

PM INOM VÄRMEMARKNAD SVERIGE, FEBRUARI 2023

Möjligheter och utmaningar med lågtemperatursystem

–med fokus på energisystemet i Tomtebo strand, Umeå

VANJA MÅNBORG OCH KJERSTIN LUDVIG, PROFU



Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
Inledning.....	4
Syfte och mål	5
Tillvägagångssätt och avgränsningar.....	5
Vad menas med lågtemperatursystem?	7
Möjligheter och utmaningar med lågtemperatursystem.....	11
Fjärrvärmeproduktion	11
Fjärrvärmedistribution	13
Fastigheterna.....	14
Klimataspekter	17
Affärslogik och affärsmodeller	18
Rekommendationer och tips för lågtemperatur i nybyggnation	21
Fallstudie Tomtebo strand – planering av lågtemperatursystem vid nybyggnation	22
Aktörernas hållbarhetsambitioner	24
Förväntade nyttor med ett lågtemperatursystem	25
Förväntade utmaningar.....	26
Hur påverkas projekterings- och byggfasen av ett lågtemperatursystem?	27
Hur påverkas drift- och förvaltningsfasen av ett lågtemperatursystem?	28
Drivkrafter för att välja ett lågtemperatursystem i Tomtebo strand?	28
Vad skulle kunna förändras i framtiden som påverkar hur man utvecklar stadsdelen?.....	30
Diskussion och slutsatser	31
Referenser	35
Bilaga 1 – Intervjufrågor	38

Sammanfattning

Lågtempererade värmesystem lyfts fram som en stor möjlighet i Europa, där användningen av fossilbaserad uppvärmning (naturgas, kol och olja) skyndsamt behöver ersättas av andra värmekällor för att minska växthusgasutsläpp samt Europas beroende av importerade bränslen från Ryssland. Syftet med detta projekt är att öka förståelsen kring möjligheter och utmaningar i en svensk kontext vid nyproduktion av en ny stadsdel med ett lågtemperatursystem med anslutning till befintligt fjärrvärmenät. Rapporten belyser följande frågor:

- Vilka möjligheter och utmaningar identifieras i forskningslitteraturen avseende ett lågtempererat system med fjärrvärme utifrån perspektiven produktion, distribution samt fastigheterna? Fokus på teknik, ekonomi och administration.
- Vilka möjligheter och utmaningar ser de aktörer som utvecklar stadsdelen Tomtebo strand i Umeå?

Arbetet har genomförts av Profu på uppdrag av Umeå Energi och det utgör också en fallstudie inom forskningsprojektet Värmemarknad Sverige. Arbetet består av en litteraturstudie och en intervjustudie med representanter för utvecklingsområdet Tomtebo strand. Litteraturgenomgången visar att begreppet "lågtemperatursystem" omfattar en stor bredd av temperaturnivåer och tekniska lösningar där själva distributionsnätet är den mest centrala komponenten. Alla nät med framledningstemperatur på 70°C eller lägre benämns som lågtemperaturnät och det finns ett stort spann av olika systemutformningar (till exempel två-, tre- eller fyra rörinstallationer) och systemdesign med och utan lägenhetscentraler.

Möjligheterna med lågtemperatursystem med fjärrvärme som nämns i litteraturen är ökad effektivitet i produktions- och distributionsanläggningar tack vare högre verkningsgrader och lägre förluster. Andra möjligheter är högre flexibilitet genom möjligheten att nyttja restvärmekällor, både för fjärrvärmebolag som kan erbjuda olika typer av värmeprodukter och för fastighetsägare som kan differentiera sina värmekällor och därmed minska sitt beroende av en enskild leverantör eller bränsletyp samt kunna agera som prosument, dvs ha möjlighet att införskaffa sig nya intäkter genom försäljning av restvärme.

Utmaningarna med lågtemperatursystem med fjärrvärme är dels kostnader, både i form av lönsamheten för att nyttja restvärmekällor och anpassa fastigheter för lägre temperaturer, dels administrativa och juridiska utmaningar i form av hantering av avtal, nya samarbeten osv. Vidare så kan det finnas tekniska utmaningar i form av högre flöden i distributionsnät och utmaningar i fastigheternas system bland annat varmvattenberedning och legionella, dimensionering av värmesystem osv. Hur stora dessa tekniska utmaningar är beror på vilka framledningstemperaturer som används i lågtemperatursystemet, ju lägre temperaturer desto större utmaningar.

Den största utmaningen i svensk kontext bedöms baserat på litteraturen ligga i de administrativa bitarna och särskilt kopplat till utformning av nya affärsmodeller som kan möjliggöra att värdet av lågtemperatursystem kan nyttjas fullt ut. Det finns en omfattande litteratur kopplat till nya affärsmodeller samtidigt som det framgår att de praktiska tillämpningarna av nya affärsmodeller varit begränsad.

Vad gäller lågtemperatursystemet som planeras att byggas i Tomtebo strand i Umeå kan ett antal slutsatser dras från intervjustudien:

- Aktörernas kännedom om möjligheter och utmaningar kring lågtemperatursystem motsvarar det vi kunnat se i litteraturen, dvs aktörerna är generellt väl införstådda med vad det innebär tekniskt och ekonomiskt att bygga ett lågtemperatursystem
- Aktörerna har mycket höga hållbarhetsambitioner ur ett brett hållbarhetsperspektiv där stort fokus läggs på framtida flexibilitet vad gäller uppvärmningskällor och möjlighet till gemensam styrning
- Hållbarheten tas upp av aktörerna som den starkaste drivkraften för valet av lågtemperatursystemet, där återigen framtida flexibilitet men även innovation pekas ut som viktiga parametrar
- Man ser också relativt få tekniska utmaningar, dels beroende på att designen av lågtemperatursystemet bygger på relativt "varma" temperaturer, 65/35 °C. Den största utmaningen är istället kring det administrativa, dels hur affären mellan aktörerna ska se ut, dels hur förvaltning och drift av ett gemensamt system bör ske.

Sammanfattningsvis är möjligheterna och utmaningarna med lågtemperatursystem i nybyggda områden med fjärrvärme beroende av de lokala förutsättningarna. Viktiga faktorer är hur den lokala fjärrvärmeproduktionen ser ut idag och i framtiden, hur tillgången till restvärmekällor är idag och kan tänkas bli i framtiden, hur samarbetsvilliga olika aktörer som utvecklar och kommer förvalta området är och hur väl man lyckas bygga upp ett förtroende och tillit för ett långsiktigt engagemang. Det sistnämnda kräver flexibilitet i vida mening, en flexibilitet avseende inställning till ny teknik och nya samarbetsformer och en flexibilitet i acceptansen för framtida förändringar.

Det kvarstår att utreda vidare dels vilka affärsupplägg och affärsmodeller som kan skapa värde för alla ingående parter och därmed accepteras, dels hur ett framtida värmesystem med inblandning av flera decentraliserade restvärmekällor fungerar i praktiken, inte minst avseende leveranssäkerhet och -kvalitet.

Inledning

Detta arbete syftar till att kartlägga utmaningar och möjligheter som kan uppstå när en ny stadsdel anläggs med ett lågtempererat uppvärmningssystem som ansluts till befintligt fjärrvärmesystem. Arbetet har genomförts av Profu på uppdrag av Umeå Energi och det utgör en fallstudie inom forskningsprojektet Värmemarknad Sverige.

Lågtempererade värmesystem lyfts fram som en stor möjlighet i Europa för omställningen av uppvärmningssektorn. Användningen av fossilbaserad uppvärmning (naturgas, kol och olja) behöver skyndsamt ersättas av andra värmekällor för att minska växthusgasutsläpp samt Europas beroende av importerade bränslen från Ryssland. Utbyggnaden av fjärrvärmesystem är relativt begränsad, men intresset för fjärrvärme är stort. I Sverige har fjärrvärmesystem däremot byggts ut under flera decennier. De svenska systemen är till stor del utvecklade för att hantera högttempererade flöden, då de utvecklats med utgångspunkt i att bland annat möjliggöra omhändertagande och nyttjande av högttempererad industriell restvärme eller energiåtervinning (förbränning) av avfall och restprodukter från skogsbruk/skogsindustri.

