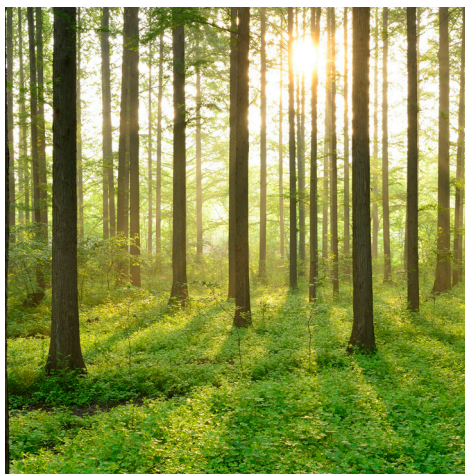


ANALYS AV 4E GENERATIONENS FJÄRRVÄRMETEKNIK JÄMFÖRT MED 3E GENERATIONENS

RAPPORT 2018:547



Analys av 4e generationens fjärrvärmeteknik jämfört med 3e generationens

Simulering av sekundärnät i nybyggnationsområde

HELGE AVERFALK, BENGT-GÖRAN DALMAN, CHRISTER KILERSJÖ, KRISTINA LYGNERUD OCH
SEBASTIAN WELLING

ISBN 978-91-7673-547-3 | © ENERGIFORSK november 2017

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

Förord

Projektet *Effektiv projektering av fjärde generationens fjärrvärme (4GDH)* har jämfört två olika fjärrvärmedistributionslösningar för ett nybyggnationsområde på Särö, en enligt dagens konventionella tredje generationens teknik och en med den icke-beprövade 4DGH. Projektet fyller en kunskapslucka när det gäller att praktisk tillämpa 4GDH-tekniken och väcker viktiga frågor gällande installationen och jämförelsen mellan teknikerna som uppkommer genom att det är en fallstudie. Fortsatta demonstrationsområden behövs för att tillfullo kunna dra slutsatser om var och hur 4GDH ska utformas för att vara det främsta alternativet före dagens teknik.

Projektet har letts av Kristina Lygnerud på IVL Svenska Miljöinstitutet, tillsammans med Helge Averfalk på Högskolan i Halmstad, Sebastian Welling, IVL Svenska Miljöinstitutet, Christer Kilersjö på EKSTA och Bengt-Göran Dalman på BG Dalman AB. Föreliggande rapport är den svenska översättningen av den engelska huvudrapporten, *Analysis of 4th Generation District Heating Technology Compared to 3rd Generation, Energiforskrapport 2018:548*.

En fokusgrupp som bestått av Magnus Ohlsson (ordförande) Öresundskraft; Ted Edén, Norrenergi; Henrik Landersjö, E.ON Lokala Energilösningar AB; Patrik Nilsson, E.ON Lokala Energilösningar AB; Per Bonnevier, Norrenergi; Shahriar Badiei, Vattenfall AB; Björn Larsson, Mälarenergi AB; Ingemar Andersson, Mälarenergi AB; Lars-Erik Hammarström, Tekniska Verken i Linköping AB och Holger Feurstein, Krafringen har följt och kvalitetssäkrat projektet.

Projektet ingår i programmet FutureHeat vars långsiktiga mål är att bidra till visionen om ett hållbart uppvärmningssystem med framgångsrika företag som utnyttjar nya tekniska möjligheter och där de samhällsinvesteringar som gjorts i fjärrvärme- och fjärrkyla tas till vara på bästa sätt.

Programmet leds av en styrgrupp bestående av Charlotte Tengborg (ordförande), E.ON Lokala Energilösningar AB, Lars Larsson, AB Borlänge Energi; Magnus Ohlsson, Öresundskraft AB; Fabian Levihn, Stockholm exergi; Niklas Lindmark, Gävle Energi AB; Jonas Cognell; Göteborg Energi AB; Lena Olsson Ingvarsson, Mölndal Energi AB; Anna Hindersson, Vattenfall Värme AB; Anders Moritz, Tekniska verken i Linköping AB; Staffan Stymne, Norrenergi; Holger Feurstein, Krafringen; Joacim Cederwall, Jönköping Energi AB; Maria Karlsson, Skövde Värmeverk AB; Sven Åke Andersson, Södertörns Fjärrvärme AB; Svante Carlsson, Skellefteå Kraft AB, Henrik Näsström, Mälarenergi AB och Fredrik Martinsson (adjungerad) Energiforsk.

Suppleanter har bestått av Peter Rosenkvist, Gävle Energi; Johan Brossberg, AB Borlänge Energi; Mats Svarc, Mälarenergi AB; Johan Jansson, Södertörns Fjärrvärme AB och AnnBritt Hansson, Tekniska verken i Linköping AB.



Fredrik Martinsson, programansvarig FutureHeat

Följande är resultaten och slutsatserna av ett projekt, vilket är en del av ett forskningsprogram drivet av Energiforsk. Författaren/författarna är ansvariga för innehållet.

Sammanfattning

Bakgrunden till studien är att nya förutsättningar genom energieffektivisering, konkurrens från värmepumpar och nya krav på kundsidan gör en modernisering av fjärrvärmeverksamhet nödvändig. En del av denna modernisering är att kunna dra nytta av de fördelar som lägre temperaturer i näten medför. Därtill skapas genom den nya tekniken förutsättningar för att ta hand om värmekällor som idag inte utnyttjas (t.ex. värme från kylprocesser och annan infrastruktur såsom värme från avloppsvatten och värme från kollektivtrafik).

Befintlig teknik är beprövad och bygger på att det finns ekonomiska incitament att förbränna biobränsle och avfall. Steget till att pröva en ny teknik där andra värmekällor och en ny gränsdragning gentemot kund blir nödvändig är därför stort och förenat med ett antal frågor. *Det är just de frågor som uppkommer i ett fjärrvärmeföretag inför implementering av 4e generationens fjärrvärmeteknik som projektet försöker identifiera.* Det blir dock så att enbart en del av frågorna besvaras genom att studien har ett avgränsat fokus. Fokus är på jämförelse mellan ett 3GDH-tvärörssystem och ett 4GDH-trerörssystem i ett sekundärnät i ett nybyggnationsområde.

I projektet simuleras hur utfallet blir för olika parametrar om man hade valt att implementera 4e generationens teknik istället för 3e generationens teknik.

Resultaten påvisar att:

- 4e generationens lösning ökar energieffektiviteten i byggnader, detta främst genom att behovet av varmvattencirkulation försvinner.
- Beaktas enbart distributionsförluster i näten så är 4e generationen mer effektiv än 3e generationen.
- Genom lägenhetsväxlaren i 4e generationens lösning så elimineras risken för Legionella helt. En möjlig barriär för 4e generationens teknik består dock i att boverkets byggregler inte är konstruerade för att varmvattencirkulation inte finns.
- Lägenhetsväxlarna innebär en kostnad per lägenhet vilket begränsar lösningens kostnadseffektivitet jämfört med en större värmeväxlare i fastighetens bottenplan. Idag är 4e generationens teknik lämpad för fastigheter med 10-15 lägenheter, är det fler lägenheter blir 4e generationens lösning dyrare än den konventionella 3e generationens lösning.
- En viktig aspekt med 4e generationens lösning att värmeförlusten från huset förflyttas från fastighetsägaren till fjärrvärmeföretaget, genom att värmeleverans sker till varje lägenhet och inte vid husvägg. Initialt kan sådan börda på fjärrvärmeföretaget verka negativ med avseende på kostnad. Diskussionerna i projektet mynnade ut i att parterna enas om att affären blir mer rättvisande och att fastighetsägaren får ökad insyn i värmeförbrukningen vilket, med rätt affärsmodell, kan skapa ökat förtroende och en möjlighet att dela på förlusten mellan de två parterna.

Projektet har omfattat löpande dialog med EKSTAs VD vilket varit värdefullt för att skapa förståelse kring fastighetsägarens perspektiv och frågor rörande 4e generationens teknik. Därtill har en workshop med EKSTAs driftspersonal hållits för att diskutera relevansen i de resultat som tagits fram. I projektet ingår Bengt-Göran Dalman med över 35 års erfarenhet av fjärrvärmeverksamhet vid Göteborg Energi. Projektets verklighetskoppling leder till slutsatsen att det inte föreligger någon särskild driftsproblematik för implementering av 4e generationens system.

Som en egen del i projektet uppmärksammas den diskussion som förs i branschen kring möjligheten att dra nytta av billig el, främst under perioder då det blåser mycket och det blir ett överskott av el i elnätet. I studien analyseras möjligheten att inte använda en konventionell pelletspanna som tilläggsvärmekälla utan en eldriven panna. Resultaten visar att med dagens styrning genom skatter och avgifter så är det inte möjligt att dra nytta av att det förekommer perioder med mycket lågt elpris. Rådande regelverk stödjer istället installationer såsom pellets pannor.

Innehåll

1	Bakgrund	8
2	Syfte och mål	10
3	Studie	11
3.1	Projektpartners	11
3.2	Nybyggnationsområdet (Nya SÄRÖ)	11
3.3	Frågeställningar	13
4	Resultat	16
4.1	Resultat kring distributionsförluster och systemtemperaturer	16
4.1.1	Distributionsförluster och systemtemperaturer – frågor som uppstår	16
4.1.2	Distributionsförluster och systemtemperaturer – Antaganden och simuleringsresultat	18
4.2	Kostnadsresultat	22
4.3	Resultat gällande miljöpåverkan	24
4.3.1	Påverkan från rör	25
4.3.2	Påverkan från energileveranser	27
4.3.3	Påverkan från fjärrvärmecentraler	28
4.3.4	Jämförelse av rörens påverkan med centralernas påverkan	29
4.4	Sammanfattning av de huvudsakliga resultaten	30
4.5	Resultat kring användningen av el som tilläggsvärmekälla	31
4.5.1	Konceptuell utformning	32
4.6	Går det att dra nytta av låga elpriser?	33
5	Slutsatser och rekommendationer	35
6	Referenser	37
7	Appendix	38

1 Bakgrund

I Sverige har branschen under flera decennier arbetat med att fasa ut fossila bränslen. I nuläget är biobränslen och avfall de vanligaste värmekällorna. Övergången till förnyelsebara värmekällor är dock inte tillräcklig för att skapa framtida konkurrenskraft. Det är, till exempel, möjligt att biomassa kan användas mer fördelaktigt i andra applikationer än för förbränning och att den volym av avfall som är tillgänglig för värmeproduktion minskar. Mot bakgrund av en sådan, möjlig framtid och det faktum att svenska fjärrvärmebolag står inför utmaningar i form av ökad konkurrens från värmepumpar, lägre värmebehov på grund av energieffektiviseringar samt nya krav från kundsidan är det viktigt att utveckla fjärrvärme produktionen och fjärrvärmeaffären för att vara konkurrenskraftig.

En möjlighet till framtida konkurrenskraft är att använda restvärmekällor i större utsträckning än vad som sker idag. Restvärme från industriella processer och från värmekällor med låg temperatur (som återfinns i urbana infrastrukturer såsom avloppsvatten, tunnelbanor och kylprocesser) utgör en outnyttjad värmepotential. Utnyttjande av sådana värmekällor ställer dock krav på utveckling av både värme produktion, distribution och affärsmodell. Utnyttjande av nya sorters restvärme kräver exempelvis en kombination av centralt producerad värme och av multipla värmekällor som föder in i distributionsnätet samt en anpassning för att hantera kunder som både förbrukar och levererar in värme i näten (prosumenter).

