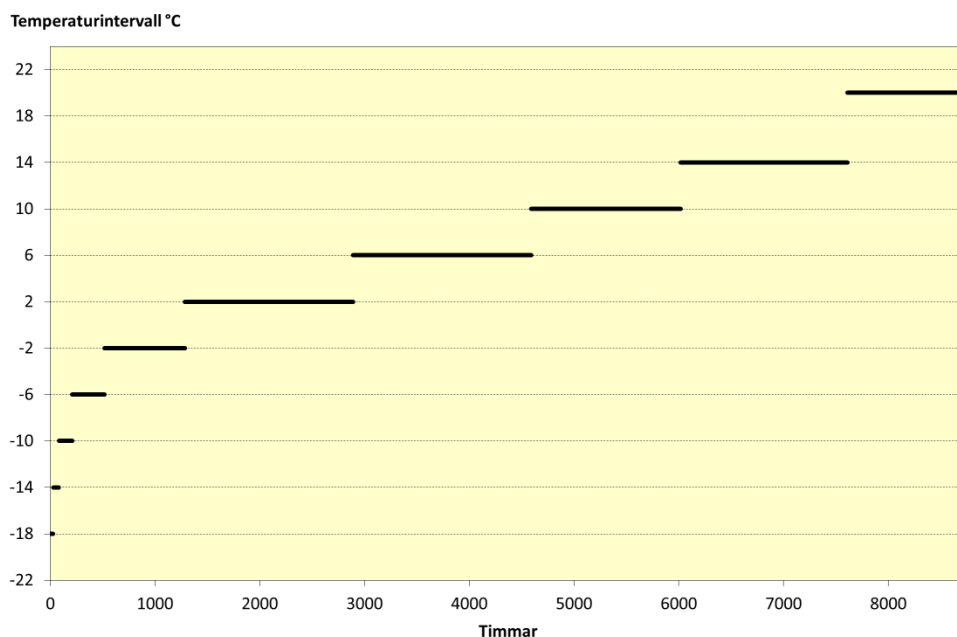
4.2 ALLMÄNNA VILKOR FÖR MODELL

Modellen hanterar inte maskade nät i nuvarande utformning utan bara finger- eller trädstrukturer. Nätet är sektionerat i delar med brytpunkter vid varje nod.

Modellen bygger på logiken att summan av servisledningarnas flöde står för nätfödet, ty det största temperaturfallet sker i servisledningarna. Information om distributionsnätets noder är arrangerad så att flöden aggregeras från nätets yttersta nod bak till områdets startpunkt. Modellen förutsätter även ideala driftsförhållanden, d.v.s. inga temperaturfel existerar.

4.2.1 Klimatdata

Klimatdata från SMHI har tillämpats i simuleringsmodellen. Klimatdata för 80 europeiska orter har varit tillgängliga som indata och de kan användas för att snabbt anpassa simulering för en annan ort. Modellen är indelad i tio olika driftfall angivna som medelvärden för respektive temperaturintervallintervall, se Figur 10. Storlek på intervallen är definierade utom för högsta respektive lägsta intervall. För kallaste temperaturintervall är samtliga drifttimmar inkluderade som är kallare och faller utanför intervallet. För varmaste temperaturintervall är samtliga drifttimmar inkluderade som är varmare och faller utanför intervallet med i driftfallet.



Figur 10. Tidsfördelning av klimatdata inom respektive temperaturintervall för varje simulerat driftfall. I detta fall används klimatdata för nordvästra Götaland (Göteborg).

4.2.2 Geometri

Genomgående i modellen används konstant värde för vattnets specifika värmekapacitet (4200 J/kg, K), vattnets densitet (1000 kg/m^3) och friktionsfaktor ($0,025$).

Indata för distributionsledningar återges i Bilaga 1 – Simuleringsmodell, Tabell 1.

4.2.3 Parameterstudie

För att undersöka variation i modellen har tre indata-variabler varierats vid simuleringarna. Dessa tre är effektsignatur för uppvärmning, radiatorreturtemperatur samt NTU för värmeväxlare i fjärrvärmecentral.

Variation av effektsignatur simulerar byggnadernas termiska prestanda och ger upphov till olika specifika värmebehov, därutöver påverkas även byggnadernas balanstemperaturer. Från Bilaga 1 – Simuleringsmodell, Tabell 2 framgår indata med avseende på olika termiska prestanda.

Variation av termisk längd i fjärrvärmecentral ändras i absolutbelopp. För uppvärmningssystem varieras termisk längd genom ändrad returtemperatur från värmesystemet. Från Bilaga 1 – Simuleringsmodell, Tabell 3 framgår indata med avseende på olika termiska längder.

4.2.4 Modellvariabler

I Bilaga 1 – Simuleringsmodell, Tabell 4 anges indata för modell.

4.2.5 Utdata

I Bilaga 1 – Simuleringsmodell, Tabell 5 anges utdata vilka varierar med variablerna specificerade enligt i Tabell 2 och Tabell 3.

4.3 FALLSTUDIE FÖR BEFINTLIGT FJÄRRVÄRMEOMRÅDE

4.3.1 Beskrivning av område

Modellen har testats på ett villaområde med 49 anslutningspunkter, se Figur 11. Samtliga byggnader hanteras homogent i modellen. Området består av cirka 1,1 km ledningslängd, därav hälften utgör distributionsledning (DN65-DN32) och hälften utgör servisledning (DN25).

Låg sammanlagring av varmvattenanvändning i området medger inte att mindre rördimensioner kan användas, ty varmvattendelen dimensionerar rördimensionerna i hela området.

Det valda området för simuleringen utgör ett av de svåraste driftfallen för 4GDH med avseende på låg linjetäthet och stort behov av varmhållningsflöden, när husen har en mycket hög isoleringsgrad. Alla andra områden i framtida fjärrvärmesystem med 4GDH kommer att ha bättre förutsättningar.



Figur 11. Områdeskarta med utsatt start samt anslutningspunkter numrerade.

4.3.2 Det framtida fallet

I projektet har det framtida fallet definierats enligt följande parameterinställning för:

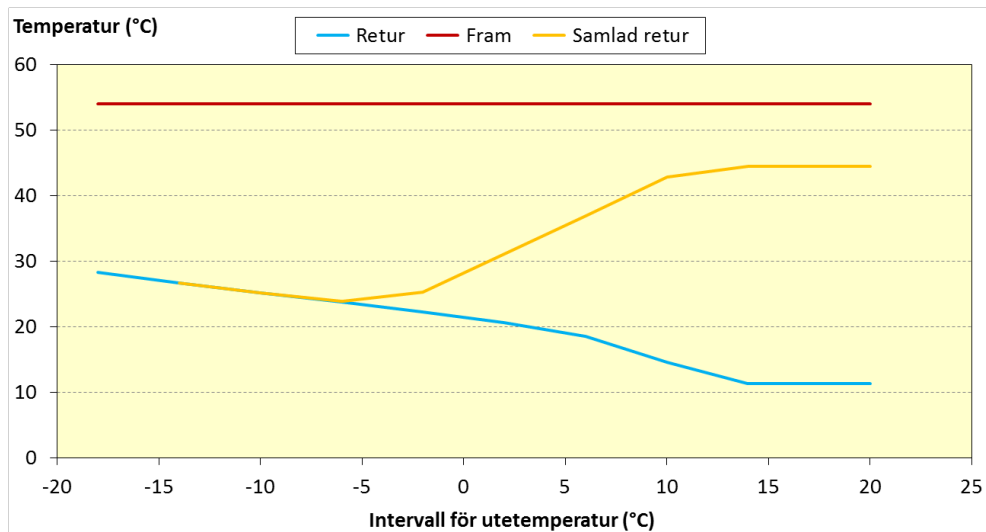
- Effektsignatur uppvärmning ($W/m^2, K$) $\rightarrow 0,5$ ($42 \text{ kWh}/m^2, \text{ år}$)
- NTU fjärrvärmecentral $\rightarrow 8$
- NTU värmesystem $\rightarrow 1$

Vid dessa förutsättningar ges för studerat område ett årligt värmebehov på 359 MWh varav 19 % utgör distributionsförluster. Inbördes fördelning mellan uppvärmning och tappvarmvatten är 53 % respektive 47 %.

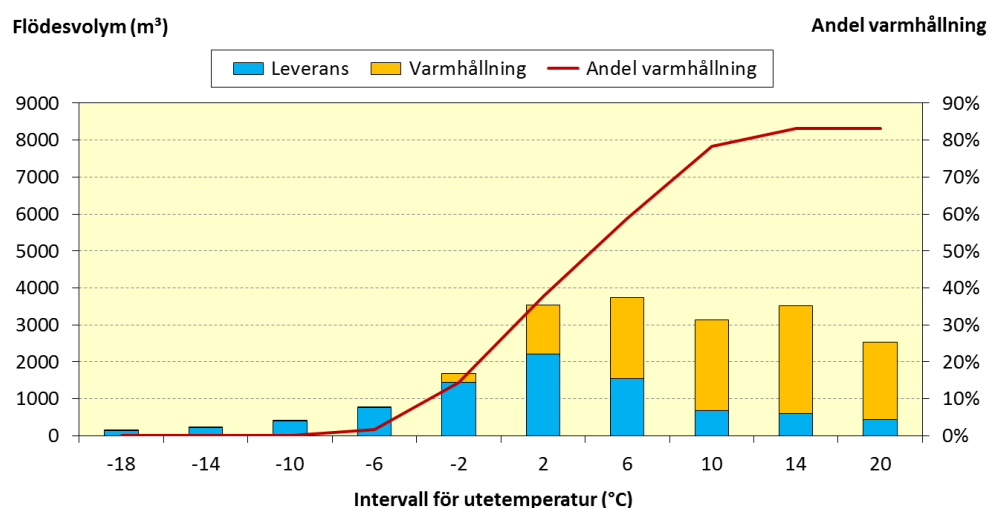
Vid lägre temperaturer då inget varmhållningsflöde förekommer är den samlade returtemperaturen konstant oavsett systemlösning, Figur 12. Vid temperaturer då varmhållningsflöde börjar förekomma ses det som är karaktäristiskt för dagens system, varmhållningsflödet höjer returtemperaturen i nätet. Detta problem ökar med stigande utetemperaturer och därmed ökade volymer varmhållningsflöden. I fallet med trerörlösningen blir returtemperaturen lägre, ty varmhållningsflödet separeras ut och höjer på så sätt inte returtemperaturen. För leveransflödet är det då endast avkylning mot inkommande kallvatten för varmvattenberedning. Denna avkylning medger lägre returtemperaturer, vilket ses i Figur 12. Genom systemförändring till trerörlösning förbättras möjligheterna att nå lägre årlig medelreturtemperatur från ordinarie returledning.