En övergång från dagens teknik till system med lägre temperaturer lyfts ofta fram som en attraktiv framtida utveckling även i Sverige, eftersom det bland annat ökar om möjligheten att tillvara olika typer av lågtempererade värmekällor och på så sätt bidra till minskat beroende av förbränning, ökad flexibilitet vad gäller värmekällor och därigenom ökad robusthet. På flera håll i Sverige strävar energibolag och deras kunder mot att sänka både framlednings- och returtemperaturen i befintliga fjärrvärmesystem, vilket bland annat undersökts i fallstudien Sänkta framledningstemperaturer i fjärrvärmenät [1]. Vid nyproduktion av ett större område eller stadsdel ges möjlighet att anpassa både infrastruktur och installationer för lägre temperaturer.

I detta arbete, som utgör en fallstudie inom delprojektet Lågtempererade värmesystem inom forskningsprojektet Värmemarknad Sverige¹, undersöks möjligheter och utmaningar kopplade till lågtemperatursystem i nybyggda områden. Fallstudien utgår från området Tomtebo strand i Umeå där diskussion och samverkan runt utvecklingen har pågått sedan 2017. Byggstart är planerad till år 2025. Området utvecklas av en gruppering av entreprenörer och byggherrar, kommunen och de tre kommunala infrastrukturbolag (Umeå Energi, Vatten och Avfallskompetens i Norr AB (VAKIN) samt Umeå Parkerings AB (UPAB)). Arbetsgruppen har enats om ett hållbarhetsprogram som översiktligt beskriver riktlinjerna i hållbarhetsarbetet som har en mycket hög profil. En projektgrupp för energifrågor bildades tidigt i planeringsprocessen. Projektgruppen har även tidigt bestämt att ett lågtemperatursystem ska byggas i området, att alla som bygger i området ska vara anslutna till det och att områdets lågtemperaturnät ska anslutas till Umeå Energis fjärrvärmenät för huvudsaklig värmeförsörjning. Temperaturen i det lokala distributionsnätet kommer att vara ca 65 grader.

¹ Läs mer om projektet här: www.varmemarknad.se

Syfte och mål

Syftet med detta projekt är att öka förståelsen kring möjligheter och utmaningar med ett lågtemperatursystem med anslutning till befintligt fjärrvärmenät vid nyproduktion. Rapporten belyser följande frågor:

- Vilka möjligheter och utmaningar identifieras i forskningslitteraturen avseende ett lågtempererat system med fjärrvärme utifrån perspektiven produktion, distribution samt fastigheterna? Fokus på teknik, ekonomi och administration.
- Vilka möjligheter och utmaningar ser de aktörer som utvecklar Tomtebo strand i Umeå?

Målet med fallstudien är att ge Umeå Energi ökad förståelse för generella utmaningar och möjligheter med lågtemperatursystem samt bidra med ökad förståelse för de olika perspektiv som finns i projektgruppen och därigenom stärka det fortsatta arbetet med utvecklingen av området. Målet är även att bidra med kompletterande aspekter på lågtemperatursystem i en svensk kontext till forskningsprojektet Värmemarknad Sverige. Övriga delar inom delprojektet är en generell introduktion till lågtempererat fjärrvärme [2] och en fallstudie om sänkta temperaturer i befintligt fjärrvärmesystem i Luleå [1].

Tillvägagångssätt och avgränsningar

Arbetet består av en litteraturstudie och en intervjustudie med representanter för utvecklingsområdet Tomtebo strand. *Litteraturstudien* baseras på akademisk- och branschforskning, där den senare främst är hämtad från Sverige. Ett knappt 40-tal artiklar har identifierats och sammanställts utifrån sökningar inom möjligheter och utmaningar med lågtempererade värmesystem allmänt och med fokus på system med fjärrvärme, restvärme i lågtemperatursystem och affärsrelaterade aspekter med koppling till restvärme och lågtemperatursystem. Därefter har litteratursammanställningen analyserats utifrån hur följande frågor:

- Hur belyses möjligheter och utmaningar ut ett fjärrvärmeproduktions- och distributionsperspektiv?
- Hur belyses möjligheter och utmaningar ur kundernas och fastighetsägarnas perspektiv?
- Hur belyses ekonomiska, administrativa och juridiska aspekter?
- Vilka möjligheter och utmaningar samt exempel på affärsmodeller kopplade till lågtemperatur och restvärme belyses?
- Vilka möjligheter och utmaningar lyfts som särskilt gäller för nyproduktion?

Resultaten från litteraturstudien redovisas i kapitlet *Möjligheter och utmaningar med lågtemperatursystem*.

Intervjuerna genomfördes med aktörer inom utvecklingsprojektet Tomtebo strand under oktober 2022. De semi-strukturerade, ca 45 min långa, intervjuerna genomfördes digitalt och anteckningar fördes, vilka har stämts av med respondenterna i efterhand. Totalt genomfördes nio intervjuer, varav åtta med fastighetsrepresentanter och en med det kommunala energibolaget. De flesta respondenterna är representanter för projektgruppen för energifrågor, vilken utgör en undergrupp inom projektgruppen för utvecklingen av området. Fyra av respondenterna har specifikt arbetat med att ta fram underlag för beslutet runt lågtemperatursystemet, men samtliga är väl införstådda med inriktningsbeslutet om att utveckla gemensam infrastruktur för ett lågtemperatursystem med

fjärrvärme. Två av respondenterna (kommunal tjänsteman och energibolagets representant) arbetar inte direkt med utvecklingen av området, men är insatta i utvecklingsprocessen. Resultaten av intervjuerna redovisas i kapitlet *Fallstudie Tomtebo strand – planering av lågtemperatursystem vid nybyggnation*. Intervjufrågorna finns i Bilaga 1 – Intervjufrågor.

Avgränsningar i litteraturstudien

Fokus har varit på system som är kopplade till ett befintligt fjärrvärmenät. Det finns flera exempel på litteratur som beskriver mindre lokala lågtemperatursystem, vanligtvis med värmepumpar, vilka inte har lyfts fram specifikt här. Studien har inte heller fokuserat på lågtemperatursystem med så kallade "kalla nät" som kan användas för att leverera både värme och kyla.

Det finns också åtgärder i befintliga fjärrvärmesystem som syftar till att sänka temperaturen på returledningen, dvs det vatten som kommer tillbaka till produktionsanläggningen. Detta ska inte förväxlas med lågtemperatursystem där både framlednings- och returtemperaturen är lägre.

Fokus har inte heller varit på att analysera kopplingen mellan lågtemperatur och klimataspekter som dock har gjorts inom ramen för utvecklingen av stadsdelen.

Avgränsningar i intervjustudien

Intervjuerna har inte lagt större vikt vid aspekter såsom ekonomi, affärsmodeller och affärslogik. Orsaken är att projektgruppen ännu inte har enats om affärsupplägg och att diskussioner runt affärsmodeller och ansvarsfördelning pågår inom projektgruppen.

Vad menas med lågtemperatursystem?

I detta inledande avsnitt ges en introduktion till vad lågtempererade värmesystem innebär, vilka temperaturintervall som avses vid lågtemperatur samt en kort tillbakablick på hur fjärrvärmesystem har utvecklats historiskt.