Ur perspektivet effektivitet drar fjärrvärmesystemet nytta av ett högt värmeuttag (delta t). Detta innebär att ju lägre returtemperaturen är i fjärrvärmenätet, desto mer effektivt är värmen i systemet utnyttjad. Högskolan i Halmstad föreslår tre förbättringar som syftar till att undvika inbyggda temperaturfel i systemet, vilka kan sänka de årliga, genomsnittliga returtemperaturerna i fjärrvärmenätet. Dessa förbättringar är: distributionsnät med tre rör, läghetsväxlare samt ökad termisk längd i värmeväxlare (Averfalk & Werner, 2018b). Genom att introducera ett tredje (mindre) recirkuleringsrör, läghetsväxlare och värmeväxlare med utökad längd sänks returtemperaturen på årlig basis. Lägre returtemperaturer uppnås genom (i) att undvika temperaturblandning mellan fram- och returflöden (ii) eliminering av varmvattencirkulation i flerfamiljshus och (iii) lägre temperaturskillnad mellan in- och utflöden i värmeväxlare. Simuleringar av denna nya utformning visar att det är möjligt att nå årliga genomsnittliga returtemperaturer på 20 °C. Teknik för att sänka temperaturer i fjärrvärmenät kallas för 4e generationens fjärrvärmeteknik. Fördelarna med den tekniska lösning som Högskolan i Halmstad föreslår är lägre returtemperatur, reducerade distributionsförluster och möjligheter att utnyttja värmekällor med låg temperatur.

Det finns ett stort intresse för fjärrvärmelösningar med låg temperatur i Europa, särskilt vid nybyggnationer. Det har utförts pilotprojekt där temperaturerna i distributionsnätet är lägre än i konventionella, 3e generationens, fjärrvärmenät. Områden i Sverige där pilotprojekt har utförts är Ellös, Falkenberg, Göteborg, Halmstad, Kungsbacka, Linköping och Västerås (Lygnerud, 2017). En gemensam nämnare bland tidiga implementeringar av 4e generationens teknik är att de har implementerats i existerande distributionsnät genom att sänka temperaturen. I och med detta har inte den fulla potentialen av att sänka temperaturerna fångats fullt

ut. Werners och Averfalks 4e generationens utformning (2018b) har stor potential, men den har ännu inte provats i någon praktisk demonstration. Det är denna utformning som simuleras i detta projekt.

Sverige har en lång tradition av fjärrvärme och är en föregångare när det kommer till 3e generationens teknik. För att vara en konkurrenskraftig fjärrvärmeleverantör, är det viktigt att även vara en föregångare i utvecklingen av framtida fjärrvärmeteknik. För en storskalig implementering av den nya tekniken krävs en kostnadseffektiv lösning. Såvida inte den nya tekniken kan påvisas medföra en god affär är dess möjligheter till en storskalig implementering små. Det krävs således förstudier som kan kvantifiera teknikens potential.

I detta projekt tas fyra vanliga frågeställningar kring 4e generationens fjärrvärmeteknik upp. Utgångspunkt är Werners och Averfalks teknikutformning (Averfalk and Werner, 2018b). Fyra forskningsfrågor har utvecklats, dessa är:

- (1) Distributionsförluster och systemtemperaturer; vilka är skillnaderna mellan 3GDH och 4GDH?**
- (2) Hur skiljer sig installationskostnaderna åt mellan 3GDH- och 4GDH?**
- (3) Skiljer sig miljöpåverkan åt mellan 3GDH och 4GDH?**

Därtill inkluderas frågeställningen avseende användande av el vilken periodvis har låg kostnad.

- (4) Är det kostnadseffektivt att använda elektricitet som en ytterligare värmekälla för fjärrvärme?**

I texten är förkortningarna 4GDHWA-3P och 4GDH förekommande. Med 4GDHWA-3P avses fjärrvärme med 4e generationens temperaturnivåer (50/20 °C) och distributionssystem med tre rör enligt Werners och Averfalks tekniska utformning (2018b). Med 4GDH avses lågtemperatursystem men vilka inte är utformade enligt Werner och Averfalks modell. 3GDH och 3GDH-2P betecknar fjärrvärme med 3e generationens temperaturnivåer (86/47 °C) och distributionssystem med två rör (Werner & Fredriksen).

2 Syfte och mål

Befintlig fjärrvärmeteknik behöver moderniseras för att matcha energieffektiva städer. En möjlig modernisering är att göra en övergång från storskaliga, centrala produktionsenheter till att utnyttja flera, småskaliga och lokala värmekällor. En sådan utveckling skulle skapa förutsättningar för energisystem som kan ta till vara på energiflöden som städer genererar själva genom att dess invånare lever och verkar i staden. En viktig aspekt i moderniseringen är att distributionsnäten behöver hantera lägre temperaturer än vad som är gängse idag.

Syftet med projektet är att utforska hur 4e generationens teknik, enligt Werner och Averfalk, kan jämföras med 3e generationens teknik.

Projektet har två **mål**:

- (i) Jämföra ett 3GDH-2P-system med ett 4GDHWA-3P-system i ett sekundärnät i ett nybyggnationsområde.
- (ii) Kartlägga vid vilket elpris är en elpanna mer kostnadseffektiv än en konventionell pelletspanna¹

¹ Utöver huvudmålet omfattar även projektet en analys av potentialen i att använda elpannor som en tilläggsvärmekälla i fjärrvärmesystem. Analysen avser att ge en förståelse för huruvida fjärrvärmebolag kan dra nytta av låga elpriser under perioder med hög elproduktion från vindkraftverk. Analysen kommer från projektets ursprungliga ansökan där det utvalda nybyggnationsområdet hade en koppling till lagring av solvärme, vilket gjorde att potentialen i att använda billig elektricitet var mycket intressant. Analysen har behållits i projektet eftersom den bedömdes vara intressant för nybyggnationsområdet även när det inte finns någon lagring av solvärme.

3 Studie

3.1 PROJEKTPARTNERS

Projektet har fyra partners: Högskolan i Halmstad, EKSTA, BG Dalman AB och IVL. Parternas kompetenser kompletterar varandra. Högskolan i Halmstad är en av innovatörerna bakom den nya värmedistributionstekniken (upphovsmän till Werner och Averfalk-lösningen) samt utför simuleringar för att jämföra 4GDH-3P och 3GDH-2P. EKSTA är intresserat av att implementera den nya tekniken. EKSTA som företag innehar både fastigheter och lokal fjärrvärmeproduktion och distributionsnät. EKSTA är ett företag som har som ambition att maximera användningen av förnyelsebar energi i sitt fastighetsbestånd. Därför har de gjort stora investeringar i solvärme. Lågtempererad fjärrvärme är effektivt i system som bygger på solvärme. Vid jämförelser mellan 3e och 4e generationens fjärrvärmeteknik i applikationer med solvärme har det visats att 4e generationens teknik kan reducera kostnaderna med en faktor 5 gentemot 3e generationens teknik (Averfalk & Werner, 2018a). BG Dalman har erfarenheter av tekniska lösningar i fjärrvärmesystemet efter mer än 35 år i branschen. IVL undersöker teknikens miljöpåverkan samt koordinerar projektet.

3.2 NYBYGGNATIONSOMRÅDET (NYA SÄRÖ)

EKSTA tror att det finns stor potential att kombinera 4e generationens teknik med solvärme. Initialt hade ett område med en solvärmepark utsetts för förstudien. Under upphandlingen (2017-12-19) utsågs dock en annan entreprenör som områdesutvecklare. Därför byttes det initialt utsedda området mot ett område där byggnationen redan hade påbörjats. Det nya området består av en blandad byggnation av flerfamiljsbostäder och allmänna ytor. Området har namnet "Nya Särö" och ligger söder om Göteborg. Skillnaden mellan att använda 3e generationens teknik mot att använda Werners och Averfalks teknik i ett sekundärnät testas i denna rapport i "Nya Särö".

Särö är ett samhälle 25 kilometer söder om Göteborg. Under 1850-talet var samhället en semesterort för välbärgade Göteborgare. I dess centrum pågår just nu moderniseringar och mindre villor, radhus och lägenheter byggs. Det är ett state of the art-projekt som drivs genom ett samarbete mellan Mjölback, Järngrinden och AB Hundra. Byggnaderna är hållbara och fokus ligger på (i) energibesparingar, (ii) inomhusmiljö, (iii) ljudmiljö, (iv) fuktskydd och (v) avfallsreducering. Energiprestandan i Nya Särös byggnader ligger i nivå med Boverkets regelverk (2011), vilket motsvarar 76,5 kWh/m²a.

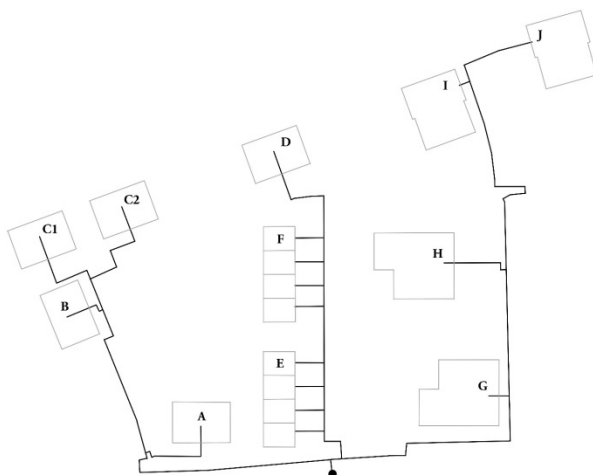
Figuren nedan visar en illustration av området.



Figur 1, Illustration av området Nya Särö

Eksta har fått i uppgift att konstruera och installera en energieffektiv 3GDH-lösning. EKSTA vill installera den bästa tillgängliga tekniken ur ett energibesparingsperspektiv och hade varit intresserade av 4GDH-tekniken utformad av Werner och Averbalk (hädanefter 4GDHWA), om det hade funnits mer resultat att studera från verkliga implementeringar. De deltar i projektet för att samla kunskap om den nya tekniken.

Nedan visas en översiktsbild av Nya Särös distributionsnät. Området är tänkt att anslutas som ett sekundärt system vid punkten som är markerad med en svart cirkel. Det finns ett intelligande fjärrvärmenät kring det studerade området och området fortsätter i tre ytterligare riktningar. Detta visas inte i figuren nedan och är inte en del av analysen. Referensfallet, 3e generationens tvårörssystem (3GDH-2P) innefattar 11 undercentraler, en för varje fastighet. Simuleringsfallet är ett 4e generationens trerörssystem (4GDHWA-3P) som använder sig av 115 undercentraler (106 av dessa är kopplade till ett enskilt boende och övriga 9 används för allmänna utrymmen som till exempel trapphus, med undantag för byggnad F och E (se figur 2 nedan), där ingen gemensam undercentral behövs).



Figur 2, Översiktsvy av Nya Särö

Fördelningen av rör i området visas i Tabell 1. Rörkonstruktionen i mark i Nya Särö är fastställd. För att kunna göra en jämförelse mellan 3GDH-2P och 4GDHWA-3P så har samma rördimensioner antagits för båda teknikerna.

Markrören i området är DN32-50. För byggnaderna används DN25 där i genomsnitt 5 m ledning går från stammen in till varje lägenhet.

Tabell 1 Fördelning av rördimensioner och längder.

	I byggnader	I mark			
Rördimension	DN25	DN 25	DN32	DN40	DN50
Längd [m]	531	64	173	229	107
Total längd 3e	573				
Total längd 4e	1104				

3.3 FRÅGESTÄLLNINGAR

Fyra frågeställningar studeras i projektet. Varje frågeställning och den metod som används för att svara på den beskrivs nedan.

Frågeställning 1: Distributionsförluster och systemtemperaturer; vilka är skillnaderna mellan 3GDH och 4GDH?

Distributionsförlusterna och systemtemperaturerna skiljer sig åt i 3GDH och 4GDH. Det finns ingen kunskap från verkliga implementeringar om vilka skillnaderna är. I projektet analyseras 3e och 4e generationens distributionsledningar (4GDHWA-3P) genom simuleringar, för att avgöra vilka skillnaderna i distributionsförluster och systemtemperaturer är.