Total flödesvolym över året uppgår till $19\,700 \text{ m}^3$. Inbördes fördelning mellan varmhållningsflödesvolym och leveransflödesvolym är 57 % respektive 43 %, Figur 13. Under den kallare delen av året, då det ej föreligger något behov av varmhållningsflöde är summan av leveransflödet lågt då dessa temperaturintervall endast inträffar ett fåtal timmar per år, Figur 10.

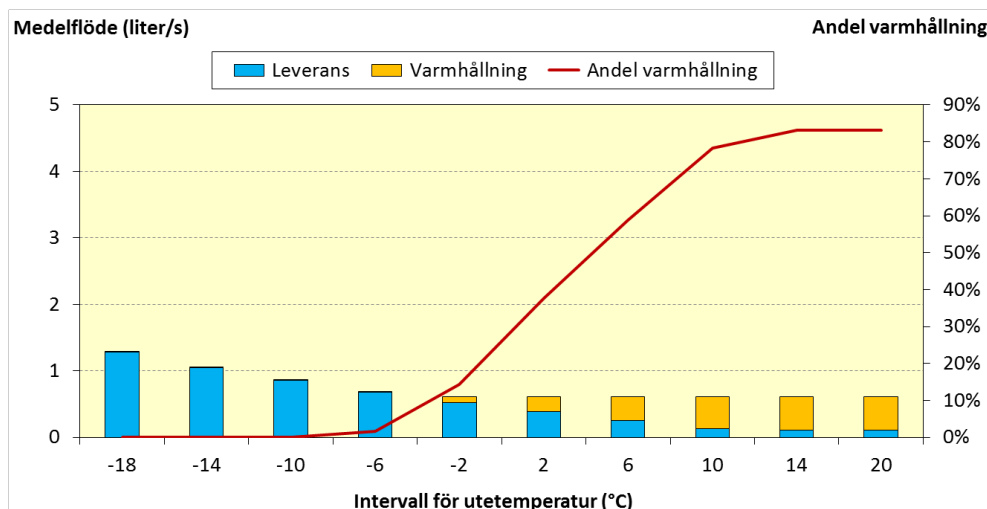
Medelflödet som krävs för att upprätthålla syfunktionen varierar inte så mycket över året, Figur 14. Det syns tydligt att behovet av varmhållningsflöde framträder samt upprätthåller jämnt flöde under den varmare delen av året.



Figur 12. Områdets nättemperaturer med och utan trerörlösning över årets definierade temperaturintervall för det framtida fallet. Samlad retur avser gemensam retur för både leverans- och varmhållningsflöden (3GDH-teknik). Retur avser temperatur för enbart leveransflödet (4GDH-teknik).



Figur 13. Uppdelning av leverans- och varmhållningsflödesvolym över årets definierade temperaturintervall för det framtida fallet.



Figur 14. Uppdelning av leverans- och varmhållningsflöde som medeltal över årets definierade temperaturintervall för det framtida fallet.

4.3.3 Det samtida fallet

Ett referensfall till det framtida fallet är fallet som återspeglar den samtida situationen, definierats enligt följande parameterinställningar:

- Effektsignatur uppvärmning ($W/m^2, K$) $\rightarrow 1,2$ ($121 \text{ kWh}/m^2, \text{år}$)
- NTU fjärrvärmecentral $\rightarrow 4$
- NTU värmesystem $\rightarrow 0,5$

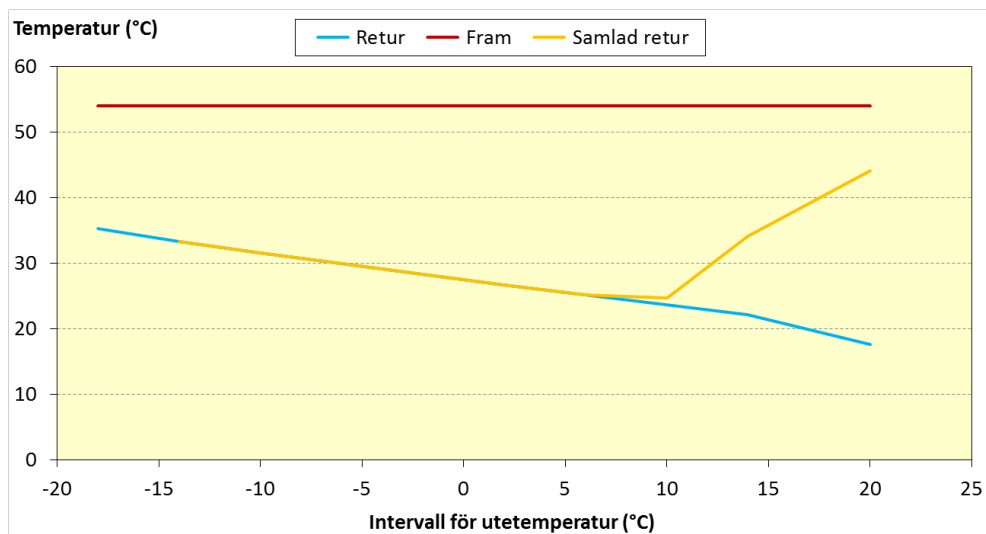
Vid dessa förutsättningar ges för studerat område ett årligt värmebehov på 886 MWh varav 6 % utgör distributionsförluster. Inbördes fördelning mellan uppvärmning och tappvarmvatten är 83 % respektive 17 %.

I det samtida fallet är skillnaden mellan tvårörs- och trerörlösningen lägre ty balanstemperaturen för byggnaderna är högre, Figur 15. Det är först vid högre utetemperaturer som skillnaden mellan de två systemen gör sig synlig. Men även ur en samtida kontext genererar simulerat nät högre returtemperaturer sommardag.

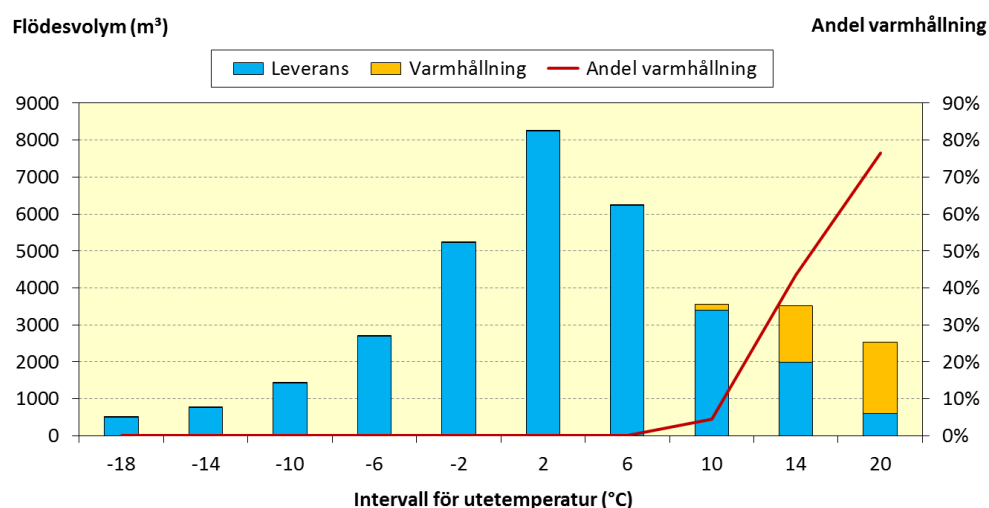
Total flödesvolym över året uppgår till $34\,600 \text{ m}^3$. Inbördes fördelning mellan varmhållningsflödesvolym och leveransflödesvolym är 10 % respektive 90 %, Figur 16. Under den kallare delen av året, då det ej föreligger något behov av varmhållningsflöde är summan av leveransflödet lågt då dessa temperaturintervall endast inträffar ett fåtal timmar per år, Figur 10.

Medelflödet som krävs för att upprätthålla systemfunktionen varierar betydligt över året, Figur 17. Det ses att behovet av varmhållningsflöde endast framträder under den varmaste delen av året.

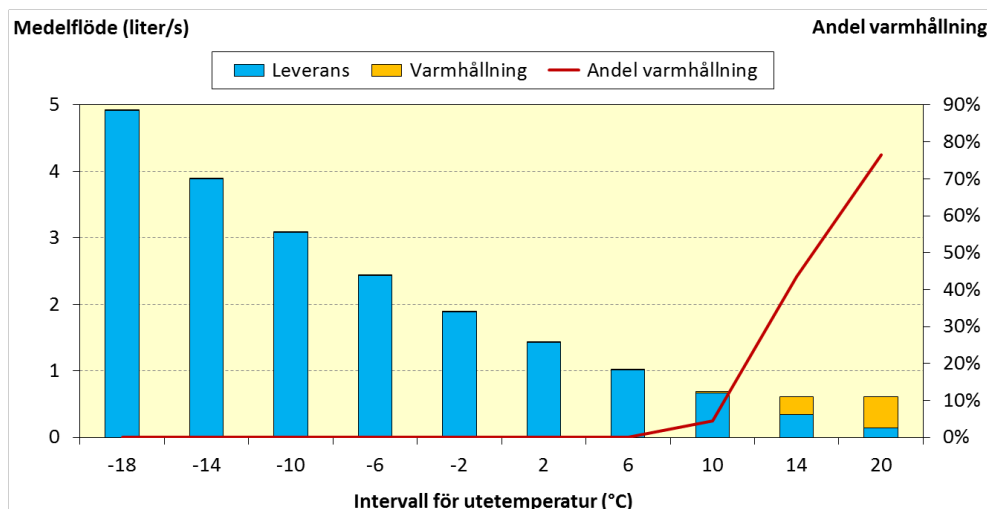
Det blir tydligt att behovet av dela upp returflödet i leveransflöde och varmhållningsflöde inte har så stor betydelse i dagens byggnadsbestånd. Men allteftersom nya byggnader anpassade till nära-noll-energibehov ansluts samtidigt som det befintliga byggnadsbeståndet renoveras kommer denna problematik att göra sig alltmer synlig med kontinuerligt höjda returtemperaturer som följd.