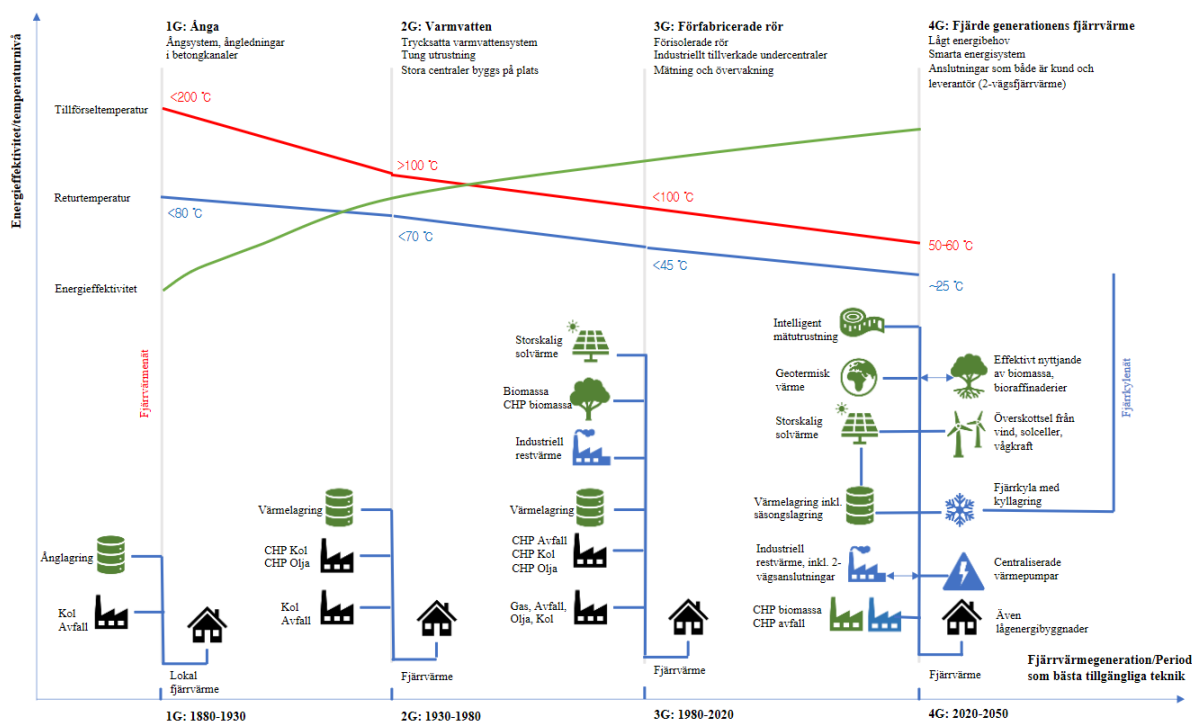
Det pågår mycket forskning och utveckling kopplat till framtidens uppvärmningslösningar och intresset för lågtemperatursystem är särskilt stort i Europa, både inom forskningen och i praktiken. Averfalk mfl [3] har identifierat över 160 exempel på lågtemperatursystem i världen, varav 35 i Sverige vilket innebär att lågtemperatursystem inte är en enstaka företeelse utan något man testat och utvecklat på många håll.

Det är svårt att peka på en enskild lösning som exemplifierar lågtemperatursystem. Ordet "system" kan omfatta produktion, distribution och/eller värmesystemen i fastigheterna medan "lågtemperatur" syftar på de temperaturer som distribueras i sådana system. Gemensamt för alla lågtemperatursystem är dock att distributionsnätet har lägre temperaturer jämfört med exempelvis befintlig fjärrvärmedistribution i Sverige. Lågtemperaturnät, dvs distributionsnät med låga temperaturer, påverkar då både vilka produktionskällor som kan användas för att leverera värme till nätet samt fastighetssystem vars installationer behöver vara anpassade för låga temperaturer.

Ett lågtemperatursystem kan bestå av ett lokalt distributionsnät där exempelvis värmepumpar, solvärme och geotermisk värme är anslutna som produktionsanläggningar samt där fastigheternas värmeväxlare, radiatorer o.s.v. är dimensionerade för lägre temperaturer. Ett annat exempel är ett område där distributionsnätet håller lägre temperaturer men ansluts till befintligt fjärrvärmesystem. Hur distributionsnätet är designat kan också variera, allt från "standard" två-rörsdesign (en tillloppsledning och en returledning) till mer avancerade tre- eller fyrrörslösningar där vatten med olika temperaturnivåer transporteras i olika rör. Fastigheternas uppvärmningssystem påverkas också vid införande av lågtempererad framledningstemperatur, exempelvis är det i Europa vanligt att respektive lägenhet ansluts till distributionsnätet istället för en central anslutning för hela fastigheten (vilket är vanligt för flerbostadshus i Sverige). Installationer som rör och radiatorer i fastigheten måste eventuellt dimensioneras annorlunda för att leverera samma effekt med lägre temperaturer. Alla dessa system är varianter på lågtemperatursystem.

När det kommer till vilka temperaturnivåer som distribueras i lågtemperaturnät görs en distinktion i litteraturen mellan "varma" och "kalla" nät. Varma nät distribuerar vatten som kan användas för uppvärmning och varmvatten direkt i fastigheterna medan temperaturen i kalla nät måste höjas innan det kan användas i fastigheterna. En grov tumregel är att varma nät har framledningstemperaturer motsvarande 50-70°C medan kalla nät kan ha framledningstemperaturer så låga som 0-10°C [4] [5]. Sådana kalla nät kan användas för både värme och kyla, oftast tillsammans med en värmepump.

Vad gäller lågtempererad fjärrvärme kallas sådana fjärrvärmesystem ibland för "fjärde generationens fjärrvärme". En illustration av hur fjärrvärmesystem har utvecklats framgår av Figur 1, där man i litteraturen identifierar fyra olika faser eller generationer.



Figur 1: Fjärrvärmens olika generationer, från ångsystem på slutet av 1800-talet till den så kallade fjärde generationen med låga temperaturer (50–70°C framledning). Källa: Lund mfl [6]

Fjärrvärmesystem har utvecklats under lång tid, där den "första generationen" fjärrvärmesystem transporterade ånga för processer och uppvärmning. Framledningstemperaturen var då långt över 100°C. Därefter kom "andra generationen" med nya produktionskällor tillsammans med kraftvärme och man började transportera varmt vatten istället. Temperaturerna var fortfarande över 100°C. De fjärrvärmesystem som vi är vana vid i Sverige idag tillhör den "tredje generationen" där man kan nyttja ännu fler produktionskällor som förbränning av biomassa och storskalig solvärme med temperaturer nära eller under 100°C.

Averfalk mfl [3] definierar lågtempererade fjärrvärmesystem som lösningar och koncept som nyttjar temperaturer motsvarande eller lägre än 70°C, räknat som ett årligt medelvärde av tillförseltemperaturen (se Figur 2). Författarna beskriver också vilka egenskaper lågtempererad fjärrvärme bör ha:

- Kunna leverera lågtempererat vatten för uppvärmning och varmvatten
- Distribuera värme med låga förluster
- Möjliggöra nyttjande av restvärme från källor med låga temperaturer
- Vara en integrerad del i smarta energisystem

I litteraturen lyfts genomgående hur lågtemperatursystem kan bidra till att fler restvärmekällor kan nyttjas för uppvärmning eller att befintliga restvärmekällor kan nyttjas ännu mer. Exempel på urbana verksamheter som kan ge upphov till restvärmeflöden är datacenter, tunnelbanestationer, livsmedelsbutiker och avloppsvatten. Persson mfl [7] har inom ramen för ReUseheat kartlagt olika så kallade urbana restvärmekällor för att kvantifiera mängden tillgänglig urban restvärme inom EU28. Författarna utgår från restvärme som finns tillgänglig och konstaterar att dessa har temperaturer som varierar mellan 5-40°C och att nyttjande av urbana restvärmeflöden kan motsvara ca 10% av värmebehovet i EU28. Länder såsom Italien, Frankrike, Spanien och Storbritannien bedöms ha störst volymer och därmed potential att utnyttja lågtempererade restvärmeflöde. Potentialen i Sverige bedöms i den studien motsvara ca 10 TWh. Utöver de urbana restvärmeflödena finns även andra flöden som kan vara av intresse där exempelvis Averfalk och Werner [8] pekar på erfarenheter av att återvinna solvärme till fjärrvärmenät i Danmark och att det finns många platser i Europa med tillgång till geotermiska källor med temperaturer mellan 60–100°C.