Högskolan i Halmstad har utvecklat en simuleringsmodell som kan bestämma temperaturfallet i varje sektion av ett nätverk, både för fram- och för returledningar, baserat på förutbestämda aktiviteter i undercentralerna i det avgränsade området som studeras (4GDHWA-3P). Detta görs för att kunna få information kring volymflöden och temperaturer i systemet. Huvudsyftet med modellen är dock att beräkna de nödvändiga primära recirkulerade flöden som behövs i nätet då inget värmebehov finns (under sommaren). Detta för att kunna visualisera behovet av att implementera en strategi för att undvika cirkulering mellan fram- och returflöden (särskilt när byggnaders klimatskal förbättras). Genom att använda simuleringsmodellen som föreslås av Averfalk & Werner (2018b) har karaktäristiken för Nya Särö bestämts både för 3GDH-2P och för 4GDHWA-3P. Ett minsta recirkulerande flöde från servisledningarna från varje undercentral har modellerats under ett års tid. Detta görs för att kunna bestämma potentialen av reducerade primära returtemperaturer under sommarmånaderna då en tredje primär recirkuleringsledning används. Distributionsnätets funktion simuleras baserat på profiler för utetemperatur och estimerade årliga energibehov. Flödena som behövs i värmeväxlare för att möta värmebehov och volymer som krävs för primär recirkulering har uppskattats genom att applicera metodologin som beskrivs av Averfalk och Werner (2018b). På så sätt har information från området kring distributionsförluster och systemets returtemperaturer tagits fram.

Frågeställning 2: Hur skiljer sig installationskostnaderna åt mellan 3GDH- och 4GDH?

I diskussioner kring kostnader, tas två komponenter upp oftare än andra. Dessa komponenter är hur kostnaden för en lägenhetsväxlare påverkar affären och kostnadsskillnaden per meter ledning. Till denna kostnad har besparing från att undvika varmvattencirkulation adderats.

Det bör dock noteras att det även finns annan besparingspotential vilken inte kvantifierats i studien. Besparingarna som fås vid installationer av 4GDH på grund av frånvaron av VVC-installationer och teknikrum för undercentraler har, t.ex. inte beräknats i detta projekt. Utöver detta har inte heller besparingar som fås genom att använda sig av värmekällor med låg temperatur istället för högtemperaturkällor tagits i beaktning. I ny forskning från Tyskland har det gjorts ett första försök att simulera alla kostnader som uppstår för ett 3GDH-2P-system och jämföra detta med ett lågtemperatursystem (inte 4GDHWA), och har kommit till slutsatsen att lågtemperatursystem inte har några nackdelar jämfört med ett 3GDH-system (Best et al. 2018).

Kostnadsanalyserna i projektet har baserats på branschfarenhet (BG Dalman, EKSTA och 4GDH-ledningsleverantören Thermaflex).

Frågeställning 3: Skiljer sig miljöpåverkan åt mellan 3GDH och 4GDH?

De två teknikernas miljöpåverkan uppskattas genom LCA-analyser.

En viktig fråga som inte besvarats är hur lång den tekniska livslängden är för plastledningar jämfört med 3GDH-2P. Miljöanalysen har utförts under tre olika antaganden för detta: den tekniska livslängden enligt tillverkaren, den tekniska livslängden enligt branschen och en teknisk livslängd på 100 år.

Frågeställning 4: Är det kostnadseffektivt att använda elektricitet som en ytterligare värmekälla för fjärrvärme?

I framtiden kommer elpriset att sjunka under perioder då det blåser mycket. Denna fjärde frågeställning adresserar huruvida det är kostnadseffektivt att använda sig av elektricitet som en värmekälla för fjärrvärme när elen är kostnadseffektiv.

EKSTA har ett intresse av solvärme. Solvärme i sig kräver både centrala lagringsmöjligheter² och kompletterande produktionsanläggningar för att kunna bli effektivt. Den vanligaste kompletteringen till solvärme idag är pelletspannor. Perioder med mycket lågt elpris har dock redan idag uppstått i Danmark. Under antagandet att denna utveckling även kommer att gälla för Sverige har möjligheten att byta ut pelletspannorna mot eluppvärmning som kompletterande värmekälla utforskats.

² Att utnyttja lokala, sekundära värmelager i undercentraler är praxis i vissa länder. Det största problemet med lokala värmelager är risken för Legionella, vilket är anledningen till att lokal lagring regleras, exempelvis genom Boverkets byggregler, vilka uppger att värmelager måste hålla en temperatur över 50 °C. För högttemperatursystem är detta inget problem, men för lågtemperatursystem uppstår svårigheter (Boverket, 2011). Utöver detta fastslår CEN-dokumentet att det inte finns något temperaturkrav om inte VVC eller lokala värmelager används (CEN, 2012).

VALIDERING AV RESULTAT

Under projektets gång har resultaten diskuterats och satts i relation till verkliga situationer som upplevts av EKSTAs personal (operativ personal och VD). Projektets partners har träffats under tre timmar vid två tillfällen, då resultaten har diskuterats. Vid ett tillfälle träffade projektets partners ingenjörer som arbetar hos EKSTA för att förstå och lära sig mer om praktiska skillnader i implementering mellan 3e och 4e generationens fjärrvärmeteknik. Resultaten har även presenterats och har vid två tillfällen diskuterats med projektets referensgrupp (utsedd av Energiforsk).

4 Resultat

4.1 RESULTAT KRING DISTRIBUTIONSFÖRLUSTER OCH SYSTEMTEMPERATURER

I avsnitt 4.1 listas frågor som uppstår då 4GDH ska installeras och diskussioner och avgränsningar rörande frågorna presenteras. *Dessa frågor identifierades i samtal med EKSTA inför simuleringsarbetet och reflekterar frågor som uppkommer i ett fjärrvärmeföretag inför implementering av 4e generationens fjärrvärmeteknik.* I projektet besvaras bara de frågor som ligger inom dess fokusområde men det är viktigt att förstå bredden i de frågor som uppkommer vid teknikförändringen. Frågeställningarna är således bredare än de huvudsakliga frågeställningarna i projektet, men de är samtidigt mycket viktiga eftersom de återspeglar de frågor som uppstår innan en fjärrvärmeleverantör är redo att implementera 4GDH. Syftet med avsnitt 4.1.1 är att ge input till några av de många frågor som uppstår kring den nya 4GDH-tekniken. Frågorna har uppstått vid diskussioner med EKSTAs personal. I avsnitt 4.2 besvaras de fyra forskningsfrågorna genom simuleringarna som utförts vid Högskolan i Halmstad.

4.1.1 Distributionsförluster och systemtemperaturer – frågor som uppstår

Värmeinstallationer i svenska flerfamiljsbostäder har traditionellt baserats på en central undercentral i byggnaden. Från en central plats distribueras värme för rumsuppvärmning och tappvarmvatten genom rör i byggnaden. Boverkets byggregler ställer krav på temperaturer för komfort och tillräckligt höga temperaturer för att undvika Legionellabakterier, 50°C eller högre vid VVC (Boverket, 2011). För att uppfylla dessa krav behövs två rör för distributionen av tappvarmvatten (exklusive färskvattenledning eftersom det krävs i båda fallen); ett för distribution och ett för cirkulering. För rumsuppvärmning behövs en framledning och en returledning. Byggnader innehåller alltså minst fyra rör för intern värmedistribution av varmvatten. Utöver detta kan flera stammar vara en del av det interna värmedistributionsnätet i en byggnad.

I simuleringsfallet med 4GDHWA-3P används individuella lägenhetsväxlare i stället för en central undercentral. Totalt behövs 115 lägenhetsväxlare i fallet 4GDHWA-3P, jämfört med de 11 som behövs för 3GDH-2P. Användningen av lägenhetsväxlare ger en teknisk lösning där behovet av varmvattencirkulation försvinner. Om detta är genomförbart, bör temperaturkraven på grund av Legionella i Boverkets byggregler kring tappvatteninstallationer revideras enligt tekniska rekommendationer i (CEN, 2012), eftersom frånvaron av varmvattencirkulation innebär att inga temperaturkrav uppstår på grund av Legionella.

Fallet med 4GDHWA-3P består av en lösning med tre rör för att undvika förhöjda returtemperaturer när cirkulation behövs då framledningstemperaturer sjunker på grund av låga värmebehov. I dagens 3GDH-2P-system motverkas detta genom att läcka vatten genom undercentralerna, enligt (Crane, 2016). Introduktionen av det tredje röret gör det möjligt att separera recirkulationen till ett tredje rör och därigenom undvika förhöjda returtemperaturer. Det tredje röret används endast

då det finns ett behov av att cirkulera vatten. Genom att introducera lägenhetsväxlare ändras systemgränsen för fjärrvärmenätet och därmed även ansvarsuppdelningen. Med en systemgräns där primärt vatten distribueras längre in i byggnaden uppstår en ny ansvarsnivå som måste beaktas. Problem med denna nya systemgräns finns listade nedan.

1. Värmeförluster från varmvattencirkulering ingår inte längre i värmen som levereras från fjärrvärmeföretaget till fastighetsägaren. Istället blir förlusten fjärrvärmeföretagets ansvar och förlusten måste täckas av fjärrvärmeföretaget.

Förlusten förflyttas från fastighetsägaren till fjärrvärmeföretaget. Detta kan ge goodwill i dialoger med kunder genom att fjärrvärmeföretaget identifierar och hanterar förlusten. En ny affärsmodell där kostnaden av förlusten kan delas av parterna behöver utvecklas för att lösa situationen.

I nybyggda byggnader med lågt energibehov kan leveransen av värme för att täcka förluster från varmvattencirkulation stå för en betydande del av värmeförsäljningen. Det krävs affärsmodeller som tar en sådan här förändring i beaktande.

2. Vilka är förutsättningarna som krävs för att installera flexibla, förisolerade rör i byggnader och enskilda lägenheter?

Måste rörinstallationer göras på ett nytt sätt? Är installatörer redo för denna förändring? Finns det hinder för rörinstallationer? Vad finns att lära från andra länder?

3. Hur påverkas utrymmesbehovet för rörinstallationer av 4e generationens lösning jämfört med 3e generationens lösning?

Hypotesen är att utrymmesbehovet är identiskt för 3e generationens och 4e generations lösningar. Därmed antas också att kostnaderna för de två alternativen är av samma storleksordning.

Är hypotesen korrekt? Behöver nya rör mer utrymme? Hur behandlas kostnadsbesparingen som det innebär att inte behöva teknikrum för undercentralerna?

4. Finns det en skillnad i värmeförluster mellan 3e generationens lösning för varmvatten och 4e generationens lösning? Hypotesen är att: Värmeförluster från varmvattencirkulation i byggnader (3GDH-2P) är större än värmeförlusterna från ett primärrör inuti huset (4GDH-3P).

Stämmer hypotesen? Opublicerade resultat indikerar att värmeförluster för 3GDH-2P är i stort sett desamma som för 4GDH-3P. Denna studies resultat indikerar att förlusterna från varmvattencirkulation i dagens byggnader är större än förlusterna från primärröret som behövs inuti byggnaderna i ett framtida 4GDH-3P-system.

5. Fjärrvärmecentraler som inte blandar framledningsvatten med returvatten behövs på lägenhetsnivå i 4GDH-lösningen.

I dagens lösning blandas framledningsvatten med returvatten under sommarmånaderna för att kunna upprätthålla en korrekt framledningstemperatur. Eftersom värmebehovet är lågt under sommaren är även flödet av vatten på primärsidan lågt, vilket ger upphov till temperaturfall på grund av stagnation (temperaturnedbrytning).

Idag är ansvarsbördan generellt sett liten för fjärrvärmeföretagen i händelsen av en vattenläcka, eftersom deras verksamhet anses avgränsas där rören går in i fastigheten. När primärvatten istället leds längre in i fastigheten utökas fjärrvärmeföretagets lagstadgade ansvar. Därför kan behovet av lösningar för felsäkring och vattenevakuerings öka när lägenhetsväxlare används.