Figur 15. Områdets nättemperaturer med och utan trerörlösning över årets definierade temperaturintervall för det samtida fallet. Samlad retur avser gemensam retur för både leverans- och varmhållningsflöden (3GDH-teknik). Retur avser temperatur för enbart leveransflödet (4GDH-teknik).



Figur 16. Uppdelning av leverans- och varmhållningsflödesvolym över årets definierade temperaturintervall för det samtida fallet.



Figur 17. Uppdelning av leverans- och varmhållningsflöde som medeltal över årets definierade temperaturintervall för det samtida fallet.

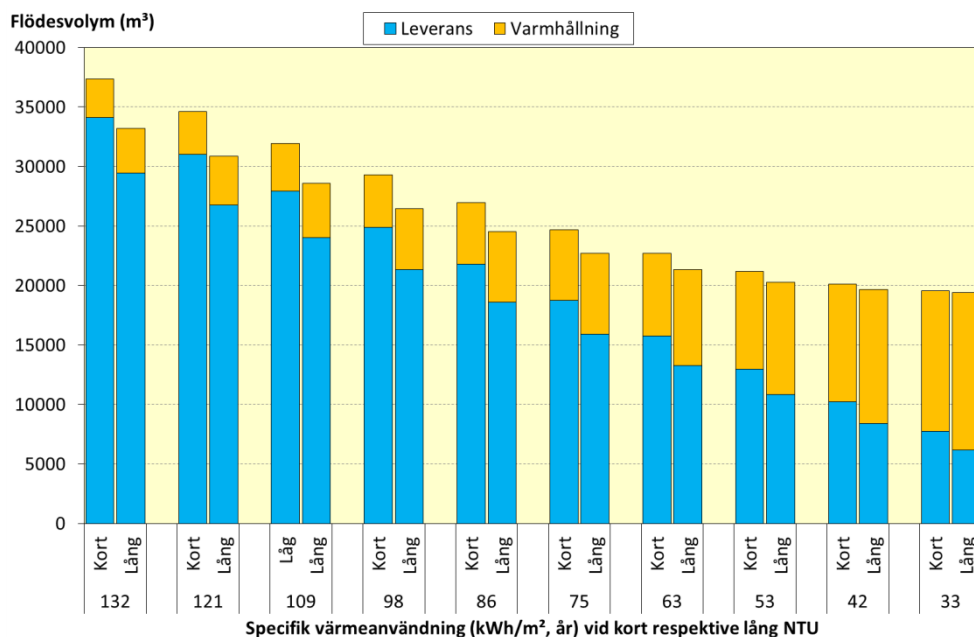
4.3.4 Jämförelse mellan samtidens korta NTU med framtidens långa NTU

Totalt har 200 simuleringar genomförts för att få kunskap om förväntade returtemperaturer och flöden vid 10 olika specifika värmebehov, 5 olika termiska längder för värmeväxlare i fjärrvärmecentraler och 4 olika termiska längder för installerade radiatorer i villorna. Dessa redovisas i Bilaga 2 – Utfall: Simuleringsmodell per årsbasis. 20 av dessa utfall är sammanställda i Figur 18 och Figur 19. De utfall som använts är även markerade i bilagan. Samtliga av de 200 utfallen kan utvärderas relativt klimatdata för att ge högre upplösning under ett individuellt år, sådan information har tidigare sammanställts och presenterats i avsnitt 4.3.2 för normfallet och i 4.3.3 för det samtida fallet.

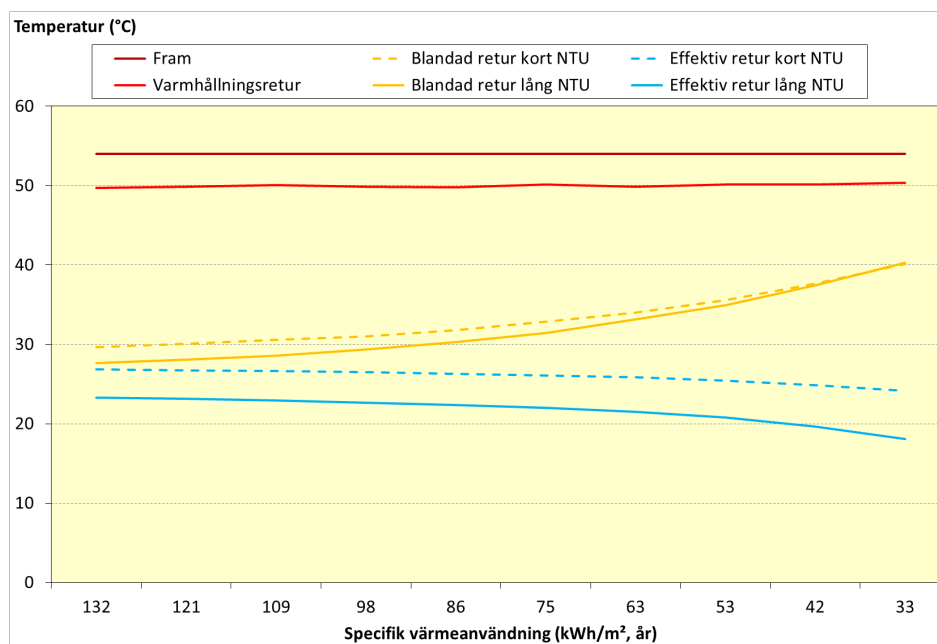
Kort termisk längd i detta sammanhang representerar dagens situation med $NTU = 4$ i fjärrvärmecentralernas värmeväxlare och $NTU = 0,5$ i värmesystemen på sekundärsidan. Lång termisk längd representerar i detta fall av $NTU = 8$ i fjärrvärmecentralernas värmeväxlare och $NTU = 1$ i värmesystemen på sekundärsidan.

Vid låga termisk prestanda för byggnader har längre NTU relativt sett större betydelse då leveransflödet minskar som en följd av lägre temperaturnivåer i nätet, Figur 18. Med ökande termisk prestanda för byggnader minskar skillnaden i leveransflöde mellan lång och kort termisk prestanda. Dessutom är minskning av totalflöde lägre vid högre termisk prestanda för byggnader, ty behovet av varmhållningsflöde ökar.

Vid analys av returtemperatur för nätet vid ökande termisk byggnadsprestanda samt med hänsyn taget till kort respektive lång termisk längd utmärker sig följande, Figur 19. För samtida tvärörssystem ökar returtemperaturen med högre termisk prestanda. Dessutom ses att nyttan med lång termisk längd avtar med högre termisk prestanda. Med trerörssystem uppträder motsatt händelseförlopp. Returtemperaturen blir lägre med högre termisk prestanda. Samtidigt ökar nyttan med lång termisk längd då trerörssystem tillämpas.



Figur 18. Årsutfall av totalflödesvolym uppdelat i leveransflödesvolym samt varmhållningsflödesvolym för simulerat område vid tio nivåer av termisk prestanda för byggnader samt två olika fall av termisk längd, dagens (kort, NTU = 4/0,5) och framtidens (lång, NTU = 8/1).



Figur 19. Årsutfall av temperaturnivåer för simulerat område vid tio olika termiska prestanda för byggnaderna samt två olika fall av termisk längd, dagens (kort, NTU= 4/0,5) och framtidens (lång, NTU = 8/1). Samlad retur avser gemensam retur för både leverans- och varmhållningsflöden (3GDH-teknik). Retur avser temperatur för enbart leveransflödet (4GDH-teknik).

5 Exempel från partnerföretag

Fyra partnerstäder har knutits till projektet för att få direktkontakter med fjärrvärmesystem som inom en snar framtid kommer att ansluta större nya bostadsområden till fjärrvärme. Dessa fyra städer är Varberg, Halmstad, Helsingborg och Lund. Alla dessa städer återfinns i sydvästra Sverige för att med korta restider hålla möten med partnerstäderna.

Möjligheterna till att använda 4GDH i dessa fyra städer sammanfattas kortfattat i nedanstående avsnitt. Dessutom har vårt teknikförslag för 4GDH kommit med i en ansökan om ny fjärrvärmeteknik till EU:s forskningsprogram Horisont 2020.

5.1 VARBERG ENERGI

Mellan havet och staden ska den nya stadsdelen Västerport växa fram. När industrihamnen, bangården och stationsområdet flyttas från nuvarande lägen blir stora markytor tillgängliga för stadsutveckling. Den nya stadsdelen och den gamla stadskärnan kommer att ligga sida vid sida och ska länkas ihop med varandra. Två viktiga förutsättningar för den nya stadsdelen är den nya järnvägstunneln med dubbelspår under Varberg och en utflyttning av den befintliga centrumnära industrihamnen till Farehamnen belägen nordväst om nuvarande hamnområde.

Planprogrammet för Västerport beräknas vara färdigt för godkännande i byggnadsnämnden i slutet av 2017. Under resans gång kommer flera tillfällen ges för allmänheten att yttra sig insyn och påverkan. Först därefter är det dags att påbörja arbetet med att ta fram detaljplaner för området. Man planerar för omkring 2000 lägenheter i ett första skede med byggstart omkring 2020, vilket indikerar ett värmebehov på omkring 10 GWh/år.