Our definition of 4GDH in this guidebook applies to all new technological features and concepts using low temperatures, which are considered best available from 2020 onward. As experienced in previous technology generations, a wide diversity of technology choices in 4GDH is expected. Hence, cold district heating systems are also included in our definition of 4GDH. The corresponding technology comprises all heat distribution technologies that will utilise supply temperatures below 70 °C as the annual average. 4GDH technology is a family of many different network configurations for heat distribution. Notably, cold and warm networks are siblings in this family of configurations.

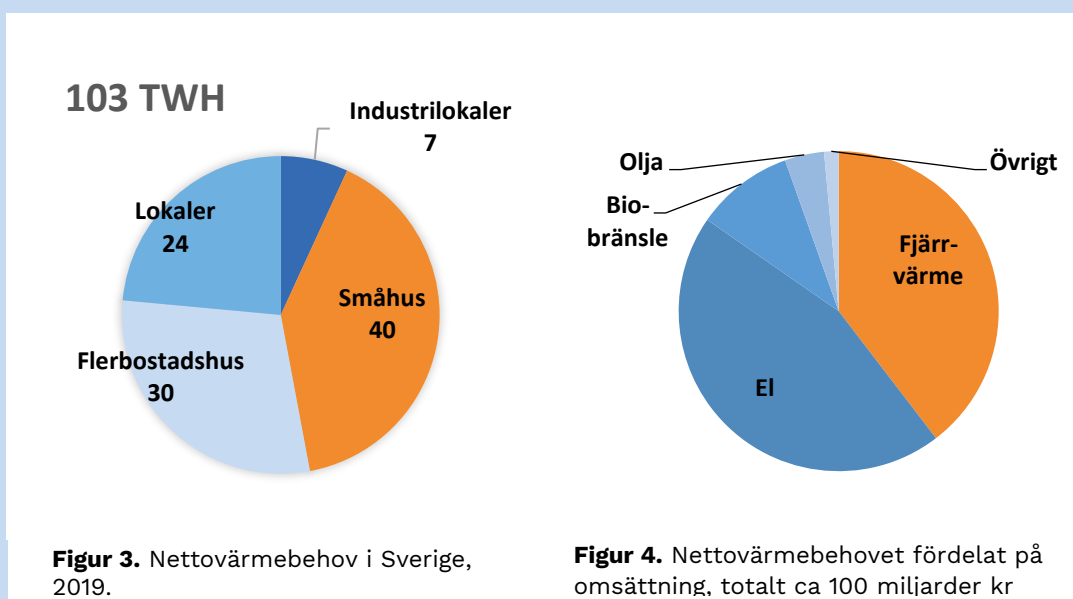
Figur 2: Definitionen av lågtempererad fjärrvärme enligt Averfalk mfl [3]

Sverige har lång erfarenhet av återvinning av restvärme. Cirka 9% av den tillförda värmen i fjärrvärmenäten i Sverige utgörs av återvinning av industriell restvärme och erfarenheter från exempelvis återvinning av värme ur spillvatten finns sedan länge [2]. Den spillvärme som återvinns i svenska fjärrvärmenät idag är dock till största del högtempererad. De senaste åren har flera nya samarbeten och initiativ startats för att möjliggöra ökat omhändertagande av både hög- och lågtempererad restvärme. I Stockholm har till exempel initiativet Öppen Fjärrvärme [9] lett till ett tiotal nya spillvärmesamarbeten och initiativet SamEnergi [10] i Uppsala- och Stockholmsområdet möjliggör omhändertagande av spillvärme från till exempel livsmedelsindustri, datacenter och kyllager.



Nettovärmebehov i Sverige

Värmebehovet i Sverige är drygt 100 TWh (2019) enligt analyser gjorda inom Värmemarknad Sverige. Nettovärmebehovet är byggnadernas behov av energi för värme och varmvatten, exklusive omvandlingsförluster i pannor eller värmefaktorer för värmepumpar. Småhusen står för det största nettovärmebehovet, ca 40%, och det absolut största antalet köpare, ca 2 miljoner av 2,3 miljoner köpare av nettovärme. De industrilokaler som ingår i figuren är sådana som liknar vanliga kontorslokaler vad gäller inomhusklimat och åtgärdsåtgärder.



Fritidshus har inte inkluderats i figur 3 ovan.

I figur 4 visas hur nettovärmebehovet fördelas utifrån omsättning. Fjärrvärme och elbaserad värme (direktverkande el och olika typer av värmepumpar) står för ungefär lika stor andel var.

Restvärme från industrin står för ca 8-9 % eller 5 TWh av den tillförda energin till fjärrvärmerna [11] och Sverige är världsledande med avseende på restvärmeåtervinning från varma industriprocesser [2]. Den industriella restvärmen är framför allt högt tempererad, men det förekommer även att lågt tempererad restvärme omhändertas med hjälp av värmepumpar. Hur uppvärmningsbehovet utvecklas beror på en rad olika faktorer, såsom befolkningsutvecklingen, ytstandard för bostäder och kontor, effektiviseringstakt i befintligt bestånd, energiprestanda i tillkommande nybyggnation, klimatförändringar med mera.

Källa: Värmemarknad Sverige

Möjligheter och utmaningar med lågtemperatursystem

Det finns omfattande litteratur kring lågtemperatursystem där olika möjligheter och utmaningar lyfts. Många olika aspekter beaktas, ofta med fokus på tekniska och ekonomiska förutsättningar, potentiell klimatnytta och resurseffektivitet samt möjliga affärsmodeller. Eftersom litteraturunderlaget är brett är det viktigt att vara medveten under vilka förutsättningarna aspekterna beaktas.

Det är mer vanligt att den internationella litteraturen fokuserar på klimatnyttor av att urbana restvärmekällor ersätter uppvärmning via fossila bränslen som gas, kol eller olja. I en svensk kontext, där andelen fossila bränslen i uppvärmningen är låg, är den potentiella klimatnyttan lägre och andra möjligheter lyfts fram.

För att sortera bland olika aspekter som lyfts fram i litteraturen har följande kategorier använts:

1. Fjärrvärmeproduktion
2. Fjärrvärmedistribution
3. Fastigheterna
4. Energisystemet och klimatpåverkan
5. Affärslogik och affärsmodeller

Fjärrvärmeproduktion

Möjligheter

När det kommer till fjärrvärmeproduktion nämns i litteraturen framför allt **ökad effektivitet** i produktionsanläggningar och **möjlighet att diversifiera produktionen** genom att nyttja restvärmekällor som två stora möjligheter med lågtemperatursystem jämfört med tredje generationens fjärrvärme.

Ökad effektivitet i produktionsanläggningar kan uppstå genom högre grad av återvinning från rökgaskondensering [8] [12] och genom mer elproduktion från kraftvärmeverk på grund av lägre tryck i turbinkondensorer [13] [14] [12]. I litteraturen gör man även bedömningar av hur kostnaderna kan påverkas genom ökad effektivitet. Averfalk och Werner [8] använder nyckeltalet €/TJ°C (omvandlat till kr/MWh°C här med antagandet 10 kr/€) för att bedöma potentialen för kostnadsreduktion per grad sänkt framledningstemperatur (årsmedel) i fjärrvärmesystem, där kr står för årlig kostnadsnytta för värmeproduktionen, MWh för årlig värmeproduktion och °C för genomsnittlig temperaturreduktion. De finner genom simuleringar att genomsnittlig kostnadsreduktion är ca 1,1 kr/MWh°C för fjärrvärmesystem med förbränning av avfall och biomassa och ca 3,6 kr/MWh°C i fjärrvärmesystem som består av geotermisk värme, solvärme, värmepumpar eller industriell restvärme.