Rörinstallationer måste utrustas med en säkerhetsbrytare som omedelbart slår till i händelse av en vattenläcka.

7. Under planeringsfasen av ett bygge eftersträvas det att placera fjärrvärmecentralerna lättåtkomligt, utanför de boendes lägenheter. På så sätt minimeras intrånget på de boendes privatliv när service och underhåll ska utföras.

Att placera fjärrvärmecentralerna utanför lägenheternas entrédörrar bör vara att föredra. Med en sådan placering blir den åtkomlig utanför lägenheten. Är en sådan konstruktion möjlig? Fungerar "värmeskåp" utanför lägenheter?

8. När lägenhetsväxlare används återstår frågan om vem som ansvarar för att värma upp allmänna utrymmen.

Förslaget är att en undercentral ska ta hand om uppvärmningsbehovet för trapphus. Dock bör allmänna utrymmen som har ett behov av tappvarmvatten (få utrymmen) värmas upp med el för att undvika att behovet av varmvattencirkulation uppstår.

9. Tappvarmvattnet som används i lägenheter genereras när behovet för det uppstår genom lägenhetsväxlarna. Detta minimerar risken för Legionella.

I Tyskland hanteras risken för Legionella genom att hålla volymen av rörinstallationer (på sekundärsidan av lägenhetsväxlaren) under 3 liter. Detta benämns som "3-litersregeln" (DVGW, 2004). Den europeiska standardiseringsorganisationen (CEN, 2012), har funnit att tappvatteninstallationer utan varmvattencirkulation i fastigheter och lokala värmelager inte behöver sättas under några temperaturkrav. Boverkets byggregler (2011) baserar i stort sett regelverket kring tappvarmvatten på en universell modell, där alla boenden antas använda varmvattencirkulation, vilket kräver att alla tappvarmvatteninstallationer måste hållas vid 50°C eller mer. Boverkets byggregler bör revideras för att tillåta lägre temperaturer i installationer som inte behöver sättas under strikta temperaturkrav (installationer utan lokal värmelagring eller varmvattencirkulation), vilket är en förutsättning för 4e generationens teknik.

4.1.2 Distributionsförluster och systemtemperaturer – Antaganden och simuleringsresultat

Ett antal antaganden har gjorts för simuleringen och dessa presenteras först. Simuleringsresultaten ges i *kursiv text*. Slutligen summeras parametrar från simuleringen (input/output).

1. Utrymmet som behövs för interna system i fastigheten är av samma storleksordning för 4GDH-3P och 3GDH-2P.

2. Kostnaden för det interna värm nätet i byggnaden är av samma storleksordning för 4GDH-3P och 3GDH-2P.

3. Värmeförluster från rören i 4GDH-3P och 3GDH-2P antas vara av samma storleksordning eftersom recirkulationsröret går i samma ledning som framlednings- och returröret.
4. Uppvärmningen av allmänna utrymmen i flerfamiljsbostäder tas om hand av en undercentral men tappvarmvatten i dessa utrymmen värms upp av lokala el-lösningar.
5. Varje lägenhet allokeras 5 meter servisledning i byggnaden i fallet 4GDH-3P (se tabell 1 för rörlängder).

Detta påverkar rörlängden. I 4GDH-3P-lösningen behövs ytterligare 531 meter rör. De extra 531 metrarna består av varmvattencirkulationsrör i byggnader och rör för radiatorsystem i varje lägenhet. Den ökade rörlängden påverkar områdets linjära värmedensitet (från 1.56 MWh/meter för 3GDH-2P till 0.70 MWh/meter för 4GDHWA-3P).

6. Framledningstemperaturen har satts som konstant över året³, viktat mot de temperaturer som kan förväntas under sommarförhållanden eftersom detta ger upphov till behov av varmvattencirkulation, vilket är den mest intressanta faktorn i denna studie.

I simuleringen av fallet 4GDHWA-3P i Nya Särö separerar det tredje röret fram- och returflöden och sänker systemtemperaturerna. I simuleringen var 52 °C och returtemperaturen var 20 °C. I simuleringen av 3GDH-2P i Nya Särö skulle årsmedeltemperaturen påverkas av att varmvatten cirkuleras in i returledningen. I simuleringen var framtemperaturen 70 °C och returtemperaturen var 53 °C.

7. Förluster från varmvattencirkulation i byggnader i 3GDH-2P har estimerats till 1 MWh/lägenhet och år.

Antagandet baseras på följande information:

Örebrobostäder har mätt upp förluster från varmvattencirkulation och rapporterat dessa som 11.5 kWh/m² och år (Åslund, 2016). Detta motsvarar 1035 kWh lägenhet och år för området som studerats i detta projekt. En annan källa återfinns i en mastersuppsats som utvärderade varmvattencirkulationsförluster genom att studera två byggnader (Paulsson & Svensson, 2016). För de två byggnaderna är motsvarande indikator 734 och 743 kWh per lägenhet och år. I en dansk rapport, (Bøhm, Schrøder, & Bergsøe, 2009) ges data från 13 flerfamiljsbostäder. Indikatorn varierar mellan 302-2327 kWh per lägenhet och år. Ett medeltal på 1013 kWh per lägenhet och år ges. Därför ses det som rimligt att anta en medelindikator för varmvattencirkulationsförluster på 1 MWh per lägenhet och år.

I denna studie estimeras varmvattencirkulationsförlusterna från 4GDH-3P- rören i byggnader till 16 MWh. Detta motsvarar en förlust på 151 kWh/år per lägenhet, vilket kan jämföras med en medelindikator på 1 MWh per lägenhet och år för 3GDH-2P.

³ I praktiken ökar framledningstemperaturen vid lägre utetemperaturer.

Värmeförlusterna i byggnader antas alltså vara lägre för 4GDHWA-3P än för 3GDH-2P eftersom varmvattencirkulation förmodas ge upphov till stora värmeförluster.

8. Värmeförlusterna i mark har antagits vara av samma storleksordning för både 4GDH-3P och 3GDH-2P.

Simuleringsresultat pekar på att distributionsförluster från rör i mark uppgår till 40 MWh per år för 3GDH-2P medan motsvarande förluster uppgår till 26 MWh per år i fallet 4GDHWA-3P. Minskningen uppnås genom lägre systemtemperaturer.

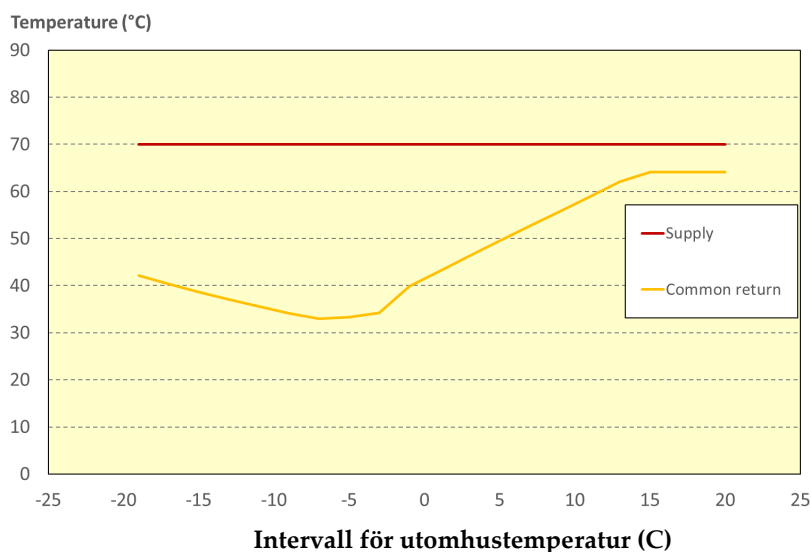
Dock uppstår ytterligare värmeförluster från ledningar inuti byggnader i fallet 4GDHWA-3P; dessa uppgår till 16 MWh per år. Därmed är de sammanlagda förlusterna i fallet 4GDHWA-3P $26+16=42$ MWh/år. Förlusterna för 4GDHWA-3P i denna simulering är alltså något högre än för 3GDH-2P, på grund av de extra förluster som uppstår från att ha primärledningar inuti byggnaderna.

Tabell 2 Simuleringsparametrar för fallen 3GDH-2P och 4GDHWA-3P.

		3GDH- 2P	4GDH-3P
Framledningstemperatur[°C]	Input	70	52
Returtemperatur [°C]	Output	53	20
Varmvattencirkulationstemperatur [°C]	Output	-	50
Nätlängd [m]	Input	509	1104
Ledningsdensitet[MWh/m]	Output	1,56	0.70
Antal värmeväxlare	Input	11	115
Värmebehov [MWh]	Output	770	772
Värmeförluster [MWh]	Output	40	26 (+16, förluster i byggnader) = 42
Relativ förlust [%]	Output	5,2	3,4

I Figur 3 och Figur 4 visas systemtemperaturerna i de båda scenarierna. I Figur 3 ges de simuleringsresultat som relaterar till temperaturer för 3GDH-2P. En framledningstemperatur på 70°C har applicerats här. Denna temperaturnivå ger input till dimensioneringen av varmvattencirkulationen i byggnaderna. I praktiken skulle framledningstemperaturen öka vid lägre utetemperaturer. Vid utetemperaturer i intervallet -10 till +10 °C skulle returtemperaturerna i fjärrvärmesystemet ligga kring 30-35 °C. Vid högre utetemperaturer skulle returtemperaturen öka på grund av temperaturkontamineringen som uppstår när värmebehovet är lågt.

Temperatur (C)

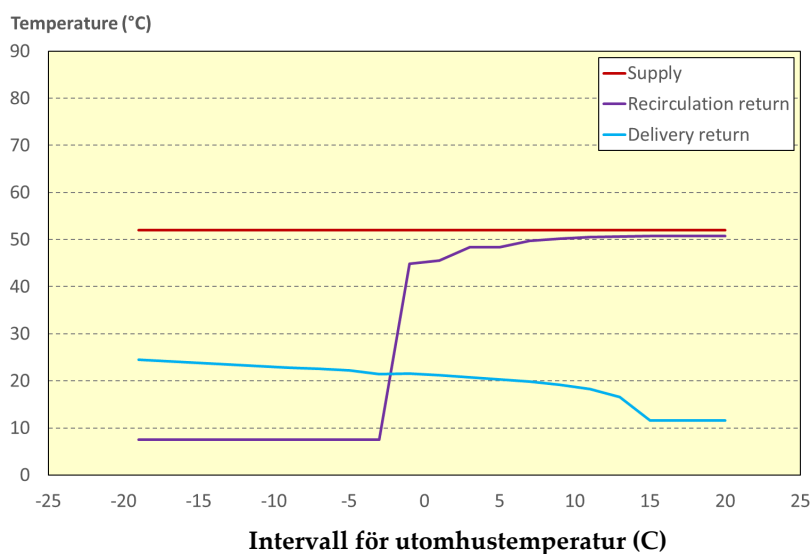


Figur 3 Resultande systemtemperaturer 3GDH-2P

I Figur 4 visas simuleringsresultaten från fallet 4GDHWA-3P. En framledningstemperatur på 52 °C har applicerats här, vilket återspeglar visionen av en framtemperatur på 50 °C för 4GDH med avseende på kundens fjärrvärmesväxlare (för att ta hänsyn till komfortkrav).

Under sommaren undviks temperaturkontaminering. I händelse av ett nollflöde blir varmvattencirkulationstemperaturen lika med omgivningstemperaturen.

Temperatur (C)



Figur 4 Resultande systemtemperaturer 4GDHWA-3P.

4.2 KOSTNADSRESULTAT

Den andra delen av analysen i denna studie behandlar kostnaderna för lägenhetsväxlare. Utöver detta har även kostnadsskillnaderna per meter mellan 3e generationens rör och 4e generationens rör identifierats. 4e generationens rör har lägre kostnad per meter, men den totala rörlängden som krävs är högre än 3e generationens lösning. En uppskattning av de potentiella besparingarna som kan fås genom att undvika varmvattencirkulation har också gjorts.