Området Västerport ligger mycket nära Varberg Energis värmeverk och överföringsledningen för restvärme från massabruket Värö, som ligger norr om Varberg. Genom att systematiskt tillämpa låga distributionstemperaturer för Västerport bör det vara möjligt att sänka returtemperaturen tillbaka till Värö. Det finns således på kort sikt en ekonomisk fördel för Varberg att tillämpa 4GDH-tekniken. Man kan således leverera mer värme med mycket lågt primärenergiinnehåll. Dessa byggnader inom Västerport skulle då bli verkliga NNE-byggnader.

I anslutning till detta Fjärrsynsprojekt sökte Varberg Energi finansiering från Naturvårdsverkets program avseende "Innovationer för hållbara städer – stöd för spetstekniker och nya systemlösningar" för att kunna planera och projektera några tidiga demoanläggningar enligt 4GDH-teknik i befintligt nät. Denna första ansökan avslogs, men man har för avsikt att söka igen vid kommande utlysningar.

Vi har träffat Varberg Energi två gånger för att diskutera möjligheterna att använda 4GDH-teknik inom Västerport.

5.2 HALMSTAD ENERGI OCH MILJÖ (HEM)

I Halmstad kommer ett område i stadsdelen Albinsro/Ranagård att bebyggas inom en snar framtid. Detaljplanen är nyligen antagen och det kommer att innehålla omkring 400 lägenheter i både flerbostadshus och villor samt några skolor och ett äldreboende.

HEM har avsatt egna medel för att planera för 4GDH-konceptet i en del av utbyggnadsområdet med avseende på projektering, kommunikation och affärsmodeller. Övriga delar av utbyggnadsområdet föreslås ha mer traditionell lågtemperaturteknik med tvärörlösningar.

HEM har ingen utpräglad lågtemperaturkälla idag, ty tillförd värme kommer från en avfallsförbränning, ett biobränsleeldat kombinerat kraftvärmeverk/värmeverk och en mindre värmeåtervinning från den elektriska ljusbågsugnen på Höganäs Järnverk.

Vi har träffat HEM fyra gånger för att diskutera olika aspekter på 4GDH-konceptet, allt från detaljerade tekniska lösningar till vilka kundfördelar som konceptet erbjuder.

5.3 ÖRESUNDSKRAFT (HELSINGBORG)

Det finns förslag till många olika stora nybyggnadsområden i Helsingborg, där 4GDH-tekniken skulle kunna användas inom en snar framtid. Det är också känt att det finns ytterligare stora volymer (flera hundra GWh per år) lågtempererad restvärme att hämta från Kemiras område för olika former av kemiska industrier. Därigenom finns möjligheten att öka värmeåtervinningen från Kemira-området om returtemperaturen i nätet kan sänkas genom att alla nya byggnader ansluts till nätets returledning.

Öresundskraft har en ambition att praktiskt testa 4GDH och har därför fört diskussioner med en byggherre i stadsdelen Maria. Projektet avser byggnation av ca 35 bostadsrätter som par- och kedjehus, i anslutning har Öresundskraft en pumpstation där man avser att installera utrustning för växling från konventionellt FV-nät till 4GDH.

Inom stadsförnyelseprojektet H+ arbetar Öresundskraft för att tillsammans med olika byggherrar testa 4GDH i flerbostadshus. Här finns redan ett konventionellt FV-nät så projektet avser att få testa 4GDH i en byggnad. Öresundskraft har sedan tidigare erfarenhet av att bygga konventionellt 3GDH-nät med lägenhetsvisa fjärrvärmeväxlare.

Vi har träffat Öresundskraft en gång och då hållit ett seminarium om 4GDH-tekniken, vårt teknikförslag och dess många fördelar.

5.4 KRAFTRINGEN (LUND)

Brunnshög är en ny stadsdel som växer fram i nordöstra Lund. När området är fullt utbyggt kommer omkring 40 000 människor att bo och vara sysselsatta här. Ambitionerna är exceptionellt höga - Brunnshög ska hysa världens bästa

forsknings- och innovationsmiljö och vara ett skyltfönster för hållbart svenskt stadsbyggande.

Den nya stadsdelen ska byggas i anslutning till de nya forskningsanläggningarna ESS och Max IV, som båda kommer att genererar lågtempererad restvärme som bör kunna användas i den nya stadsdelen, men även i det övriga fjärrvärmenätet.

Om två decennier ska Brunnshög att vara fullt utbyggd med drygt 10 000 lägenheter med drygt en miljon kvadratmeter, vilket ger ett tillkommande värmebehov på omkring 40-50 GWh per år.

Vid vårt möte framförde Kraftringen idén om att använda 4GDH-konceptet vid renovering av 31 befintliga sekundärnät med omkring 1800 villor. Även om inte 4GDH:s visionstemperaturer kan användas till befintliga byggnader, så skulle konceptet kunna användas för att effektivisera värmedistribution vid dessa planerade ombyggnader.

5.5 BERLIN

Vattenfall i Berlin har för avsikt att bygga ett lågtemperaturområde under sommaren 2017 med driftsstart i oktober 2017. Man kommer då att använda en variant av vår tre-rörslösning. Området omfattar 170 lägenheter i både flerbostadshus och radhus med ett totalt värmebehov på drygt 1 GWh per år.

Detta område ingår i ett projektförslag benämnt TEMPO inom Horisont 2020, som är EU:s ramprogram för forskning. Koordinator för projektförslaget är VITO i Belgien och ansökan gick in i januari 2017 avseende en utlysning kring ny fjärrvärmeteknik.

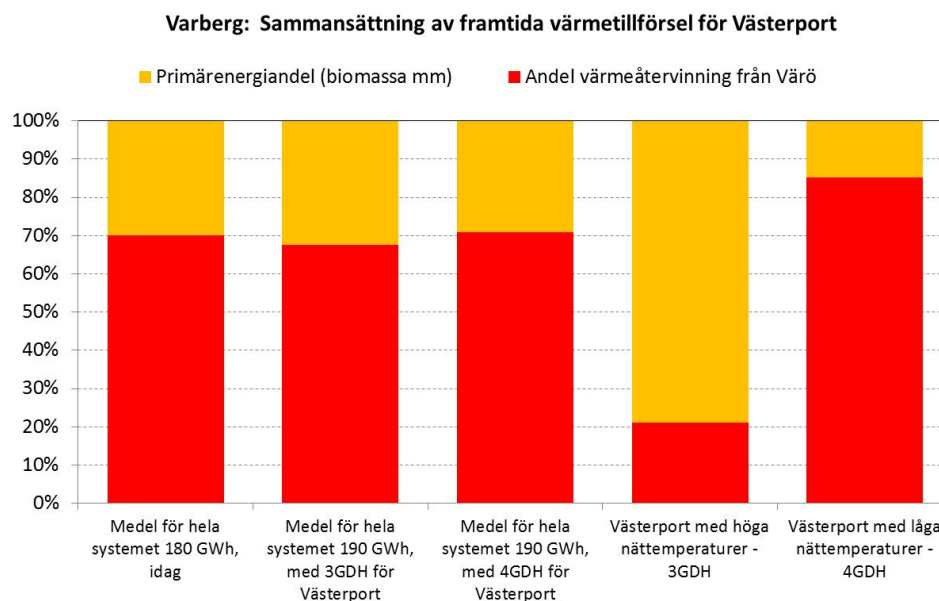
6 Primärenergianvändning för lågtemperatursystem

Utbyggnaden av det nya exploateringsområdet Västerport utgör ett bra exempel på att användning av lågtemperatursystem kan ge en marginellt låg primär energianvändning för nyttillkommande byggnader. Denna förutsättning gäller om man har en stor värmekälla som har egenskapen att mer värme kan återvinnas om man återför en lägre returtemperatur till värmekällan.

Västerport kan i stort sett direkt anslutas till fjärrvärmesystemets returledning tillbaka till Värö. Detta betyder att mer värme kan överföras i transmissionsledningen mellan Värö och Varberg utan att mer investeringar behöver göras eller att mer vatten behöver pumpas. En enkel analys av restvärmeflöden och installerade värmeväxlare i Värö visar att en grad lägre returtemperatur ökar värmeåtervinningen med drygt en halv megawatt. En inkoppling av Västerport i returledningen kommer att sänka returtemperaturen med drygt två grader som årsmedelvärde.

Denna situation har simulerats för ett års drift med nuvarande omfattning på fjärrvärmesystemet i Varberg. Följande förutsättningar har gällt för simuleringen:

1. Dagens värmeförsel är 180 GWh/år.
2. Nättemperaturerna under 2013 antas gälla före anslutningen av Västerport.
3. I dagens system antas 70 procent i snitt komma från Värö som restvärme och resterande från biobränsle från Flisans värmeverk. Detta visar drift-erfarenheterna från de två senast dokumenterade driftåren (2014 och 2015).
4. Nyttillkommande Västerport antas använda 10 GWh/år (2000 lägenheter med vardera 5 MWh/år).
5. Västerports lågtemperatursystem antas ha nättemperaturer enligt det framtida fallet illustrerat i Figur 12 i kapitel 4.
6. Varje simulerat driftfall avser ett intervall för utetemperaturen på en grad.



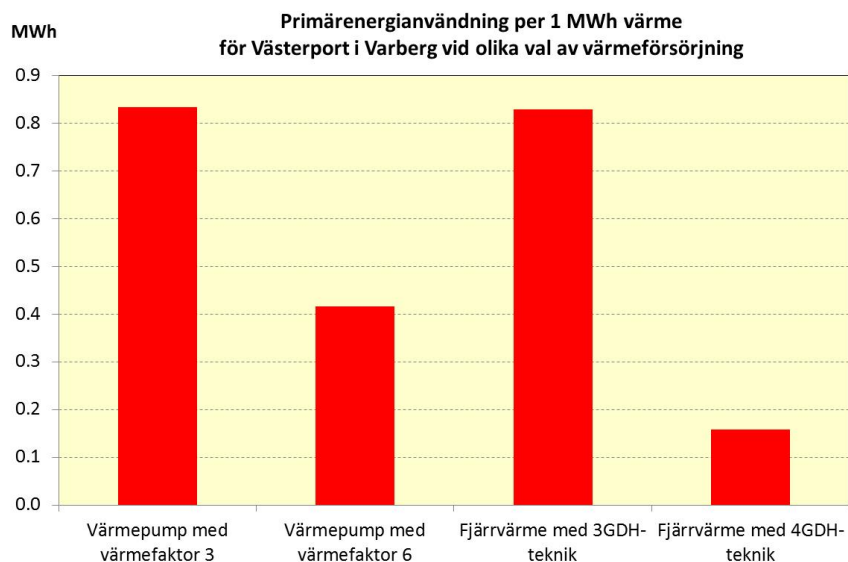
Figur 20. Resultat från simulering av anslutning av Västerport med dagens höga nättertemperaturer (3GDH) och med låga nättertemperaturer (4GDH).