Nordström och Smeds [13] tar upp i sin rapport att den ekonomiska nyttan av sänkt temperatur i fjärrvärmenät har uppskattats till 1,5 kr/MWh°C. Lund mfl [15] visar genom simuleringar för Danmarks samlade fjärrvärmesystem att en kostnadsreduktion motsvarande 3 - 3,5 kr/MWh°C kan

uppnås i fjärrvärmenäten. I en omfattande undersökning av Averfalk mfl [3] listas kostnadsreduktionen givet en rad olika förutsättningar med ett spann på 0,7 – 7,5 kr/MWh°C.

Möjligheten att ta vara på restvärmekällor nämns i stort sett genomgående i den sammanställda litteraturen (se t.ex. [4] [5] [8] [14] [12] [16] [17]). Genom ett lågtemperatursystem kan man ta vara på mer värme från bland annat geotermisk värme, solvärme och restvärme från urbana källor (datacenter, avloppsvatten, tunnelbanor osv). Gemensamt för dessa restvärmekällor är att temperaturerna som kan utvinnas är typiskt låga, ofta under 70°C. Följande fördelar med att ta vara på restvärmekällor lyfts fram för fjärrvärmeföretag:

- De kan erbjuda en differentierad produktportfölj, exempelvis genom prisdifferentiering eller klimatvärdering [2]
- Det kan leda till ökat samarbete och interaktion med kunder och att starkare relationer etableras [12] [18] [19]
- Fjärrvärmebolaget kan öka sin miljöprofil [20]

Utmaningar

I litteraturen identifieras en rad olika utmaningar kopplade till lågtemperatursystem. Utmaningarnas omfattning och relevans är starkt beroende av rådande förutsättningar, inte minst hur lågtemperatursystemet är utformat och vilka temperaturnivåer som råder. De vanligaste utmaningarna som nämns för fjärrvärmeproduktionen kopplat till lågtemperatursystem är:

- Oklar/låg lönsamhet av sänkta temperaturer i befintligt fjärrvärmenät
- Risk för varierande temperaturer och energimängder hos restvärmekällorna samt eventuellt även bortfall av specifika restvärmekällor
- Osäkerheter kring juridiska och administrativa aspekter

En av möjligheterna med lågtemperatur i befintliga fjärrvärmenät är minskade kostnader i produktionen men det finns även exempel på det motsatta, dvs att **lönsamheten** inte nödvändigtvis är positiv. Nordström och Smeds [13] simulerar konsekvenserna av att Borlänges fjärrvärmenät omvandlas till ett lågtemperaturnät och kommer fram till en ekonomisk förlust på ca 1,3 Mkr/år för Borlänge Energi, beroende främst på minskade intäkter från avfallsmottagning. Lygnerud mfl [19] nämner att återbetalningstiderna för investeringar i restvärme kan vara relativt långa.

På samma sätt som för större industriella restvärmekällor finns det utmaningar kopplade till mindre restvärmekällor, utmaningar som har att göra med **kvaliteten på restvärmen samt risken för bortfall**. Lygnerud mfl [19] nämner att risken för bortfall av industri eller installationer som förser nätet med restvärme utgör en barriär för investering i restvärmeåtervinning och därmed indirekt i lågtemperatursystem. Klugman mfl [20] nämner att man inom ramen för SoWhat-projektet undersökt 107 industriella restvärmesamarbeten i Sverige och kunde konstatera att det faktiska bortfallet av större industriella restvärmekällor motsvarar ca 6% av årliga värmeleveranser men att siffran troligtvis är större för mindre restvärmekällor.

När det kommer till **administrativa och juridiska** aspekter nämner man i litteraturen flera olika utmaningar:

- det saknas juridiska ramverk för restvärmeåtervinning från urbana källor, exempelvis standardiserade kontrakt, vilket ökar osäkerheten och driver upp kostnader [19]

- styrmedel kan missgynna lågtemperatur och decentraliserade lösningar som exempelvis EUs satsning på förnybara bränslen som skapar större incitament att fokusera på central produktion [18] [19]
- det kan uppstå organisatorisk suboptimering inom fjärrvärmeföretag, exempelvis mellan serviceavdelning vars belastning kan öka för att åtgärda fel i kundernas centraler för att möjliggöra lägre temperaturer och produktionsavdelning som är den som faktiskt ser nyttan med åtgärderna [12]
- det kan finnas delade incitament mellan nätägare och restvärmeleverantör [12]
- frågor som försäkring och ansvar kan vara större för fjärrvärmebolaget i fallet med ett lågtemperatursystem med lägenhetscentraler där ett hinder kan vara exempelvis möjligheten att kontrollera ledningar inuti byggnaden [21]

Fjärrvärmedistribution

Möjligheter

När det kommer till fjärrvärmedistribution är det framför allt **lägre förluster** som lyfts som en möjlighet för lågtemperatursystem jämfört med befintlig fjärrvärme. I flera källor uppskattar man att förlusterna kan sänkas mellan 3-5% jämfört med tredje generationens nät [5] [8] [14]. Nordström och Smeds [13] hänvisar till nyckeltalet 0,4 W/m²C som ett gränsvärde för vad värmeöverföringskoefficienten i ett lågtempererat distributionsnät bör vara. Lägre förluster innebär bland annat att kapaciteten på värmeleveranserna kan öka utan att fjärrvärmeföretaget behöver investera i ny produktionskapacitet [8] [18]. Norrström mfl [5] och Lygnerud mfl [19] påpekar att om minskade förluster leder till minskad användning av bränslen som används för marginalproduktion är det framförallt detta som bidrar till en kostnadsminskning för drift av fjärrvärmesystemet.

En annan ekonomisk möjlighet som nämns i litteraturen är att lägre temperaturer möjliggör för användning av plaströr istället för stålrör. Averfalk mfl [3] uppskattar att plaströr har 10-20% lägre investeringskostnader jämfört med stål, dels genom lägre produktionskostnad, dels genom att ledningsdragningen kan förenklas.

Lågtemperaturnät som nyttjar restvärme kan byggas ut modulärt som mikronät och succesivt kopplas ihop över tid vilket minskar behovet av stora investeringar i ledningsdragning för att koppla ihop områden som ligger långt utanför fjärrvärmenät [4] [18] [19] [16].

En annan möjlighet i befintliga fjärrvärmenät är att lägre temperaturbehov i exempelvis nya områden kan minska elanvändningen för pumpar om returledningen från det befintliga fjärrvärmesystemet används som framledningstemperatur till det nya området [12]. Boss mfl [12] menar att lägre temperaturer kan bidra till att minska slitage i fjärrvärmeledningar.

Utmaningar

För befintliga fjärrvärmenät finns risker kopplat till att införa högre flöden. Om inte värmebehovet minskas samtidigt som man minskar systemtemperaturerna leder en lägre temperaturskillnad mellan framledning och retur till ett ökat flöde vilket kan skapa eller förvärra flaskhalsar i distributionen [12] [13]. En aktör inom bostadsområdet Ranagård i Halmstad som intervjuats menar att rören i tredje generationens fjärrvärmesystem är "för klena" för att sänka temperaturerna lägre än 80-90°C [5].

Flödesutmaningen är förstas beroende av temperatursänkningen och resulterande temperaturdifferens. Uppskattningar som har gjorts visar att elbehovet för pumpning kan vara närmare 3% av värmeleveranserna i ett kallt lågtemperaturnät, vilket ska jämföras med 0,5% i tredje generationens fjärrvärme [4]. Detta indikerar att elbehovet för varma lågtemperaturnät finns någonstans mitt emellan de två värdena.