Kostnadsreduceringar som fås med 4GDH på grund av frånvaron av VVC-installationer och teknikrum för undercentraler beräknas inte i detta projekt. Dessutom behandlas inte besparingar i form av sänkta driftskostnader som ett resultat av att använda värmekällor med låg temperatur jämfört mot att använda värmekällor med hög temperatur. För att ge full förståelse krävs det att skillnader i kostnader från installationer och drift i byggnader identifieras. Notera att projektets resultat endast redogör för delar av kostnaderna för 4GDHWA-3P-installationer.

Tre aspekter av kostnader har analyserats. Den första aspekten är kopplad till användningen av lägenhetsväxlare jämfört med en central installation. Den andra aspekten behandlar kostnaden för rör. Den tredje aspekten är en uppskattning av besparingarna av varmvattencirkulation i byggnader. Resultaten av analysen summeras i Tabell 3.

Vad gäller undercentraler hade det i 3GDH-2P-scenariot krävts 11 undercentraler och 115 enheter i 4GDH-3P-scenariot. Enligt information från EKSTA är kostnaden för en lägenhetsväxlare (komplett installation med cirkulationspump, mätare, och injustering) 19 000 SEK. EKSTA betalar i nuläget 125 000 SEK för varje undercentral i en flerfamiljsbostad, exklusive injustering. Det antas att kostnaden för injusteringen av en undercentral utgör 10 % av den totala kostnaden för undercentralen, därför blir kostnaden inklusive injustering: $125\,000\text{ SEK} \cdot 1.1 = 137\,500\text{ SEK}$. Kostnaden för undercentraler i 3GDH-2P-scenariot är: $11 \cdot 137\,500\text{ SEK}$ (1 512 500 SEK), att jämföra med $115 \cdot 19\,000\text{ SEK}$ (2 185 000 SEK) i 4GDHWA-3P-scenariot. Det är viktigt att vara medveten om att ju fler lägenheter i en byggnad, desto högre blir investeringskostnaden för 4e generationens lösning. Under diskussioner i projektgruppen kring resultaten noterades det att lägenhetshus med runt 10-15 lägenheter fortfarande är kostnadseffektiva i jämförelse med 3GDH-2P-lösningen.

4GDHWA-3P-installationer kräver mer löpmeter rör än vad som behövs med 3GDH-2P-lösningen. För Nya Särö blir skillnaden i rörlängder 531 meter mellan 3GDH-2P och 4GDHWA-3P. I 4GDH-3P-fallet antas det att ett 5 meter långt servrör går från den centrala ledningen i huset till varje lägenhet, vilket innebär att 1104 meter rör behövs, jämfört med 573 meter rör för 3GDH-2P-fallet. Leverantören av 4GDHWA-3P-rör som har använts för denna analys är Thermaflex. Thermaflex är baserat i Nederländerna och är marknadsledande i etableringen av 4GDH-implementeringar i Europa. Det finns ännu ingen storskalig produktion av rör, men de installeras i demonstrationsprojekt. Exempelvis görs en installation inom det pågående EU-projektet TEMPO. Enligt Thermaflex har de flexibla plaströr som används för 4GDHWA 15-20 % lägre kostnad (total installationskostnad) än 3GDH-2P-rör av samma diameter. Thermaflex säljer inte

flera serier av 4GDHWA-3P-rör (endast prototyper är tillgängliga) och har inte några närmare prisuppgifter än det procentuella intervallet som nämnts ovan. Thermaflex påpekar att kostnaden kommer att bero på bland annat diameter, markförhållanden och nätkonstruktion.

Den största volymen av markrör som används i Nya Särö är DN40, som kostar 580 SEK/meter (inklusive svetsning, skatter och markarbete). För att kunna göra en jämförelse mellan 3GDH-2P och 4GDHWA-3P har det antagits samma rördimensioner för båda teknikgenerationerna. Kostnaderna för markrören i 3GDH-2p (om de alla varit DN40) är 332 340 SEK och kostnaderna i 4GDHWA-3P är -15 till 20%. För byggnadsinstallationerna finns ingen kostnad tillgänglig från Thermaflex, därför är inte beräkningen utförd för rören i byggnaderna.

Skillnaderna i diameter mellan de olika typerna av rör är minimala. Schaktens bredd och djup samt utrymmet som behövs för rördragning inomhus kommer att vara desamma i 3e och 4e generationens lösningar. Det är ingen skillnad i antalet förgreningsrör, ventiler et cetera, vilket leder till antagandet att installationskostnaderna är desamma för 3e som för 4e generationens lösning.

Med 4GDHWA-3P-lösningen är besparingar av varmvattencirkulation i byggnader möjliga. Erfarenhet har visat att förluster i varmvattencirkulationen med 3GDH-2P-lösningen uppgår till 1 MWh/lägenhet och år. Denna förlust kan undvikas helt med 4GDHWA-3P-lösningen. I Nya Särö finns 106 lägenheter och 9 allmänna utrymmen, det har uppskattats att värmen som behövs för varmvattencirkulation i dessa utrymmen är 115 MWh/år. Kostnaden per MWh var 700 SEK för EKSTA under september 2018. Detta betyder att 80 500 SEK kan sparas per år genom att använda 4GDH-lösningen. EKSTA är inte konventionellt, i den meningen att de både äger fastigheterna och levererar värme till dem. Därför är inte värmeleveransen för varmvattencirkulation i deras egna fastigheter en inkomstkälla för dem. En av de största vinsterna med 4GDH för EKSTA är därför att undvika behovet av varmvattencirkulation i sina fastigheter.

I 3GDH distribueras värme genom stammar mellan våningsplan. I lägenheter med två ytterväggar läggs ofta stammar i båda väggarna. Från stammarna distribueras värme till radiatorer genom lägenhetsrör. I 4GDH distribueras värme från en centralt placerad lägenhetsväxlare. Från lägenhetsväxlaren behövs rör till radiatorerna och kostnaderna för dessa rör har antagits vara samma som för stammarna. Rör som går mellan radiatorer har antagits ha samma kostnad i 3GDH och 4GDH.

Under studiens gång har projektgruppen identifierat att avgränsningarna för fjärrvärmeaffären ändras i 4GDH. Det är inte längre fastighetsägaren som belastas av värmeförlusterna inne i byggnaden. Under vintern kommer förlusten till nytta ändå, eftersom den värmer upp byggnaden, men på sommaren är det en ren förlust. Den estimerade förlusten i Nya Särö är 16 MWh/år. Diskussioner med EKSTAS ingenjörer och VD mynnade ut i att faktumet att förlusten uppmärksammas och kommuniceras till kunder kan öka kundernas förtroende för värmeleverantören. Genom att tillämpa en transparent affärsmodell bör det vara möjligt att dela på kostnaden för förlusten mellan värmeleverantören och fastighetsägaren. Den ändrade avgränsningen av värmeleveransen är dock ett

hinder som behöver forceras eftersom värmeleveransen i en konventionell, 3GDH, affärsmodell slutar vid husväggen. Eftersom EKSTA ibland både äger fastigheten och levererar värme till dem är denna ändrade avgränsning inte ett problem för dem.

Vad gäller driftskostnaderna, så ökar de för fjärrvärmeföretaget när 4GDH-lösningen tillämpas, på grund av ett ökat antal undercentraler, längre när och flär mätare. Fastighetsägarens driftkostnader minskar eftersom det inte krävs någon installation av ett VVC-system med rör, ventiler, pumpar och injustering. Dessutom förflyttas ansvaret för risken för Legionella och för tekniska fel från fastighetsägaren till fjärrvärmeföretaget. När de totala driftskostnaderna tas i beaktning är det osäkert ifall dessa ökar eller minskar med en 4GDH-lösning. Att bestämma de totala driftskostnaderna i större detalj ligger utanför ramarna för detta projekt, men det är ett intressant område för framtida forskning.

Tabell 3 Resultater kostnader 3GDH-2P och 4GDHWA-3P Nya Särö.

	3GDH	4GDH
Kostnader för fjärrvärmeväxlare [SEK]	1 512 500	2 185 000
Markrör [SEK]	332 340	-15-20%
Kostnader för varmvattencirkulation i byggnader [115 MWh/år till en kostnad av 700 SEK/ MWh]	80 500	0

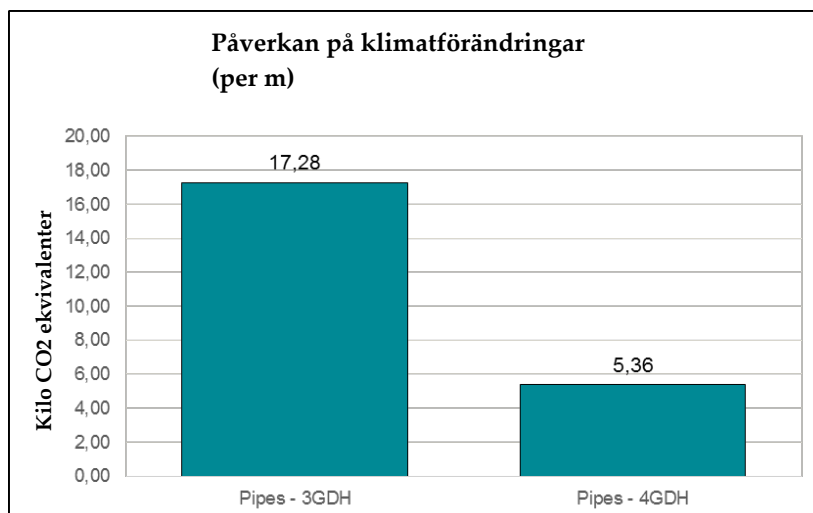
4.3 RESULTAT GÄLLANDE MILJÖPÅVERKAN

I avsnitt 4.3 beskrivs analysens tredje del, som behandlar 3e och 4e generationens fjärrvärmeinstallationers miljöpåverkan. Miljöpåverkan är en viktig del i framtida utformningar av fjärrvärmesystem. Genom en Livscykelanalys (LCA) är det möjligt att uppskatta skillnaderna i miljöpåverkan från 3e och 4e generationens fjärrvärmesystem. Fokus i analysen ligger vid att förstå rörens miljöpåverkan (3e generationens lösning med två rör och 4e generationens lösning med tre rör). Eftersom värmeväxlaren är en viktig komponent i systemet har dess påverkan också uppskattats. Slutligen har miljöpåverkan från energin som används i de båda systemen studerats.

LCA gör det möjligt att beräkna miljöverkan från produkter eller system. Miljöpåverkan kommer att vara en viktig faktor vid byggandet av fjärrvärmesystem i framtiden. I denna förstudie görs en LCA som jämför 4GDH-3P- och 3GDH-2P-system. Skillnaden vid tillverkning och energianvändning av de två rörsystemen inkluderas i analysen. Analysen ger input kring den påverkan på klimatförändringar som 4GDH-3P och 3GDH-2P-lösningarna har. Indata har kommit från svenska tillverkare av 3GDH-2P och från en internationell, progressiv tillverkare av 4GDHWA-3P.