Resultatet av simulering redovisas i Figur 20. Den första stapeln avser dagens fördelning av värmeförbrukningen enligt den tredje förutsättningen. Den andra stapeln avser motsvarande fördelning med traditionell 3GDH-anslutning av Västerport. Den tredje stapeln avser en innovativ 4GDH-anslutning av Västerport genom användning av låga nättertemperaturer. Den fjärde stapeln utgör skillnaden mellan den andra och första stapeln, som då redovisar hur värmeförbrukningen till Västerport fördelas marginellt i systemet vid en traditionell 3GDH-anslutning. Motsvarande fördelning med 4GDH-anslutning av Västerport redovisas med den femte stapeln, som utgör skillnaden mellan den tredje och första stapeln.

Slutsatsen från simuleringen blir då att en traditionell 3GDH-anslutning av Västerport ger en andel primärenergi på 79 procent, vilket sjunker till 15 procent om 4GDH-teknik används vid anslutningen. Detta betyder att den marginella resursanvändningen för Västerports värmeanvändning sänks till mindre än en femtedel om 4GDH-teknik används.

Den låga primärenergianvändningen för Västerport på enbart 15 procent är internationellt unik. Om detta översätts till en primärenergifaktor, så blir denna $1,05 \cdot 0,15 = 0,16$, där 1,05 är en typisk primärenergifaktor för biobränslet i sig. Om en värmepump ska vara mer resurseffektiv, så måste den ha en värmefaktor som är högre än $2,5/0,16 = 15,6$, där 2,5 är den primärenergifaktor som ska användas för el i NNE-byggnader från 2021 enligt Boverkets ändringsförslag inför den planerade revideringen av nybyggnadsreglerna (BBR). Denna primärenergifaktor härstammar från EU:s energieffektiviseringsdirektiv. Om traditionell 3GDH-teknik istället skulle användas blir tröskelvärdet för värmepumpens värmefaktor istället $2,5/(1,05 \cdot 0,79) = 3,0$. Denna analys av primärenergianvändning för Västerport sammanfattas i Figur 21, som visar att 4GDH-lösningen är betydligt mer resurseffektiv än övriga alternativ.

Användning av 4GDH-teknik kommer således vara en betydelsefull strategisk konkurrensfördel för fjärrvärmerna i Varberg när det gäller alla nya byggnader som kommer att byggas i staden under de kommande åren.



Figur 21. Sammanfattning av primärenergianalysen för Västerport med primärenergianvändning per MWh värme.

7 Samdrift mellan 3GDH och 4GDH

Samdrift av nätdelar byggda med olika generationers fjärrvärmeteknik har behandlats i (Averfalk et al., 2017). Detta kapitel är i huvudsak en direkt översättning av beskrivningen av olika former av samdrift i denna internationella rapport.

7.1 NYA 4GDH DELAR I EXISTERANDE SYSTEM

Begreppet samdrift omfattar de strategier som behöver användas för att ansluta och driva nya 4GDH-delar i befintliga fjärrvärmesystem, som skapats och drivs i enlighet med 2GDH- och 3GDH-principerna. Dessa strategier behövs eftersom de nya principerna för 4GDH först kommer att tillämpas i nybyggda områden med huvudsakligen bostäder, som kommer att ha låga temperaturkrav. Befintliga byggnader kommer fortfarande använda högre temperaturer och kommer att betjäna av konventionell 2GDH- eller 3GDH-teknik under kommande decennier. Men också dessa områden kommer att renoveras i framtiden och kommer att kunna använda 4GDH-teknik på lång sikt. Samdrift handlar då om samexistens mellan 2GDH-, 3GDH- och 4GDH-teknik i samma fjärrvärmenät innan näten är helt harmoniserade för 4GDH-drift.

Det huvudsakliga syftet med dessa samdriftsstrategier är att motverka den stora nackdelen med avseende på temperatureffektivitet i ett fjärrvärmesystem. Det är att kunden med det högsta temperaturkravet sätter nivån för framtemperaturen i hela fjärrvärmenätet.

En del av dessa strategier kan baseras på aktuella erfarenheter av samtidig drift. Följande avsnitt innehåller en kort översikt över några av dessa erfarenheter.

7.2 DAGENS ERFARENHETER AV SAMDRIFT

Aktuella erfarenheter av samdrift inkluderar flertemperatursystem, användning av primära och sekundära nät, fram-till-framanslutningar och retur-till-returanslutningar. De två senare anslutningsprinciperna är viktiga komplement till de ordinarie fram- till returanslutningarna som normalt används vid värmeleveranser. Den fjärde möjliga principanslutningen med retur-till-framanslutning används endast när kunder levererar värme till näten (prosumers).

7.2.1 Flertemperatursystem

SEMHACH, en fjärrvärmeleverantör i Paris södra förorter, driver ett fjärrvärmesystem med fem olika temperaturer för städerna Cheville-Larue och L'Hay Les Roses med totala värmeleveranser på ca 170 GWh per år. Temperaturnivåerna och motsvarande rör definieras som Liaison (leverans), Haute (hög), Moyenne (medelhög), Basse (låg), och Tres Basse (mycket låg). Leveranstemperaturrören kopplar samman de olika värmeförselanläggningarna. Kunderna är anslutna mellan olika lämpliga temperaturnivåer beroende på kundernas temperaturkrav. En kund kan anslutas

mellan hög och medeltemperatur, medan en annan kan anslutas mellan medelhög och låg temperatur.

Alla temperaturer är inte tillgängliga överallt i nätet, men kan levereras på begäran och tillgänglighet. Systemet har 65 km rör för 23 km ledningslängd, vilket tyder på att 2,8 parallella rör används i genomsnitt. De vanligaste anslutningarna ligger fortfarande mellan de höga och medelhöga temperaturnivåerna i områden med vanliga tvårörnsnät.

Huvudsyftet med detta flertemperatursystem är att öka användningen av flera geotermiska brunnar som används för baslastdrift. Geotermisk värme utgjorde 59 procent av värmeförsörjningen under 2014. Genom en mer utvecklad kaskadinkoppling av kunderna erhålls en lägre aggregerad returtemperatur, vilket gör det möjligt att utvinna mer geotermisk värme från de befintliga borrhålen.

Vissa delar av Berlins fjärrvärmesystem har ett tre-rörssystem bestående av två framrör och ett returrör (Frederiksen & Werner, 2014). En framledning används för värmeapplikationer, medan det andra framröret avger värme för framställning av varmvatten. Fördelen med denna konfiguration är att framtemperaturen för uppvärmning kan varieras beroende på dess säsongsvariation, medan den andra framtemperaturen hålls konstant för att endast hantera temperaturkravet för att generera varmvatten. Denna grundläggande princip infördes i Berlin fjärrvärmesystem i början av på 1920-talet.

Användningen av flera distributionsledningar med olika temperaturer är också huvudtemat för det tyska LowExTra projektet, som stöds av det tyska förbundsministeriet för ekonomi och energi. Projektbeskrivningen nämner de föreslagna temperaturnivåer 15, 30, 45 och 60 °C som bör utforskas av projektet.

Områden som har både fjärrvärme och fjärrkyla kan ses som en variant av dessa flertemperatursystem. Det kommer vara likartade returtemperaturer i framtidens fjärrvärme- och fjärrkylennät, så kanske kan man integrera dessa då.

7.2.2 Primär- och sekundärnät

Wien har delat upp sin värmedistribution i ett primärt nät och många sekundära nät. Primärnätet har en hög temperaturnivå som motsvarar 2GDH-teknik och innehåller även huvudtransmissionsledningar, men vissa kunder är också anslutna till denna del av nätet. Flera hundra sekundära nät erhåller värme från det primära nätverket genom centrala överföringsstationer. Dessa sekundära nät är utformade i enlighet med 3GDH-principer och bestod av 53 procent av den totala ledningslängden under 2013.

Stor-Köpenhamn har ett regionalt fjärrvärmesystem baserat på primära och sekundära nät. Det primära nätet består av transmissionsledningar och drivs av två transmissionsföretag (CTR och VEKS). Det fungerar enligt 2GDH-principer och levererar värme till sekundära nät, baserat på 3GDH-teknik. Värmen överförs genom stora centrala överföringsstationer till varje sekundärt nät, en för varje kommun i regionen. Värmeväxlarna i dessa centrala överföringsstationer har långa termiska längder på omkring 8-10.

Liknande uppdelning av primära och sekundära nät används också ofta i Ryssland och Kina, eftersom det var en typisk fjärrvärmestandard i den forna Sovjetunionen. Riga i Lettland och vissa andra före detta sovjetiska fjärrvärmesystem har lyckats att bygga om denna delade nätdesign till ett helt integrerat primärnät genom att ta bort alla centrala överföringsstationer under mindre än tio år. Härigenom har de lyckats att genomföra omvandlingen från samdrift av 2GDH och 3GDH-teknik till ett integrerat nät med typiska resultatindikatorer för 3GDH.

Uppdelning i primära och sekundära nät kan vara lämpligt att använda när hela stadsdelar byggs och ansluts med 4GDH-teknik och att befintligt nät kan betraktas som primärnätet.

7.2.3 Fram-till-framanslutning

Fram-till-framanslutning används när kundens fjärrvärmecentral genererar en hög returtemperatur strax under framtemperaturen. Denna mycket höga returtemperatur är inte lämplig att tillföra till den ordinarie returledningen, ty detta ökar temperaturnivån i hela nätet.