Averfalk mfl [22] visar genom simulering att skillnaden i förluster är liten mellan ett lågtemperatursystem med lägenhetscentraler och ett system med tredje generationens fjärrvärme med fastighetscentraler. De minskade förlusterna från distribution i mark kompenseras av att förlusterna inuti byggnaden ”flyttas” till distributionsnätet. Lägenhetscentraler är dock inte vanligt förekommande i Sverige.

Fastigheterna

Möjligheter

Möjligheterna med lågtemperatursystem för fastighetsägare, byggare och förvaltare är något färre än vad som lyfts fram för fjärrvärmeproduktion och -distribution. Möjligheterna är dessutom svåra att bedöma det ekonomiska värdet för. Några exempel som tas upp i litteraturen är:

- ökad flexibilitet och resiliens mot omvärldsförändringar genom att man kan nyttja lokala restvärmekällor
- möjlighet till nya inkomstkällor genom försäljning av lågtempererad överskottsvärme
- högre verkningsgrad för värmepumpar och solvärmeinstallationer som levererar värme till lågtemperatursystemet

Ett lågtemperatursystem möjliggör större **flexibilitet** att ta vara på restvärmekällor, vilket lyfts fram tidigare. En rad möjliga värmekällor nämns i litteraturen: geotermisk värme, solvärme samt urbana källor som datacenter, avloppsflöden, tunnelbanor osv [8] [12] [13]. Genom att basera sin uppvärmning på flera olika värmekällor blir fastighetsägaren mindre beroende och mindre påverkad av förändringar av energipriser för en enskild värmekälla. Lågtemperatursystem möjliggör för vissa fastighetsägare att skaffa sig **nya inkomstkällor** genom att agera som så kallad **prosument**. Det är framför allt fastighetsägare som har tillgång till restvärme genom exempelvis datacenter, spillvatten osv som då kan levererar överskottsvärme till lågtemperaturnätet. En positiva bieffekt för fastighetsägaren kan vara att slippa kyla bort överskottsvärmen med egna kylsystem [4] [5] [20]. I litteraturen hittas få konkreta beskrivningar av de ekonomiska möjligheterna med inkomster från mindre restvärmekällor, men det finns exempel på pågående samarbeten i Sverige.



Prosument

Prosument (engelska: prosumer) är ett begrepp som är sammanslaget av orden producent och konsument. Begreppet myntades av Alvin Toffler i sin bok *The Third Wave* och har i energisammanhang kommit att beskriva en aktör som både är producent och konsument av energi. Exempelvis är en fastighetsägare en prosument om den levererar eller säljer sin överskottsvärme under vissa perioder och köper värme under andra perioder.

Solvärmeinstallationer och värmepumpar som arbetar mot lågtemperatursystemet får **bättre effektivitet** på grund av lägre förluster. Värmepumpar som levererar värme till lägre temperaturer har bättre prestanda jämfört med att leverera mot högre temperaturer, eftersom kompressorn i värmepumpen kan arbeta mot lägre tryck. Behzadi mfl [17] uppskattar att prestandaförbättringen för värmepumpar är 1-2% per grad sänkning av framledningstemperatur. De nämner också att lägre temperaturskillnad över radiatorer kan förbättra inomhuskomforten genom att minska drag pga lägre lufthastighet.

Utmaningar

Några exempel på utmaningar för fastigheterna som identifieras är:

- potentiellt högre kostnader, både investeringskostnader och kostnader för drift
- tekniska utmaningar och hinder, exempelvis möjligheten att uppfylla legionellkrav
- brist på erfarenheter och rutiner kring administrativa och juridiska frågor

Beroende på förutsättningar och utformningen av lågtemperatursystemet kan **kostnaderna** vara högre jämfört med ett system med tredje generationens fjärrvärme. På samma sätt som för fjärrvärmeproduktion och -distribution är de ekonomiska möjligheterna och utmaningarna beroende av hur lågtemperatursystemet designas. Exempelvis visar Averfalk mfl [22] genom simulering att investeringskostnaden för ett lågtemperatursystem med lägenhetscentraler kan vara ca 25% högre jämfört mot fastighetscentraler. Norrström [5] och Lygnerud [18] menar också att större rörschack, särskilt i fallet med lägenhetscentraler, kan innebära minskad boendeyta, vilket kan påverka hyresintäkterna. Lygnerud mfl [12] tar upp att låg lönsamhet för renovering och anpassningsåtgärder kan utgöra ett hinder för fastighetsägare att anpassa fastigheterna till lågtemperatur.

Lund mfl [15] undersökte möjliga kostnader och besparingar av att konvertera ett befintligt (tredje generationens) fjärrvärmesystem till ett lågtemperatursystem (fjärde generationen) baserat på simuleringar av framtida scenarier för danska fjärrvärmenät. Bland annat uppskattar författarna kostnader för anpassning av befintliga byggnader till lågtempererad fjärrvärme som innefattar åtgärder som uppgradering av styrsystem, utbyte av kritiska radiatorer och termostatventiler och hantering av legionella. De uppskattar att de totala kostnaderna (beräknade som årliga avbetalningar) för åtgärder i byggnader kommer motsvara 50 – 100 miljoner euro per år för ett värmebehov motsvarande närmare 40 TWh per år. Detta motsvarar en åtgärds kostnad på ca 12,5 - 25 kr/MWh under åtgärdernas antagna livslängd. Det finns även exempel på simuleringar som visar att vissa anpassningar av fastighetens system kan vara lönsamma om prismodellen för fjärrvärme är sådan att fastighetsägare kan minska kostnaden för flöde eller returtemperatur [23].

När det kommer till **tekniska utmaningar** är det framför allt dimensionering av systemen i fastigheter som lyfts som en utmaning i litteraturen.

- Låga temperaturer i lågtemperatursystemet skapar utmaningar i hur legionellkrav kan uppfyllas (minst 50°C vid tappställe enligt gällande byggregler) [12] [17] [21]
- installationer som radiatorer behöver eventuellt dimensioneras större vilket i sin tur påverkar andra aspekter såsom estetik, möbleringsmöjligheter osv [12] [17] [21]
- högre flöden i lågtemperatursystemet gör det mer känsligt för störningar [12] [17] [21]
- lägre temperaturer kan orsaka rundgång i fastighetens fjärrvärmecentraler [12] [17] [21]
- fastigheter eller installationer med höga temperaturbehov kan utgöra ett hinder [3]

- I Ranagård utanför Halmstad, där ett lågtemperaturnät med tre rör har byggts, upptäckte man att det var svårt att svetsa ihop rören när tre rör låg nära varandra. Det ledde till att man var tvungen att förlägga det tredje röret separat, med ökade förluster som konsekvens [5]

I fall med lägenhetscentraler identifieras ytterligare tekniska utmaningar:

- lägenhetscentraler byggda med två rör kan orsaka stora förluster samt varma hus sommartid eftersom flödet cirkulerade i byggnaden hela tiden [5]
- potentiell brist på reservdelar när komponenter är för experimentella, tex lägenhetsväxlare [5]
- det är svårare att reglera temperaturen på tappvarmvatten pga lägre tröghet i systemet [21]
- små dimensioner är mer känsliga för försmutsning [21]
-

Administrativa utmaningar kring lågtemperatursystem ur fastigheternas perspektiv är olika och varierande. I litteraturen nämns bland annat:

- Boverkets byggkrav på primärenergiprestanda gynnar inte nyttjande av returtemperatur från fjärrvärmenätet som framledning till ett lågtemperatursystem i dagsläget. Byggreglerna minskar därmed incitamenten att nyttja lösningen [13]
- det måste klargöras vem som äger gemensamma delar av systemet samt hur försäkringsfrågor och liknande ska hanteras [5]

I slutrapporten för Ranagård [5] identifierades ytterliga administrativa utmaningar kring lägenhetscentraler:

- det saknades acceptans för lägenhetscentraler, bland annat beroende på traditionen av att inkludera värme och varmvatten i hyran
- fastighetsägarens incitament att värmeeffektivisera försvinner, då lägenhetscentraler innebär att värmeavtalet flyttas till boende
- mätning av förbrukning kan bli förknippat med större krav på datasäkerhet (tex GDPR) [21]
- åtkomst för service behöver lösas

Klimataspekter

En annan aspekt av användning av lågtemperatursystem är vilka konsekvenser det har på energisystemet och klimatet. Här är det viktigt att påpeka att det finns skillnader mellan förutsättningarna i en svensk kontext jämfört med förutsättningarna i en europeisk kontext, vilket framgår av **Tabell 1**.