4.3.1 Påverkan från rör

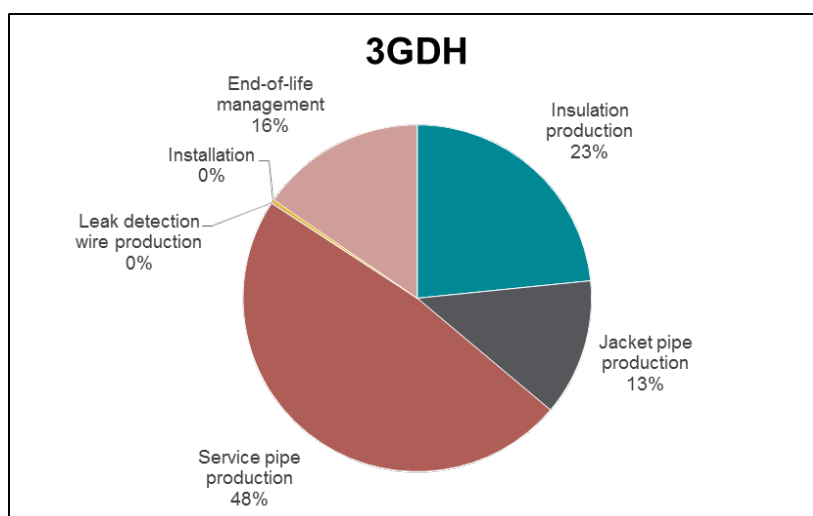
Analysen i denna förstudie är utförd per löpmeter rör. Miljöpåverkan från 3GDH-2P är mer än tre gånger högre per löpmeter rör än från 4GDHWA-3P. Resultaten per löpmeter rör redovisas i Figur 5.



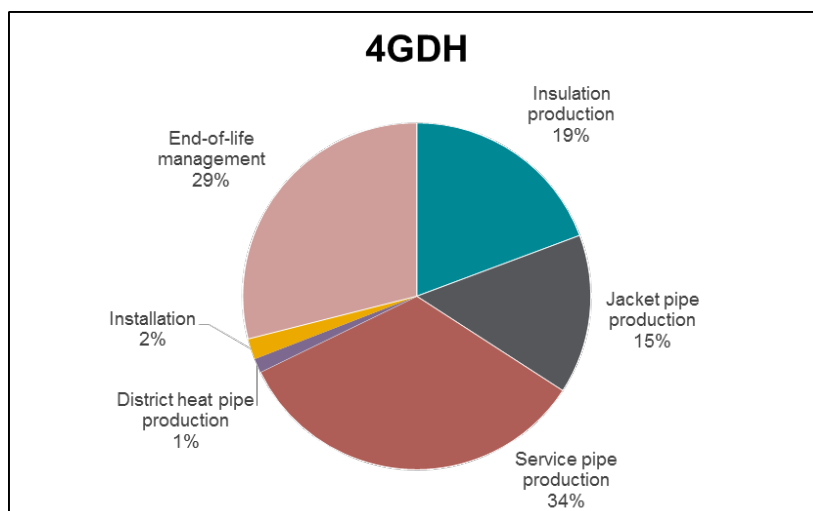
Figur 5 Miljöpåverkan per löpmeter rör 3GDH-2P jämfört med 4GDH-2P.

Den huvudsakliga anledningen till skillnaden i miljöpåverkan mellan de två rören är materialåtgången per löpmeter rör. 3GDH-2P-rör har en stålkärna och har därför en tre gånger så hög vikt per meter än plastbaserade rör. Miljöpåverkan per kg rör skiljer sig inte nämnvärt.

Fördelningen av miljöpåverkan per kg rör mellan dess ingående delar presenteras i Figur 6 och Figur 7.



Figur 6 Fördelning av miljöpåverkan per kg rör för 3GDH-2P-system.



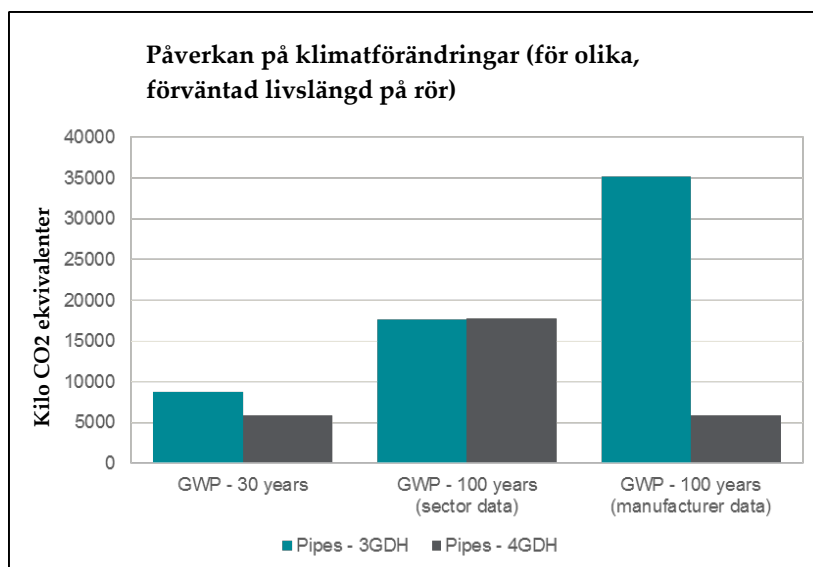
Figur 7 Fördelning av miljöpåverkan per kg rör för 4GDH-3P-system.

Mer än dubbla antalet löpmeter rör krävs 4GDH-lösningen än för 3GDH-lösningen. Trots detta är miljöpåverkan från 4GDH-3P-lösningen (1 104 meter) lägre än från 3GDH-2P-lösningen (573 meter).

För utvärderingen av hela systemets klimatpåverkan, krävs uppskattningar av de olika systemens livslängder. Två scenarion har använts i uppskattningen av livstiderna: branschens uppskattning (3e generationen: 75 år; 4e generationen: 40 år) och tillverkarens uppskattning (3e generationen: 30 år; 4e generationen 100 år). Båda uppskattningarna inkluderades för att återspegla åsikterna från både branschen och tillverkaren. Det är inte känt vilken uppskattning som är mest korrekt, eftersom inga 4GDH-3P-rör har använts i 40 eller 100 år ännu. Uppskattningarna ger intervall för den tekniska livslängden för 3GDH-2P på 30-75 år och för 4GDH-3P på 40-100 år. Figur 8 visar den miljöpåverkan som föreligger för systemet vid livslängderna 30 och 100 år.

Om systemet används i 30 år behöver inte rören bytas ut under deras livslängd. Den resulterande miljöpåverkan i det här fallet visas i de vänstra kolumnerna i Figur 8. 4GDH-3P har då en lägre miljöpåverkan än 3GDH-2P-lösningen.

Om systemet används i 100 år har uppskattningarna av livslängden en stor påverkan på det totala resultatet. Först appliceras de uppskattade livslängderna från *branschen*: 3GDH-2P; 75 år och 4GDH-3P; 40 år. Detta innebär att 3GDH-2P-rören måste bytas ut en gång under systemets livstid och 4GDH-3P-rören måste bytas ut två gånger under systemets livstid. Miljöpåverkan är identisk för de båda teknikerna vid denna utbytestakt av rör. Därefter appliceras de uppskattade livslängderna från *tillverkare*: 3GDH-2P; 30 år och 4GDH-3P; 100 år. Med dessa uppskattningar måste 3GDH-2P-rören bytas ut tre gånger under sin livstid medan 4GDH-3P-rören inte behöver bytas ut alls under 100 år. Miljöpåverkan blir i detta fall mycket större från 3GDH-2P-lösningen än från 4GDH-3P.

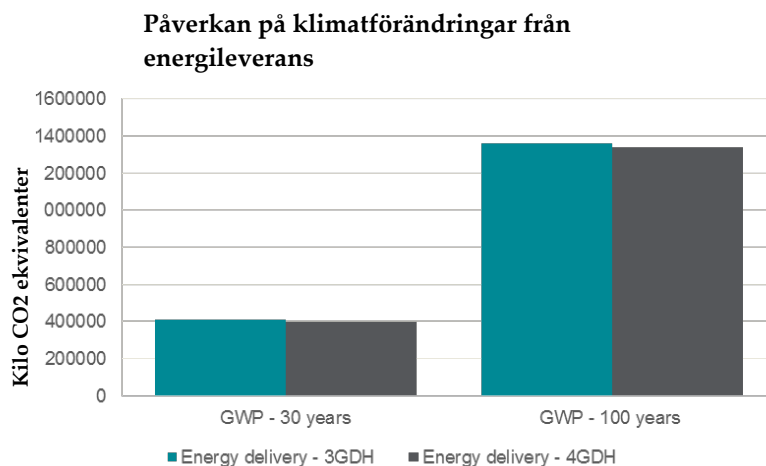


Figur 8 Miljöpåverkan från system vid olika uppskattningar av livstider.

4.3.2 Påverkan från energileveranser

Miljöpåverkan från energileveransen till de två systemen presenteras i Figur 9. Resultaten visar att miljöpåverkan från energileveranser är betydligt högre än vad påverkan av rören är. Därför är det mycket viktigt att använda energin effektivt och att energin är så förnyelsebar som möjligt för att kunna lämna ett så litet koldioxidavtryck som möjligt, oavsett vilken fjärrvärmegeneration som avses.

LCA-data för produktion av termisk energi från solid biomassa i Sverige har använts för uppskattning av miljöpåverkan från energileveransen (Thinkstep, 2018). Energileveransen studeras för 30 års livslängd för systemet och för 100 års livslängd för systemet. Skillnaderna mellan 3GDH- och 4GDH-lösningarna är minimala, 4GDH-lösningen har ungefär 2 % lägre miljöpåverkan.

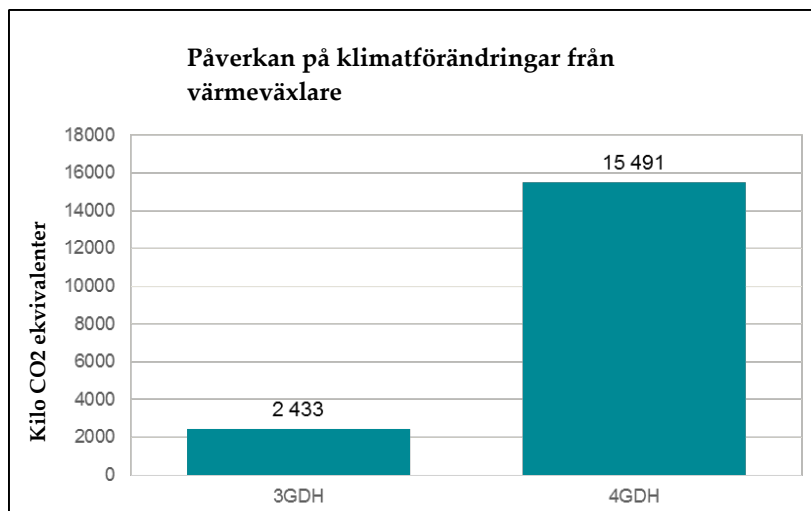


Figur 9 Miljöpåverkan från systemens energileveranser.

4.3.3 Påverkan från fjärrvärmecentraler

Miljöpåverkan från fjärrvärmecentraler skiljer sig mellan de två systemen eftersom 4GDH-3P-lösningen behöver en större mängd undercentraler än vad 3GDH-2P-lösningen gör. Miljöpåverkan från de två systemen har beräknats genom att använda den totala installerade kapaciteten i värmeväxlare. Generell data har använts för att beräkna miljöpåverkan från undercentralerna. Dessa data innehåller information om miljöpåverkan från tillverkningen och bortskaffandet av värmeväxlare per installerad kapacitet i kW och kommer från en generisk databas med uppgifter om värmeväxlare i fjärrvärmesystem (Thinkstep, 2018). Den installerade kapaciteten skiljer sig åt i de två systemen eftersom fler undercentraler behövs i 4e generationens lösning (115 st.) än i 3e generationens lösning (11 st.). För 3e generationens system antas en installerad kapacitet per undercentral på 62.4 kW (används av EKSTA i Särö), vilket är högre än vad som antas för 4e generationens system, 38 kW.