Bromölla fjärrvärmesystem tillämpar en fram-till framanslutning för stor en industri (Ifö Sanitär). Värme återvinns från ett pappers- och massabruk vid en temperatur av omkring 110-125 ° C. Detta framflöde levereras först till industrin som minskar temperaturen till 65-90 ° C, vilket blir en lämplig framtemperatur för det lokala fjärrvärmenätet i Bromölla, vilket avger en slutlig returtemperatur på 45 °C. Härigenom blir returtemperaturen från industrin framtemperaturen för tätortens byggnader.

Fram-till-framanslutningar är också lämpliga för värmeleveranser till lokala absorptionskylmaskiner. De behöver ofta stora flöden och genererar då höga returtemperaturer. Med hjälp av fram-till-framanslutningar kommer returledningarna inte att förorenas av dess höga returtemperaturer.

Däremot kan fram-till-framanslutningar inte tillämpas överallt i distributionsnäten, eftersom framflödet måste vara ganska högt vid anslutningspunkten. Därför kan denna metod endast tillämpas nära stora distributionsledningar. Det kan inte användas i nätens periferier, där leveransflödena är låga. En lokal fram-till-framanslutning kräver också en lokal pump för att skapa flödet genom fjärrvärmecentralen, eftersom tillgängligt differensstryck från framledningen är noll.

Vårt förslag till ett tredje rör i nätet kan uppfattas som en fram- till framkoppling av värmebehovet för varmhållning.

7.2.4 Retur-till-returanslutningar

Retur-till-returanslutningar används när kundens fjärrvärmecentral kräver en framtemperatur nära den faktiska returtemperaturen i nätet. Denna typ av anslutning är lämplig för kunder som har låga temperaturkrav, som lågenergihus. Andra exempel på värmebehov med låga temperaturkrav är markvärme, golvvärme, pooler och förvärmning av ventilationsluft etc.

Samma hydrauliska villkor gäller för retur-till-returanslutningar som för fram-till-framanslutningar. De kan endast utföras nära stora ledningar med stora flöden och en speciell cirkulationspump krävs också vid varje anslutningspunkt.

Retur- till-returanslutning kan tillämpas när enstaka nya byggnader ska anslutas i befintligt nät. Om returtemperaturen i nätet är för låg under vissa tider under året måste dock inblandning av framflöde ske.

7.3 SLUTSATS KRING SAMDRIFT

Den viktigaste slutsatsen om samdrift är: Det bör vara möjligt att utveckla effektiva strategier för samdrift för att underlätta parallell användning av befintliga 2GDH/3GDH system tillsammans med nya 4GDH-delar med avseende på operativa, tekniska och allmänna villkor. Det kommer finnas ett behov av samdrift eftersom nätdelar med 4GDH-teknik kommer att införas innan de befintliga systemdelarna kan tillämpa den nya 4GDH-tekniken. Många år kommer att krävas för att sänka kundernas temperaturkrav i befintliga byggnader med olika energieffektiviseringsåtgärder.

8 Kommande utvecklingssteg

Inför implementering av den nya tekniska lösningen krävs ytterligare forsknings- och utvecklingsarbeten kring denna teknik. Dessa arbeten bör ge svar på den optimala storleken på det tredje röret, möjliga radiatortemperaturer som passar både 4GDH och värmepumpar, bra lösningar för samdrift av olika nätdelar med 3GDH och 4GDH, förväntade returtemperaturer i nya områden med flerbostadshus anslutna med 4GDH-teknik, nya tillämpningar för andra fjärrvärmekunder med varmvattenberedning (som hotell mm.) samt dokumentation av verklig drift av demoanläggningar som byggs med den föreslagna tekniklösningen för 4GDH.

Storleken på det tredje röret behöver väljas så att man kan använda ett så litet rör som möjligt utan att det ger för stora tryckfall. I denna analys bör ingå valet mellan att låta sommarens varmhållningsflöde att drivas av många lokala pumpar i varje fjärrvärmecentral eller en central pump vid inmatningspunkten till området. Denna planerade dimensionering försvåras dock av framtida eventuella inmatningar av värme från prosumenter i det tredje röret.

En annan viktig frågeställning är vilka radiator- eller batteritemperaturer som ska användas vid dimensioneringen av dessa i framtiden. Kan man enkelt nå termiska längder på 1,5 eller ska man nöja sig med 1,0? Det är också viktigt att man harmoniserar dessa dimensionerar av radiatorer och ventilationsbatterier med att dimensioneringen även är lämplig för värmepumpar och solvärmesystem, så att alla nya byggnader i Sverige byggs med samma dimensioneringsprinciper.

Utformningen av överföringstationerna i samdriften mellan matande 3GDH-områden och nya 4GDH-områden är viktig för att tidigt få nytta i befintliga nät av de lägre returtemperaturerna i nya anslutna 4GDH-områden. Dessa måste beakta att det kan finnas leveransflöden och varmhållningsflöden samtidigt i ett 4GDH-område.

Simuleringar behöver genomföras och demoområden behöver byggas för att på olika sätt kvalitetssäkra utbyggnader i områden med flerbostadshus.

Tekniklösningar måste också tas fram för fjärrvärmekunder som inte består av bostäder. Speciellt gäller detta kunder med tydliga varmvattenbehov, som t ex hotell. Kunder med inga eller små varmvattenbehov kan enklast anslutas utan varmvattenberedning. De behöver då endast två rör för uppvärmning och kan använda små lokala elberedare där små varmvattenbehov finns.

Det behöver byggas demoanläggningar som prövar den föreslagna tekniklösningen för 4GDH i verklig drift. Driften i dessa behöver dokumenteras och analyseras noga för identifiering av eventuella svagheter eller nackdelar med tekniklösningen.

Utöver de rent tekniska frågeställningarna finns det även marknadsmässiga och juridiska frågeställningar kring kunders speciella önskemål om gemensamt gränssnitt för ett helt flerbostadshus (som idag), värmeinmatning från prosumenter, strikt ansvar och ägarskap för fjärrvärmeledning fram till varje lägenhetscentral i flerbostadshus.

9 Slutsatser

De sex huvudslutsatserna från detta projekt är:

- Fjärrvärmeföretag kan nu lämna viktig information till dagens och framtidens kunder om att det finns långsiktigt hållbara fjärrvärmelösningar som beaktar att framtidens byggnader har låga värmebehov och att förnyelsebar, återvunnen och lagrad värme kommer att användas.
- Det finns tillräckligt med kunskap om dagens temperaturnivåer i svenska fjärrvärmesystem för att i praktiken kunna genomföra reduktioner av dessa nivåer.
- Ingen helt ny fjärrvärmeteknik behövs för att införa 4GDH i Sverige. Det räcker med tre modifieringar av befintlig 3GDH-teknik. Vår bedömning är att det bör gå att tillämpa 4GDH-teknik i alla större bostadsområden som planeras bli byggda i Sverige.
- Våra simuleringar visar att den föreslagna tekniklösningen för 4GDH uppfyller visionstemperaturerna 50 grader i framledningen till kunderna och omkring 20 grader i returledningen från nybyggda bostadshus. Vårt förslag till tekniklösning är världsunik. Ingen annan har tidigare visat hur dessa två visionstemperaturer ska kunna uppnås.
- Det kommer att krävas en aktiv dialog med planerare, projektörer och byggare för att implementera den nya 4GDH-tekniken i nya svenska flerbostadshus genom att lägenhetscentraler bör användas istället för gemensamma fjärrvärmecentraler i källare som idag.
- Primärenergianvändningen är ofta väsentligt lägre för användning av låga distributionstemperaturer jämfört med annan värmeförsel enligt exemplet från Varberg.

Avseende våra simuleringar av den föreslagna nya tekniklösningen för 4GDH gäller att:

- Våra simuleringsresultat visar att det finns ett reellt behov av att dela upp returflödet i två oberoende delar. Om returflödet inte delas upp i ett leveransflöde och ett varmhållningsflöde, så kommer det bli svårt att nå visionstemperaturerna för 4GDH. Allteftersom nya byggnader anpassade till nära-noll-energibehov adderas till det totala byggnadsbeståndet samt renovering i befintligt byggnadsbestånd realiseras kommer denna problematik med höjda returtemperaturer att göra sig alltmer synlig om 3GDH-teknik fortfarande kommer att användas.
- Tekniklösningen i tre steg kan ge upphov till vissa kulturella hinder då det delvis är nya lösningar som inte har använts tidigare i Sverige, så de behöver adresseras för att inte bli verkliga hinder för användning av 4GDH-tekniken:
 - × Trerörssystem kan tillämpas då den enda skillnaden är att materialkostnaden för det tredje röret tillkommer vid tillverkning. Detta kommer ej ha stor inverkan på totala kapitalkostnaden för arbete med att lägga fjärrvärmerör i mark.
 - × Lägenhetscentraler är ovanliga i Sverige, men vanligt förekommande på andra platser i Europa. Erfarenheten att tillämpa denna typ av tekniklösning finns och utgör inget direkt hinder. Kostnaden för

fjärrvärmeleverantören förmodas öka i samband med tillkommande rördragning i flerbostadshus samt ett större antal mindre fjärrvärmecentraler. Denna merkostnad kommer dock att mildras av att tillverkningsvolymerna av harmoniserade fjärrvärmecentraler kommer att pressa priserna per enhet på sikt. Kunderna behöver ej heller bygga system för varmvattencirkulation eller värmedistribution i husen. Ansvaret för de tidigare VVC-förlusterna flyttas från fastighetsägare till fjärrvärmeleverantör. De behöver då ej längre ingå i NNE-kraven när husen byggs.

- × Längre termiska längder antas inte utgöra något hinder gällande implementering. Den termiska längden för fjärrvärmecentraler har fördubblats sedan 1960-talet. Med dagens sofistikerade tillverkningsprocesser är det mer en fråga om en branschpraxis att efterfråga längre termiska längder samt att utrymmeskravet i framtida fjärrvärmecentraler anpassas.