Tabell 1: Förutsättningarna för uppvärmning i Sverige respektive Europa. Källa: Lygnerud [2]

Kontext	Fjärrvärmens marknadsandel	Fossil andel av värmeförseln
Sverige	~ 50%	< 4%
Europa	~ 10%	~ 80%

Mycket av litteraturen beskriver hur lågtemperatursystem kan vara en möjliggörare för större nyttjande av restvärme som i sin tur har potential att öka användningen av fossilfria värmekällor [19] [12] [16] [17]. Denna nytta är större i Europa jämfört med Sverige. Exempelvis undersökte Nordström och Smeds [13] genom simulering hur de direkta utsläppen skulle påverkas om Borlänges befintliga fjärrvärmnät omvandlades till ett lågtemperaturnät. Omvandlingen skulle i så fall innebära att genomsnittlig tillförsel- samt returtemperatur sänks från ca 80/47 °C till 50/20 °C. Borlänges värmeleveranser 2019 var 380 GWh/år och fjärrvärmeproduktionen utgjordes av en avfallspanna, en kraftvärmepanna med avfall, en kraftvärmepanna med bibränsle, industriell restvärme samt oljepannor för spets- och reservkapacitet. Simuleringen visade att de direkta utsläppen (beräknade med genomsnittliga emissionsfaktorer) kunde minska med 8 600 ton CO₂-ekv per år eller 23 kgCO₂-ekv per MWh, på grund av bland annat ökad elproduktion från kraftvärmeverk, högre verkningsgrad för rökgaskondensering samt minskade värmeförluster.

Lågtemperatursystem har även potential att indirekt påverka el- och kylbehovet i städer på andra sätt. Klugman mfl [20] påpekar att högre nyttiggörande av restvärme kan innebära större möjlighet att använda absorptionskyla vilket kan minska elbehovet, särskilt då kylbehovet är stort. Lygnerud [18] påpekar att tillvaratagande av restvärme i stadskärnor, restvärme som annars hade släppts ut till luften, hjälper till att indirekt minska kylbehovet under varma perioder.

Vi har inte hittat källor som jämför klimatpåverkan från installation av lågtemperatursystem (tex. 3-rörsnät i plast) jämfört med högtemperaturnät (tex. 2-rörsnät i stål) vid nybyggnation. Då klimatavtryck från produktion inom byggsektorn är en aktuell fråga är detta något som behöver belysas ytterligare.

Affärslogik och affärsmodeller

Övergång från högt tempererade system till lågt tempererade system kan förutsätta ett skifte i affärslogik och tillhörande affärsmodeller. Exempelvis beskriver Ottosson mfl [24] att affärslogiken för fjärrvärme behöver förändras från att värdeskapandet utgår från devisen "tillverka och sälj" till att istället utgå från "uppfatta och reagera". Haraldsson mfl [25] beskriver hur begreppen affärslogik och affärsmodell hänger ihop:

En verksamhets affärslogik kan ses som en beskrivning av ett antal grundläggande förutsättningar eller omständigheter som utgör viktiga utgångspunkter för en verksamhets affär och de rambetingelser som i stort definierar förutsättningar för förändring. Där affärsmodellen fokuserar på en beskrivning av det enskilda företagets affär fokuserar affärslogiken på mer generella förutsättningar för affären som kan sägas vara gemensamma för samtliga företag i branschen. Affärslogiken fokuserar på de strukturella omständigheter som definierar förutsättningarna för affärsmodellens innehåll och är därför även en beskrivning av kritiska framgångsfaktorer som komponenterna i en affärsmodell över tid måste hantera på ett framgångsrikt sätt.

Lygnerud [18] tar upp fem barriärer för utveckling av nya affärsmodeller kopplat till lågt tempererade fjärrvärmesystem:

- Förståelse av hur olika delar av affären hänger ihop
- En existerande affärsmodell (som fungerar i dagsläget) men som utgör ett hinder för att utveckla nya affärsmodeller
- En affärslogik som bygger på förutsättningar som inte längre är aktuella
- Information filtreras genom befintlig affärsmodell och man får inte till sig all nödvändig information
- Osäkerheter om framtiden

Ottosson mfl [24] ger förslag på affärsmodeller som skulle kunna användas när både fjärrvärme och värmepumpar finns som värmekällor. Författarna beskriver då två olika spår, produkt- respektive tjänst. Produktspåret innebär exempelvis att energiföretaget genom ny hårdvara kopplar upp fastighetens värmepump och kan (över)styra denna för att optimera mot exempelvis lägsta kostnader för uppvärmning eller lägsta klimatgasutsläpp. Med andra ord levererar energiföretaget en optimeringsprodukt och ansvarar för produkten och dess prestanda. Det andra spåret, tjänsten, innebär att energiföretaget erbjuder en mer heltäckande lösning som att exempelvis hålla inomhustemperaturen på en viss nivå. Då tar energiföretaget över ansvaret av exempelvis kundens värmepump för att säkerställa att kraven för tjänsten kan uppfyllas.

Liknande uppdelning gör även författarna Yang mfl [26] som även beskriver för och nackdelar samt möjliga upplägg avseende ägarskap och ansvar för den produktorienterade respektive tjänsteorienterade affärsmodellen. Bland annat beskriver man hur en så kallad aggregator kan ansvara för delar av affärsmodellen. I fallet med den tjänsteorienterade affärsmodellen (ibland kallad "heat as a service"), blir förhållandet mellan aktörerna mer komplicerat och kräver noggranna beskrivningar kring hur långt var och ens ansvar sträcker sig för att leverantören ska kunna leverera tjänsten.

Klugman [20] beskriver ett antal olika varianter av så kallade EPC-modeller (Energy Performance Contracts):

- Energy Supply Contracting (ESC) – Leverantören installerar och driver systemet, tar betalt i form av värmeleveranser
- Energy Performance Contracting (EPC) – Leverantören installerar och driver systemet, tar betalt i form av andel av kostnadsbesparingar
- Integrated Energy Contracting (IEC) – en blandning av ovan modeller

I litteraturen finns även exempel på prismodeller. Selvakkumaran mfl [27] har analyserat litteraturen med avseende på nya prismodeller som har potential att öka incitament för flexibilitet i fjärrvärmesystem. De konstaterar att många forskningsartiklar fokuserar på nya prismodeller som kan kategoriseras i två grupper, en som utgår från marginalkostnaden per timma för att producera värme och en som utgår från den så kallade Levelized Cost Of Heat (LCOH) som speglar både marginalkostnaden och fasta kostnader. Dock har man analyserat ett antal lågtemperatursystem runtom i Europa och konstaterat att ingen tillämpar någon annan prismodell än en som baseras på ett energipris. Förklaringen tror man ligger i att slutkunderna inte värderar "grön värme" tillräckligt för att motivera differentierade priser.

Lygnerud [18] nämner två möjliga prismodeller för lågtempererad fjärrvärme. I den första prismodellen baseras värmepriset på klimatnytta (exempelvis att kunden får betala ett premium för värme från en restvärmekälla) och i den andra baseras värmepriset på avståndet till närmaste restvärmekälla för att motivera lägre förluster.