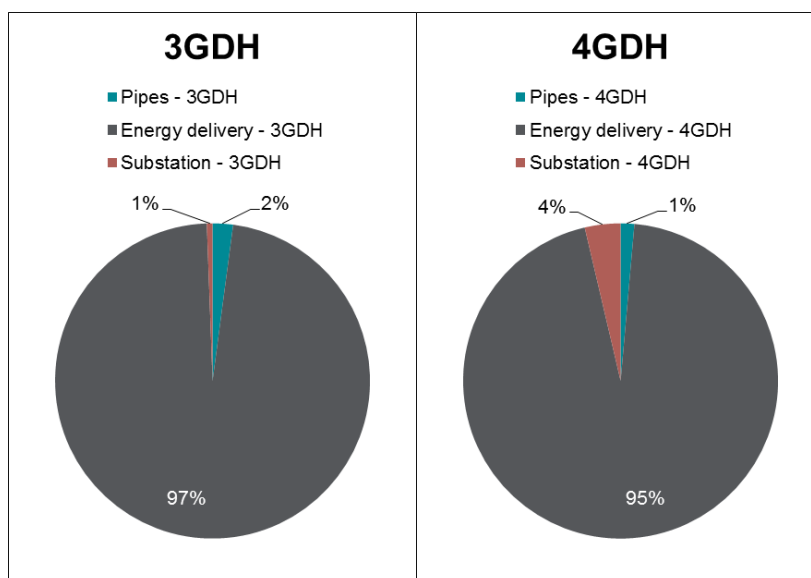
Undercentralernas livslängd, både för 3GDH och för 4GDH, förväntas vara 30 år. Figur 10 visar den resulterande miljöpåverkan som undercentralerna har i de båda systemen.



Figur 10 Miljöpåverkan från installerade undercentraler i 3GDH jämfört med 4GDH.

4.3.4 Jämförelse av rörens påverkan med centralernas påverkan

Fördelningen av miljöpåverkan från de ingående komponenterna i respektive system i studien presenteras i Figur 11. Figuren visar att miljöpåverkan från undercentralerna är lägre än påverkan från rören i 3e generationens lösning. I 4e generationens lösning är påverkan från undercentralerna högre än påverkan från rören. I båda systemen har energileveranserna störst miljöpåverkan.



Figur 11 Fördelning av miljöpåverkan från ingående komponenter i respektive system.

4.4 SAMMANFATTNING AV DE HUVUDSAKLIGA RESULTATEN

I projektet identifierades vissa resultat som är mer relevanta- vid implementering av 4e generationens teknik- än andra. Dessa resultat summeras i Tabell 4.

Angående temperaturer och distributionsförluster dras slutsatsen att returtemperaturerna i 4GDHWA-3P är lägre än i 3GDH-2P.

Kostnadsbesparingarna från en reducerad temperaturnivå har inte kvantifierats i studien men bör vara viktiga. För distributionsförlusterna gäller att den ökade mängden ledningar inne i byggnader gör att distributionsförlusterna ökar i 4GDHWA-3P och de blir något högre än vad förlusterna är i 3GDH-2P-nät.

Angående kostnader har studien fokuserat på att få en förståelse för kostnaderna av undercentraler, ledningar och varmvattencirkulation. Dessa kostnader är inte fullständiga och återspeglar inte de totala kostnaderna av 4GDHWA-3P jämfört med 3GDH-2P.

När det kommer till miljöpåverkan ger stålkomponenterna i 3GDH-lösningen en högre, negativ, miljöpåverkan per meter än vad 4GDH-lösningen har. Trots att 4GDH-rören krävs i större mängd löpmeter (inomhus) och att deras tekniska livslängd är kortare än 3GDH-rören har 4GDH-rören en mindre miljöpåverkan än 3GDH-rören.

Tabell 4 Summering av huvudsakliga resultat

Parametrar som studerats	3GDH	4GDHWA	Kommentar
Returtemperaturer	Högre.	Lägre.	Okänt hur stor, total, kostnads-besparing som fås vid 4GDH, jämfört med 3GDH.
Distributionsförluster	Lägre.	Lägre i mark Ökar på grund av förluster i byggnader.	Distributions-förlusterna i mark är lägre i 4GDH än i 3GDH. De ökade förlusterna inomhus ger högre förluster i 4GDH än i 3GDH.
Kostnader -undercentraler	Lägre totalkostnad i Särö med större undercentraler.	Högre totalkostnad i Särö med lägenhetsväxlare.	Vinsten av att inte behöva installera teknikrum för undercentralerna är okänd. Detta kommer att innebära en besparing med 4GDH jämfört med 3GDH.

-rör	Högre kostnad per löpmeter rör.	Lägre kostnad per löpmeter rör.	Eftersom det har antagits att ytterligare inomhusrör behöver installeras ökar det totala antalet löpmeter rör som behövs för 4GDH, vilket driver kostnad.
-VVC	Den årliga förlusten är 115MWh (80 500 SEK).	0, ingen VVC krävs.	En kostnad för VVC-installationer uppstår för 3GDH, denna kan undvikas i 4GDH.
Miljö	Högre miljöpåverkan per löpmeter rör.	Lägre miljöpåverkan	4GDH-rörens livslängd är okänd.

Andra viktiga slutsatser har dragits av EKSTA. Baserat på resultaten och den ökade förståelsen för 4GDHWA-tekniken finns det inga tvivel kring att tekniken finns och kan användas. Svårigheterna ligger i att reda ut hur de förändringar som tekniken medför kommer påverka fjärrvärmeaffären i ett större perspektiv. Gränsen mellan kunden och energileverantören kommer t.ex. att dras om och den konventionella affärsmodellen för fjärrvärme kommer att behöva revideras. 4GDHWA kommer att resultera i lägre förluster för fastighetsägaren och i fler förluster och mer ansvar för fjärrvärmeföretaget. I en framtid med fler passivhus kommer värmeleveranserna att minska och behovet av en transparent relation med ett högt förtroende mellan fastighetsägare och fjärrvärmeföretag kommer att uppstå- vilket gör att konsekvenserna av 4GDHWA tekniken på affären kan skapa en närhet till kund vilket ger en konkurrensfördel.

EKSTA vill ta steget att implementera 4GDH i en fysisk demonstrationsapplikation. Det är nästa steg. Genom att ta sig an utmaningarna som finns i 4GDHWA-installationer utvecklar man sättet som fjärrvärmeaffärer utförs på, vilket är absolut nödvändigt i den hårt konkurrensutsatta värmemarknaden i Sverige.

4.5 RESULTAT KRING ANVÄNDNINGEN AV EL SOM TILLÄGGSVÄRMEKÄLLA

Den fjärde delen av denna studie är kopplat till utvecklingen av låga elpriser. Detta fenomen har redan inträffat i Danmark. Där har perioder med billig el uppkommit på grund av hög elproduktion från vindkraftverk. I denna studie har möjligheten till att använda el som en tilläggsvärmekälla i fjärrvärmenät med solvärme utforskats.

Med 4GDH-3P kommer temperaturnivåerna i distributionssystemet att vara betydligt lägre än i 3GDH-2P. Lägre framlednings-temperaturer kommer att göra

det möjligt att dra nytta av mer värme från solfångare. Solvärme kan distribueras även om framledningstemperaturen är 50°C. Returtemperaturerna i näten kommer även de att vara lägre, cirka 20 °C. De lägre temperaturerna gör att behovet av lagring minskar eftersom det går att utnyttja lagring vid lägre temperaturer i 4GDH-3P än i 3GDH-2P. Sammanfattningsvis gör de lägre temperaturerna och mindre värmelagren att solvärme blir relevant för 4GDH-3P-system.

I denna förstudie har det antagits att Nya Särö skulle använda 4GDH-3P och att solvärme skulle täcka 75 % av värmebehovet i området. Det innebär att en ytterligare värmekälla behövs, sådan kan vara en elpanna, för att kunna dra nytta av låga elpriser som uppstår vid hög tillgång på el från vindkraft (eller någon annan intermittent förnyelsebar elproduktion) i ett framtida energisystem. För att nå upp till satta klimatmål, behövs förnyelsebara alternativ. Stora investeringar görs i sol- och vindkraft i hela Europa. Detta har resulterat i utmaningar för energisystemet i form av att elproduktionen blir intermittent med volatila elpriser som följd (det vill säga, låga elpriser då det blåser mycket). Forskning visar att det finns en koppling mellan stora mängder vind och elpriser (Sköldbberg, Unger, & Holmström, 2015), (OECD/IEA, 2016). Längre perioder med låga elpriser gör det intressant att utnyttja låga elpriser.

Den konventionella tilläggsvärmekällan är en pelletspanna. I denna studie har skillnaden mellan en pelletspanna och en elpanna som tilläggsvärmekälla simulerats. Tilläggsvärmekällan i denna studie krävs under vintermånaderna (1e november – 30e april). Detta innebär att värme kan lagras under sommar-månaderna för att kunna användas vid ett senare tillfälle. Värmelagret är fulladdat i september och ett uttag på 30 MWh antas för att kunna ladda upp lagret igen när elpriset är lågt. Antagandena som gjorts för beräkningarna ges i Appendix 1.

4.5.1 Konceptuell utformning

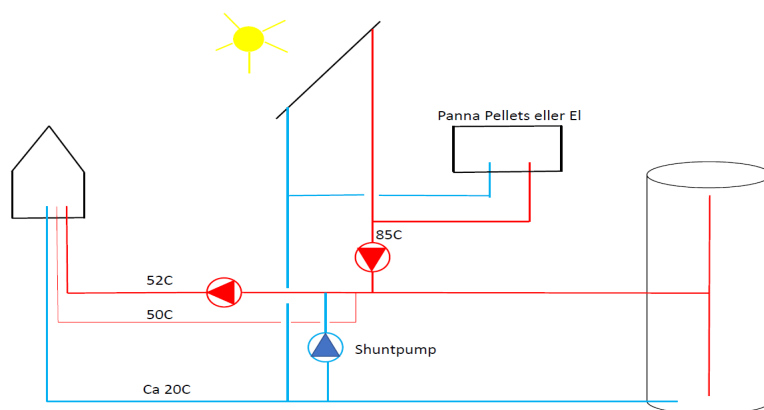
En förutsättning för att installera solfångare är att tillgången på värme är hög. För Nya Särö skulle 1900 m² solfångaryta och ett vattenbaserat värmelager på 7500 m³ (laddningsbar volym) krävas för att täcka 75 % av värmebehovet. Utslaget per lägenhet innebär detta 18 m² solfångaryta och 70 m³ lagringsvolym. Den stora lagringsvolymen är nödvändig för att ge flexibilitet och möjligheten att använda tilläggsvärme från el när elpriserna är låga. Om tilläggsvärmekällan ska vara i kontinuerlig drift under perioden 1e november till 30e april krävs det att den har en effekt på 57 kW. För att ge en säkerhetsmarginal vid driftsfel bland solfångarna och färre soltimmar än förväntat, rekommenderas det att en effekt på 100 kW används i ett område av Nya Särös storlek.

En konceptuell skiss av installationen visas i Figur 8. Solfångare levererar främst värme till lågtemperaturnätet. Om vattnet från solfångarna har för hög temperatur, pumpas returvattnet från distributionsnätet till framledningen vilket ger den eftersträlvade framledningstemperaturen 52 °C. När solfångarna genererar mer värme än vad som behövs för stunden, lagras överskottvärmen vid temperaturen 85 °C. Detta görs för att undvika att överskrida värmelagrets temperaturgräns (95 °C). Vid 95 °C kyls överskottsvärme bort genom luftkylare för att minimera risken för att vattnet förångas. Tilläggsvärmekällan kopplas in parallellt med solfångarna

och matar, vid behov, varmvatten till värmelagret vid 85 °C. På så sätt förser solfångarna och tilläggsvärmekällan distributionsnätet med värme.

En framledningstemperatur på 70 °C ger lägre förluster än vid 85 °C. Kurvan för framledningstemperatur är lägre vid alla utetemperaturer under uppvärmningssäsongen. Därmed blir systemet mer robust då temperaturnivåerna från solfångarna och värmelager inte når upp till kraven från nätet. Detta betyder i sin tur att systemet kan använda sig av solenergi i större utsträckning.