10 Referenser

- Averfalk, H., & Werner, S. (2016). *Essential Improvements in Future District Heating Systems*. Paper presented at the The 15th International Symposium on District Heating and Cooling, Seoul, September 4-7, .
- Averfalk, H., Werner, S., Felsmann, C., Rühling, K., Whiltshire, R., Svendsen, S., . . . Quiquerez, L. (2017). *Annex XI | Transformation roadmap from high to low temperature district heating system*. IEA DHC|CHP. Retrieved from
- Boverket. (2011). *Boverkets byggregler - föreskrifter och allmänna råd*, BBR. Retrieved from BFS:2011:6 Konsoliderad version:
- Brundrett, G. W. (1992). *Legionella and Building Services*: Butterworth-Heinemann.
- Bøhm, B., & Kristjansson, H. (2005). Single, twin and triple buried heating pipes: on potential savings in heat losses and costs. *International Journal of Energy Research*, 29(14), 1301-1312. doi:10.1002/er.1118
- CEN. (2012). Recommendations for prevention of Legionella growth in installations inside buildings conveying water for human consumption. CEN/TR 16355:2012.
- Connolly, D., Mathiesen, B. V., Østergaard, P. A., Möller, B., Nielsen, S., Lund, H., . . . Trier, D. (2012). *Heat Roadmap Europe 2050 - first pre-study for EU27*. Retrieved from http://vbn.aau.dk/files/77244240/Heat_Roadmap_Europe_Pre_Study_1.pdf
- Connolly, D., Mathiesen, B. V., Østergaard, P. A., Möller, B., Nielsen, S., Lund, H., . . . Trier, D. (2013). *Heat Roadmap Europe - second prestudy for EU27*. Retrieved from http://vbn.aau.dk/files/77342092/Heat_Roadmap_Europe_Pre_Study_II_May_2013.pdf
- Crane, M. (2016). *Individual apartment substation testing - Development of a test and initial results*. Paper presented at the The 15th International Symposium on District Heating and Cooling, Seoul, September 4-7, .
- Dalla Rosa, A., Li, H., Svendsen, S., Werner, S., Persson, U., Ruehling, K., . . . Bevilacqua, C. (2014). *Annex X Final report | Toward 4th Generation District Heating: Experience and Potential of Low-Temperature District Heating*. IEA DHC|CHP. Retrieved from
- Directive 2012/27/EU of the European parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC.
- DVGW. (2004). *Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installation*. Retrieved from Bonn:
- European Parliament and Council. (2010). *Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings*. Brussels
- Frederiksen, S., & Werner, S. (2014). *Fjärrvärme och fjärrkyla*. Lund: Studentlitteratur.
- Gadd, H., & Werner, S. (2013). Heat load patterns in district heating substations. *Applied Energy*, 108, 176-183. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.02.062>
- Gadd, H., & Werner, S. (2014). Achieving low return temperatures from district heating substations. *Applied Energy*, 136, 59-67. doi:10.1016/j.apenergy.2014.09.022
- Gadd, H., & Werner, S. (2015). Fault detection in district heating substations. *Applied Energy*, 157, 51-59. doi:10.1016/j.apenergy.2015.07.061
- Gong, M., & Werner, S. (2015). Exergy analysis of network temperature levels in Swedish and Danish district heating systems. *Renewable Energy*, 84, 106-113. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2015.06.001>
- Gudmundsson, O., Thorsen, E., & Brand, M. (2017). Low Temperature Heat Supply - Building Solutions for Efficient Consumer Interfaces. *Euro Heat&Power (English edition)*, 14, 27-31.
- Gummérus, P. (1989). *Analys av konventionella abonnentcentraler i fjärrvärmesystem*. Doktorsavhandling, Chalmers Tekniska Högskola.

- Herbert, P. (1995). *Rundgångars ekonomiska betydelse för fjärrvärmenäten investerings-, drift- och underhållskostnader (Economic consequences of extra by-passes in district heating networks investment-, running- and maintenance costs)* Retrieved from ÅF-Energikonsult. Stockholm:
- Lauenburg, P. (2014). *Teknik och forskningsöversikt över fjärde generationens fjärrvärmeteknik.* Retrieved from
- Lauenburg, P. (2016). 11 - Temperature optimization in district heating systems. In R. Wiltshire (Ed.), *Advanced District Heating and Cooling (DHC) Systems* (pp. 223-240). Oxford: Woodhead Publishing.
- Lesnik, R., Brettar, I., & Hofle, M. G. (2016). Legionella species diversity and dynamics from surface reservoir to tap water: from cold adaptation to thermophily. *ISME J*, 10(5), 1064-1080. doi:10.1038/ismej.2015.199
- Li, H., Dalla Rosa, A., & Svendsen, S. (2010). Design of a low temperature district heating network with supply recirculation. *12th International Symposium on District Heating and Cooling*, 73-80.
- Lund, H., Werner, S., Wiltshire, R., Svendsen, S., Thorsen, J. E., Hvelplund, F., & Mathiesen, B. V. (2014). 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. *Energy*, 68, 1-11. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.089
- Olsson, D. (2014). *Modellbaserad styrning av värmesystem baserat på prognostiserat väder - En jämförelse med andra reglerstrategier.* (Licentiat), Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg. (2014:01)
- Ottosson, U., Wollerstrand, J., Lauenburg, P., Zinko, H., & Brand, M. (2013). *Nästa generations fjärrvärme.* Retrieved from Stockholm:
- Persson, U., & Werner, S. (2011). Heat distribution and the future competitiveness of district heating. *Applied Energy*, 88(3), 568-576. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.09.020
- Petersson, S. (1998). *Analys av konventionella radiatorsystem.* Retrieved from Göteborg:
- Sivertsson, T., & Werner, S. (2002). *Framtemperatur vid värmegles fjärrvärme.* FOU 2002:65. Fjärrvärme föreningen.
- Valestrand, M. (2016). *Framtidens fjärrvärme får ny design - Två rör blir tre.* Fjärrvärmetidningen.
- Valestrand, M. (2017a). *4GDH med retur till framtiden.* Fjärrvärmetidningen.
- Valestrand, M. (2017b). *Hänger på fastigheten.* Fjärrvärmetidningen.
- Valestrand, M. (2017c). *Stort genombrott för ny teknik.* Fjärrvärmetidningen.
- Valestrand, M., & Löf, J. (2016). *Pressad av kunder. energikrav och värmepumpar - Fjärrvärmeforskare svarar med 4GDH.* VVS-Forum.
- Werner, S., Lund, H., & Vad Mathiesen, B. (2014). *Progress and results from the 4DH research centre.* Paper presented at the 14th International Symposium on District Heating and Cooling, Stockholm
- Wollerstrand, J. (2002). *TAPPVARMVATTENSYSTEM - Egenskaper, dimensionering och komfort (DHW systems - characteristics, design and comfort).* Retrieved from
- Yang, X., Li, H., & Svendsen, S. (2016). Alternative solutions for inhibiting Legionella in domestic hot water systems based on low-temperature district heating. *Building Services Engineering Research and Technology*, 37(4), 468-478. doi:10.1177/0143624415613945
- Yang, X., Li, H., & Svendsen, S. (2016). Decentralized substations for low-temperature district heating with no Legionella risk, and low return temperatures. *Energy*, 110, 65-74. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.12.073

Bilaga 1 – Simuleringsmodell

Tabell 1 Värmeövergångskoefficient ($W/m^2, K$) samt dimensioner (mm) för olika rörgeometrier

	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Twin	Yttre Rördiameter	vägg tjocklek (mm)
DN20	1,8	1,5	1,3	1,3	0,7	26,9	2,6
DN25	1,7	1,3	1,2	1,1	0,7	33,7	3,2
DN32	1,5	1,3	1,1	1,1	0,6	42,4	3,2
DN40	1,2	1,1	1,0	0,9	0,6	48,3	3,2
DN50	1,2	1,1	1,0	0,9	0,5	60,3	3,2
DN65	1,1	1,0	0,8	0,8	0,4	76,1	3,2
DN80	1,0	0,9	0,7	0,7	0,4	88,9	3,2
DN100	0,9	0,8	0,7	0,6	0,3	114,3	3,6
DN125	0,7	0,6	0,5	0,5	0,2	139,7	3,6
DN150	0,7	0,6	0,5	0,4	0,2	168,3	4
DN200	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	219,1	4,5

Tabell 2 Variation av effektsignatur ($W/m^2, K$) för parameterstudie

Effektsignatur	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
Specifika värmebehov ($kWh/m^2, \text{år}$)	132	121	109	98	86	75	63	53	42	33
Balanstemperatur ($^{\circ}C$)	17,2	16,8	16,5	16	15,4	14,8	13,9	12,7	11	8,5

Tabell 3 Variation av termisk längd (NTU) i fjärrvärmecentral och värmesystem för parameterstudie

Termisk längd fjärrvärmecentral	4	5	6	7	8
Termisk längd för värmesystem	0,2	0,5	1,0	1,8	
Radiatorreturtemperatur	40	35	30	25	

Tabell 4 Indata för modell

Indata	
Ort	Göteborg
Värmebehov	
Effektsignatur uppvärmning (W/m ² , K)	Se Tabell 2
Interntillskott (W/m ²)	5
Varmvattenbehov (W/m ²)	2
Storlek på hus (m ²)	140
Innetemperatur (°C)	21
Radiator, framtemperatur vid DUT (°C)	45
Radiator, returtemperatur vid DUT (°C)	Se Tabell 3
Balanstemperatur	Se Tabell 2
Kallvattentemperatur	10
Varmvattentemperatur	45
Värmeväxlare	
NTU för radiatorer (-)	Se Tabell 3
NTU för värmeväxlare i FC (-)	Se Tabell 3
Nätet	
Isoleringsgrad för ledningar (W/m ² , K)	Twin
Lägsta framtemperatur till nät	54
Lägsta framtemperatur till kund (°C)	50
Lägsta temperaturgradient (°C/m)	0,05
Lägsta differenstryck (kPa)	100
Tryckhållningstryck retur (kPa)	200
Tryckhöjning i tredjeledningen (kPa)	100
Nätets längd (m)	1090