Tilläggsvärmekällan startas upp 1e november och dess effekt bestäms genom att beräkna värmevolymerna som behövs från värmelagret vid en given tidpunkt (för att kunna möta värmebehovet fram till 30e april nästkommande år). När värmen från solfångarna inte räcker till för att möta värmebehovet, tas värme från värmelagret vid 85 °C.



Figur 12 Konceptuell skiss av installationen.

4.6 GÅR DET ATT DRA NYTTA AV LÅGA ELPRISER?

Dagens elskatt och effektagift (som sätts av elnätsägarna) påverkar potentialen i att använda el som tilläggsvärmekälla. Detta tas hänsyn till i simuleringen.

Det antas att elpriserna kommer att vara låga under kvällar och nätter (21-06) samt under helger eftersom elbehovet från industrier är lågt under dessa perioder.

Vi har använt oss av erfarenheter från Danmark (DK1) och antagit att situationen i Danmark återspeglar Sveriges framtida energisystem.

Statistik från perioden 2013-2017 visar att elpriset låg under 200 SEK/MWh under 898 timmar om året. Elpriset var under dessa timmar, i genomsnitt, 108 SEK/MWh. Tre scenarion har satts upp med prisnivåerna 200 SEK/MWh, 100 SEK/MWh och 0 SEK/MWh. I scenarierna har användningen av låga elpriser satts till 800 timmar per år.

Vi har även tagit fram statistik kopplad till vindhastigheter under 2008-2017 i södra Sverige genom att samla in data från Vinga Fyr utanför Göteborg. Enligt Söder (2017) kan framtida vindkraftverk ge maximal elproduktion vid vindhastigheter över 10 m/s. Resultaten visar att vindhastigheten i genomsnitt är högre än 10 m/s under 703 timmar per år. Detta indikerar att 800 timmar är ett rimligt antagande att göra för användandet av låga elpriser.

Den årliga kostnaden och kostnaden för värmeproduktion per kWh för en pelletspanna är 173 kSEK respektive 0.7 kSEK/MWh. Dessa värden är oberoende av elpris.

Simulering: 800 timmar med lågt elpris

En simulering har utförts där 800 timmar med lågt elpris har använts vid olika kostnader per MWh (200 SEK, 100 SEK och 0 SEK). Simuleringsresultaten är summerade i Tabell 5 och visar att den årliga kostnaden för elpannan går från 1.3 kSEK/MWh till 1.1 kSEK/MWh då elpriset går från 200 SEK/MWh till 0 SEK/MWh. Det är inte förrän skatter och effektagiften tas bort som elpannan blir mer kostnadseffektiv än pelletspannan.

Från simuleringsresultaten dras slutsatsen att oavsett elprisnivå, gör dagens skatter och avgifter på elektricitet att det inte blir kostnadseffektivt att använda elpannor som tilläggsvärmekällor.

För att göra el med lågt pris till ett gångbart alternativ till pellets för tilläggsvärmeproduktion måste dagens skatt och effektagift tas bort.

Tabell 5 Konsekvenser av att ta bort elskatter och effektagifter.

Elpris kSEK/MWh	Årliga kostnader inklusive skatter och effektagifter. (värmepris kSEK/MWh)	Årlig kostnad utan skatter	Årlig kostnad utan effektagif ter	Årliga kostnader utan skatter och effektagifter
0.2	319 (1.3)	232 (0.9)	239 (1.0)	152 (0.6)
0.1	292 (1.2)	206 (0.8)	213 (0.9)	127 (0.5)
0.0	267 (1.1)	182 (0.7)	188 (0.8)	102 (0.4)

Dagens skatter och avgifter gynnar användningen av biobränslen istället för el med lågt pris. Biobränslen är en begränsad framtida resurs som kan bli otillräcklig vilket gör dagens skatt- och avgiftsstruktur för elektricitet behöver revideras. Dessutom ger användningen av el under kvällar, nätter och helger en bättre balans i elnätet, särskilt då det blåser mycket.

5 Slutsatser och rekommendationer

4e generationens lösning ger byggnader en högre energieffektivitet, totalt sett. Den största anledningen till detta är att behovet av uppvärmning för varmvattencirkulation försvinner. Sett till enbart rören är även distributionsförlusterna lägre jämfört med 3e generationens lösning.

4e generationens lösning kräver fler löpmeter rör eftersom rören går ända in i lägenheterna. Detta introducerar nya systemgränser för fjärrvärmeföretaget. Med den konventionella lösningen växlas värmen till kunden vid husväggen. Denna växling sker i 4e generationens lösning i själva lägenheterna. Detta innebär att värmeförlusterna inuti byggnaden inte bärs av fastighetsägaren utan av fjärrvärmeföretaget. I dialog med kunden kan detta skapa goodwill eftersom det finns en fullständig transparens kring värmeförlusterna. Genom ett överenskommet avtal som tillåter att värmeförlusterna delas upp mellan parterna så kan det finnas fördelar för både fastighetsägaren och fjärrvärmeföretaget att dra nytta av.

Med lägenhetsväxlare försvinner risken för Legionella. En lösning som fullkomligt eliminerar risken för Legionella förhindras dock av avgränsningar i Boverkets Byggregler och en dialog krävs kring regleringen för att kunna implementera 4e generationens lösning.

Lägenhetsväxlare innebär en större investering än för en central värmeväxlare i exempelvis bottenplan eller källarutrymmen. Detta innebär att 4e generationens kostnadseffektivitet begränsas till fastigheter med 10-15 lägenheter. Denna situation kan dock ändras om kostnadseffektiviteten i värmeväxlare kan förbättras i och med att det blir standard med en växlare i varje lägenhet.

När det kommer till miljöpåverkan, har stålkärnan i 3e generationens rör en negativ påverkan. I 4e generationens lösning är miljöpåverkan per löpmeter rör markant lägre än i 3e generationens lösning. Även när den ytterligare mängden löpmeter rör som behövs i Nya Särö beaktas, är miljöpåverkan i 4e generationens lösning lägre. Den tekniska livslängden för 4GDH-3P-rör är inte bevisad ännu. Huruvida den är lång, vilket hävdas av tillverkaren (100 år) eller kortare, vilket hävdas av branschen (40 år) har stor påverkan på miljövinsten hos 4GDHWA-3P.

4e generationens lösning lämpar sig väl för att kombinera med solvärme och reducerar kostnadsgradienten markant. Med solvärme blir det relevant att utnyttja låga elpriser. Från våra simuleringar finner vi dock att det med dagens policyer (effektavgifter, skatter etc.) inte är möjligt utnyttja billig elektricitet som tillägg till bränslemixen. Detta indikerar att dagens regelverk skapar ett ineffektivt användande av billig el under perioder med lågt effektbehov (såsom kvällar och nätter).

Projektgruppen drar slutsatsen att det finns stor potential i 4e generationens lösning. Ett steg mot en ökad implementering av den är att svara på de frågor som uppstår hos olika aktörer. Tekniken är ny för fjärrvärmeföretagen, kunderna och de aktörer som skall installera den.

Resultaten i denna rapport ger några svar, samtidigt som det genereras fler frågor. 4e generationens lösning (4GDHWA-3P) behöver implementeras i verkliga demonstrationer. Demonstrationsprojekt i olika typer av fastigheter (enfamiljshus, flerfamiljshus, kommersiella fastigheter) behövs. Utformningen av affärsmodeller för demonstrationsprojekten bör utvecklas och inkludera jämförelser med dagens affärsmodell (3e generationens logik). Fjärrvärmebranschen behöver moderniseras om den ska fortsätta att vara en stöttepelare i framtida städer. För att fortsätta med den utvecklingen behöver den 4e generationens lösning utforskas ytterligare.

6 Referenser

- Averfalk, H., & Werner, S. (2018a). *Efficient heat distribution in solar district heating systems*. Paper presented at the 5th International Solar District Heating Conference, Graz, April 11-12, 2018.
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hh:diva-36730>
- Averfalk, H., & Werner, S. (2018b). Novel low temperature heat distribution technology. *Energy*, 145, 526-539.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.12.157>
- Best, I et al, (2018), Impact of different design guidelines on the total distribution costs of 4th generation district heating networks, The 16th International Symposium on District Heating and Cooling
- Bøhm, B., Schrøder, F., & Bergsøe, N. (2009). Varmt Brugsvand: Måling af forbrug og varmetab fra cirkulationsledninger [Domestic hot water: Measurement of consumption and heat loss from circulation pipes]: SBi.
- Boverkets Byggregler . (2011). *Boverket's building regulations – mandatory provisions and general recommendations, BBR*. Retrieved from BFS:2011:6 Konsoliderad version:
- CEN. (2012). Recommendations for prevention of Legionella growth in installations inside buildings conveying water for human consumption. CEN/TR 16355:2012.
- 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, .
- DVGW. (2004). *Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installation*. Retrieved from Bonn:
- Lygnerud, K. (2017). *DHC Annex TS2 - Implementation of Low Temperature District Heating Systems (Annex Text)*. Retrieved from Halmstad University:
- OECD/IEA. (2016). *Nordic Energy Technology Perspectives 2016*. Retrieved from Paris:
- Paulsson, A., & Svensson, M. (2016). Utvärdering av termisk VVC.
- Sköldberg, H., Unger, T., & Holmström, D. (2015). *El och fjärrvärme – samverkan mellan marknaderna*. Retrieved from Fjärrsyn. Report number 2015:223. Stockholm:
- Söder, L, (2017)"An investigation on the impacts of distributed generation curtailment regulations on distribution network investment," *Electric Power Systems Research*, vol. 145, s. 175-184, 2017.
- Åslund, M. (2016). Bättre tjuvjakt med fler mätvären. *Energi&Miljö*, pp. 38-39.

7 Appendix

Appendix 1. Antaganden för beräkningar

Antaganden		
Pelletspanna 100kW		
Investering	825 000	SEK
Kapitalkostnad per år (annuitet), 25 år, 6 % ränta	0,078	
Bränsle (pellets)	275	SEK/MWh
Verkningsgrad	90	%
Drift och underhåll (fast)	136	SEK/kW,år
Drift och underhåll (rörlig)	68	SEK/MWh
Elpanna 310KW		
Investering		
Panna	175000	SEK
Anslutningar	500000	SEK
Kapitalkostnad per år (annuitet), 25 år, 6 % ränta	0,078	
Drift och underhåll	0,5	% av investering
Elnät		
Fast kostnad	2850	SEK/år

Rörlig effekt	43	SEK/kWmånad
Rörlig energi	5,27	SEK/MWh
Elskatt	349	SEK/MWh

ANALYS AV 4E GENERATIONENS FJÄRRVÄRMETEKNIK JÄMFÖRT MED 3E GENERATIONENS

Energieffektivisering, konkurrens från värmepumpar och nya krav från kunder gör att det är nödvändigt att modernisera fjärrvärmeverksamheten. En del av detta handlar om att kunna dra nytta av fördelarna med det som kallas fjärde generationens fjärrvärmeteknik – en innovation som tillåter en lägre fram- och returtemperatur i fjärrvärmenätet.

Den nya tekniken ökar förutsättningarna för att ta hand om värmekällor som idag inte utnyttjas helt, exempelvis värme från kylprocesser, avloppsvatten och från kollektivtrafik. Men den nuvarande tekniken är beprövad och bygger på att det finns ekonomiska incitament att förbränna biobränsle och avfall. Steget är därför stort att pröva en ny teknik där andra värmekällor och en ny gränsdragning mot kunderna blir nödvändig.

Här har forskarna identifierat de frågeställningar som uppkommer i ett fjärrvärmeföretag inför implementeringen av 4e generationens fjärrvärmeteknik. Fokus har varit att jämföra ett 3GDH-tvårörssystem och ett 4GDH-trerörssystem i sekundärnätet i ett nybyggnationsområde.

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