Tabell 5 Utdata för modell

Utdata	
Linjetäthet (MWh/m)	
Specifikt värmebehov (kWh/m ²)	
Värmebehov till nät (MWh)	
Uppvärmning (MWh)	
Varmvatten (MWh)	
Förluster (MWh)	
Returtemperatur från området (°C)	
Effektiv returtemperatur (°C)	
Returtemperatur på varmhållningsflöde (°C)	
Effektiv returtemperatur för varmhållningsflöde (°C)	
Årlig leveransvolym (m ³)	
Årlig Varmhållningsvolym (m ³)	
Samlad retur (°C)	

Bilaga 2 – Utfall: Simuleringsmodell per årsbasis

Tabell 6 De tre kolumnerna från vänster anger värden på indata variabler, enligt Tabell 4. De tre kolumnerna från höger anger utdata, enligt Tabell 5, Använd data för figurer enligt det framtida fallet och det samtida fallet är utmarkerade med bakgrundsfärg

Specifik värme-användning (kWh/m ²)	NTU FC (-)	NTU radiatorer (-)	Fram-temperatur till området (°C)	Effektiv retur-temperatur (°C)	Samlad retur (°C)
33	4	1,8	54	23	40
33	5	1,8	54	20	40
33	6	1,8	54	18	40
33	7	1,8	54	18	40
33	8	1,8	54	17	40
33	4	1,0	54	23	40
33	5	1,0	54	21	40
33	6	1,0	54	19	40
33	7	1,0	54	18	40
33	8	1,0	54	18	40
33	4	0,5	54	24	40
33	5	0,5	54	22	40
33	6	0,5	54	20	40
33	7	0,5	54	20	40
33	8	0,5	54	19	40
33	4	0,2	54	25	40
33	5	0,2	54	23	40
33	6	0,2	54	22	40
33	7	0,2	54	21	40
33	8	0,2	54	21	40
42	4	1,8	54	23	37
42	5	1,8	54	21	37
42	6	1,8	54	19	37
42	7	1,8	54	19	37
42	8	1,8	54	18	37
42	4	1,0	54	24	37
42	5	1,0	54	22	37
42	6	1,0	54	21	37
42	7	1,0	54	20	37
42	8	1,0	54	20	37
42	4	0,5	54	25	38
42	5	0,5	54	23	38
42	6	0,5	54	22	38
42	7	0,5	54	21	38
42	8	0,5	54	21	38
42	4	0,2	54	26	38
42	5	0,2	54	24	38
42	6	0,2	54	24	38
42	7	0,2	54	23	38
42	8	0,2	54	23	38

Specifik värme-användning (kWh/m ²)	NTU FC (-)	NTU radiatorer (-)	Fram-temperatur till området (°C)	Effektiv retur-temperatur (°C)	Samlad retur (°C)
53	4	1,8	54	23	35
53	5	1,8	54	21	35
53	6	1,8	54	20	35
53	7	1,8	54	20	35
53	8	1,8	54	19	35
53	4	1,0	54	24	35
53	5	1,0	54	22	35
53	6	1,0	54	22	35
53	7	1,0	54	21	35
53	8	1,0	54	21	35
53	4	0,5	54	25	36
53	5	0,5	54	24	35
53	6	0,5	54	23	35
53	7	0,5	54	23	35
53	8	0,5	54	22	35
53	4	0,2	54	27	36
53	5	0,2	54	25	36
53	6	0,2	54	25	36
53	7	0,2	54	24	36
53	8	0,2	54	24	36
63	4	1,8	54	23	33
63	5	1,8	54	22	33
63	6	1,8	54	21	33
63	7	1,8	54	20	33
63	8	1,8	54	20	33
63	4	1,0	54	24	34
63	5	1,0	54	23	33
63	6	1,0	54	22	33
63	7	1,0	54	22	33
63	8	1,0	54	21	33
63	4	0,5	54	26	34
63	5	0,5	54	24	34
63	6	0,5	54	24	34
63	7	0,5	54	23	34
63	8	0,5	54	23	34
63	4	0,2	54	27	35
63	5	0,2	54	26	34
63	6	0,2	54	26	34
63	7	0,2	54	25	34
63	8	0,2	54	25	34

Specifik värme-användning (kWh/m ²)	NTU FC (-)	NTU radiatorer (-)	Fram-temperatur till området (°C)	Effektiv retur-temperatur (°C)	Samlad retur (°C)
75	4	1,8	54	23	32
75	5	1,8	54	22	31
75	6	1,8	54	21	31
75	7	1,8	54	21	31
75	8	1,8	54	20	31
75	4	1,0	54	25	32
75	5	1,0	54	23	32
75	6	1,0	54	23	32
75	7	1,0	54	22	31
75	8	1,0	54	22	31
75	4	0,5	54	26	33
75	5	0,5	54	25	32
75	6	0,5	54	24	32
75	7	0,5	54	24	32
75	8	0,5	54	24	32
75	4	0,2	54	28	34
75	5	0,2	54	27	33
75	6	0,2	54	26	33
75	7	0,2	54	26	33
75	8	0,2	54	26	33
86	4	1,8	54	23	30
86	5	1,8	54	22	30
86	6	1,8	54	21	30
86	7	1,8	54	21	30
86	8	1,8	54	21	30
86	4	1,0	54	25	31
86	5	1,0	54	24	31
86	6	1,0	54	23	30
86	7	1,0	54	23	30
86	8	1,0	54	22	30
86	4	0,5	54	26	32
86	5	0,5	54	25	31
86	6	0,5	54	25	31
86	7	0,5	54	24	31
86	8	0,5	54	24	31
86	4	0,2	54	28	33
86	5	0,2	54	27	32
86	6	0,2	54	27	32
86	7	0,2	54	26	32
86	8	0,2	54	26	32

Specifik värme-användning (kWh/m ²)	NTU FC (-)	NTU radiatorer (-)	Fram-temperatur till området (°C)	Effektiv retur-temperatur (°C)	Samlad retur (°C)
98	4	1,8	54	24	29
98	5	1,8	54	22	29
98	6	1,8	54	21	29
98	7	1,8	54	21	29
98	8	1,8	54	21	28
98	4	1,0	54	25	30
98	5	1,0	54	24	30
98	6	1,0	54	23	30
98	7	1,0	54	23	29
98	8	1,0	54	23	29
98	4	0,5	54	26	31
98	5	0,5	54	25	31
98	6	0,5	54	25	30
98	7	0,5	54	25	30
98	8	0,5	54	25	30
98	4	0,2	54	28	32
98	5	0,2	54	27	32
98	6	0,2	54	27	31
98	7	0,2	54	27	31
98	8	0,2	54	27	31
109	4	1,8	54	24	29
109	5	1,8	54	22	28
109	6	1,8	54	22	28
109	7	1,8	54	21	28
109	8	1,8	54	21	28
109	4	1,0	54	25	30
109	5	1,0	54	24	29
109	6	1,0	54	23	29
109	7	1,0	54	23	29
109	8	1,0	54	23	29
109	4	0,5	54	27	31
109	5	0,5	54	26	30
109	6	0,5	54	25	30
109	7	0,5	54	25	30
109	8	0,5	54	25	30
109	4	0,2	54	28	31
109	5	0,2	54	28	31
109	6	0,2	54	27	31
109	7	0,2	54	27	31
109	8	0,2	54	27	31

Specifik värme-användning (kWh/m ²)	NTU FC (-)	NTU radiatorer (-)	Fram-temperatur till området (°C)	Effektiv retur-temperatur (°C)	Samlad retur (°C)
121	4	1,8	54	24	28
121	5	1,8	54	22	28
121	6	1,8	54	22	27
121	7	1,8	54	21	27
121	8	1,8	54	21	27
121	4	1,0	54	25	29
121	5	1,0	54	24	29
121	6	1,0	54	24	28
121	7	1,0	54	23	28
121	8	1,0	54	23	28
121	4	0,5	54	27	30
121	5	0,5	54	26	30
121	6	0,5	54	25	29
121	7	0,5	54	25	29
121	8	0,5	54	25	29
121	4	0,2	54	29	31
121	5	0,2	54	28	31
121	6	0,2	54	28	30
121	7	0,2	54	27	30
121	8	0,2	54	27	30
132	4	1,8	54	24	28
132	5	1,8	54	22	27
132	6	1,8	54	22	27
132	7	1,8	54	22	27
132	8	1,8	54	21	27
132	4	1,0	54	25	29
132	5	1,0	54	24	28
132	6	1,0	54	24	28
132	7	1,0	54	23	28
132	8	1,0	54	23	28
132	4	0,5	54	27	30
132	5	0,5	54	26	29
132	6	0,5	54	26	29
132	7	0,5	54	25	29
132	8	0,5	54	25	29
132	4	0,2	54	29	31
132	5	0,2	54	28	30
132	6	0,2	54	28	30
132	7	0,2	54	28	30
132	8	0,2	54	27	30

FRAMTIDA FJÄRRVÄRMETEKNIK

Dagens fjärrvärmeteknik skapades när hus hade ett stort behov av värme, och den värmen från början kom från fossila bränslen. I framtiden förväntas husen ha betydligt lägre värmebehov och värmen kommer från förnyelsebar, återvunnen och lagrad värme. Och värmeflödena i de husen blir mer lönsamma om lägre temperaturer används i fjärrvärmenäten.

Här föreslår forskarna en ny tekniklösning som mer än halverar dagens temperaturnivåer i de svenska fjärrvärmesystemen. Det handlar om att göra tre enkla förändringar av den befintliga tekniken.

Den första förändringen är att lägga ett tredje rör i distributionsnätet för att återcirkulera de varmhållningsflöden som behövs i nätet vid de tidpunkter när kunderna inte har behov av värme. Då blandas inte det flödet med leveransflödets låga returtemperatur efter avkyllningen i fjärrvärmecentralen.

Den andra som behöver göras är att sänka framtemperaturen i nätet med ungefär fem grader genom att ha längre värmeväxlare i fjärrvärmecentralerna. Den tredje förändringen är att införa lägenhetscentraler i flerbostadshus för att kunna bereda varmvatten nära slutkunden vilket betyder att behovet av varmhållande varmvattencirkulation försvinner.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se