En annan källa för idéer kring nya affärs- och prismodeller kan finnas bland erfarenheterna från industriell restvärmeåtervinning som kan vara tillämpbara för småskaliga restvärmekällor. Vi beskriver i korthet några exempel på affärsmodeller nedan:

- Vinstdelning och gemensam redovisning, med eller utan blockkedjeteknik [20] [28]
- Olika former av certifikat eller obligationer som man dessutom kan handla med [29]
- Lokala marknadsplatser för värme [18], med eller utan automatiserad handel genom auktion [30]
- Riskdelning genom partnerskap [29], exempelvis bakade man i Ranagård [5] anslutningskostnaden i tomtpriiset samtidigt som det var frivilligt att ansluta sig till fjärrvärme vilket minskade kostnaderna för ledningsdragnin jämfört med att ansluta fjärrvärme efteråt

Lygnerud mfl [19] tar också upp olika exempel för hur energileverantörer kan prissätta lokal restvärme:

- en rörlig kostnad per mängd energi
- endast ersättning beroende på utetemperatur (om högre än 7 grader, ingen ersättning) ingen ersättning sommartid, rörlig kostnad per mängd energi vintertid

Av litteraturen framgår ett antal olika förutsättningar som man behöver beakta vid samarbete kring restvärme:

- Viktigaste faktorer för samarbete kring restvärme är tillit och transparens [20]
- Gemensamma värden, särskilt hållbarhetsvärden, är en drivande faktor för samarbete [31]
- En annan framgångsfaktor är skräddarsydda lösningar och frekvent kommunikation [18]
- Tydlighet kring tekniska förutsättningar såsom värmemängd, temperatur, variationer [19]
- Enkla och tydliga kontrakt som är tillräckligt långa för att hantera initiala investeringskostnader och risker [19]
- Kommunicera nyttan med lågtemperatursystemet genom hela organisationen, från byggare, förvaltare ända ut till boende [5]

Rekommendationer och tips för lågtemperatur i nybyggnation

Många aspekter som beskrivs i litteraturen beskriver oftast både lågtemperatursystem i nybyggnation och befintliga fjärrvärmesystem som omvandlas till lågtemperatur. Dock listar exempelvis Averbalk mfl [3] ett antal tips och framför allt tekniska rekommendationer för lågtemperatur i nybyggnation.

Vid installation av ett lågtempererat distributionsnät:

- Använd så små rördimensioner som möjligt för att minska förluster
- Bestäm tidigt ifall distributionssystemet ska vara ett tvårörssystem, trerörssystem eller annat. Uppskattningar visar att investeringskostnaden för trerör är ca 33% högre medan värmeförlusterna är ca 27% lägre jämfört med tvårör.
- För en kombination av värme, varmvatten och kyla är ett fyrrörssystem ekonomiskt optimalt
- Använd så kallade dubbelrör där det är möjligt, dvs där framlednings- och returröret är isolerade inuti samma hölje
- Lagom isolering räcker för varma lågtemperatursystem och i fallet med kalla nät kan man fundera ifall isolering behövs alls
- Se till att framtida anslutningar inte kräver högre temperaturer utan är anpassade för lågtemperatur

För att förbereda nybyggda fastigheter för lågtemperatur:

- Designa installationerna för låga temperaturer. Exempelvis radiatorer 50/30°C, värmeväxlare 55/25° och golvvärmsystem för maximala framledningstemperaturer runt 35-40°C.
- Se till att värmeväxlare, radiatorer och andra värmeenheter har långa termiska längder
- Se till att värmesystemen är välbalanserade
- Designa varmvatteninstallationer som eliminerar risk för legionella. Designa värmeväxlare noga efter faktiskt behov och se till att komponenter är av hög kvalitet, inte minst kontrollventiler
- Använd inte nattsänkning i styrprogrammet för värmesystem

Fallstudie Tomtebo strand – planering av lågtemperatursystem vid nybyggnation

Tomtebo strand är ett nytt stadsdelsområde i Umeå som planeras byggas på en yta mellan Nydalasjön och universitetsområdet. Området har en yta på ca 50 hektar och stadsdelen planeras innehålla ca 3.000 bostäder och 80.000 kvadratmeter verksamhetslokaler. Förväntat värme, kyl- och elbehov för fastigheterna på området är 13 GWh/år, 1,5 GWh/år respektive 16 GWh/år medan förväntat effektbehov för värme, kyla och el är 4,4 MWh, 2,8 MW respektive 3,3 MW. I dessa uppskattningar ingår inte förluster, återvunnen värme från spillvatten eller lokalt producerad el.

Stadsdelen utvecklas i ett samarbete mellan HSB, NCC, PEAB, Riksbyggen, Rikshem, Skanska, Slättö samt de kommunala bolagen Umeå Energi, Umeå Vatten- och Avfallskompetens i Norr AB (VAKIN), Umeå Parkerings AB (UPAB) samt Umeå Kommun.



Figur 5: Flygbild med illustration av Tomtebo strandområdet som ligger mellan Nydalasjön och E4. Källa: Umeå Kommun

Visionen för området är:

Tomtebo strand ska vara ett socialt, ekonomiskt och ekologiskt föredöme där de boende känner delaktighet, stolthet och vill stanna livet ut.

Stadsdelen ska växa fram i unikt samskapande och bli en internationell förebild för hållbar stadsutveckling och medveten livsstil.

Planeringen av området initierade redan 2016 av en grupp byggaktörer. Tidigt i processen medverkade byggaktörerna och kommunen tillsammans i CityLab Action, ett program för hållbar stadsutveckling, vilket resulterade i att man tog fram ett gemensamt hållbarhetsprogram för området. Där skriver man bland annat att det ska byggas "ett gemensamt energisystem, med möjlighet för delning och effektutjämning". Sedan dess har man genom olika utredningar och beslut, med stort fokus på framtida klimat- och resurskonsekvenser, stegvis smalat av potentiella energilösningar och slutligen landat i att området ska byggas med ett gemensamt lågtemperatursystem som ansluts till Umeå Energis befintliga fjärrvärmenät. Exempelvis har man genom en analys om klimatkonsekvenser av olika teknikval, vilka har analyserats ur ett framåtblickande konsekvensperspektiv. Klimatutredningen visade på att klimatnyttan i Umeå är relativt liten med det tänkta gemensamma lågtemperatursystemet jämfört med att ansluta respektive fastighet direkt till befintligt, högt tempererat fjärrvärmenät.

Lågtemperatursystemet i Tomtebo strand, som blir ett sekundärnät till det befintliga nätet, kommer vara ett så kallat varmt lågt tempererat distributionsnät, med systemtemperaturer motsvarande 65/35 °C. Samtliga fastigheter på området ska vara anslutna till det. Vidare kommer man på området att återvinna värme ur spillvatten som då kommer distribueras till fastigheterna genom distributionsnätet. I framtiden kommer möjligheten finnas att komplettera med andra restvärmekällor. Exakt hur distributionsnätet och installationerna kommer se ut är inte bestämt ännu men man kommer projektera för möjligheten att distributionsnätet kan byggas som ett trerörsnät.

För att fånga in synen på lågtemperatursystem har vi inom ramen för detta projekt intervjuat projektdeltagarna för Tomtebo strand. Intervjuerna har varit semistrukturerade och frågorna har handlat om drivkrafter, syn på möjligheter och utmaningar kring systemlösningen för lågtemperatur samt ifall de ser några viktiga förändringar framöver som skulle påverka synen på hur de bygger och utvecklar. Det kompletta frågeformuläret finns i Bilaga 1 – Intervjufrågor.

Dessutom har en representant för Umeå Energi intervjuats. Representanten arbetar inte aktivt med utvecklingen av Tomtebo strand men känner till projektet och är utvald för att representera Umeå Energis befintliga fjärrvärmeverksamhet.

Tabell 2: Faktaruta om de intervjuade aktörerna inom Tomtebo strand

Intervjuade aktörer	Generell beskrivning
Aktörerna	HSB
Representanter som intervjuats	NCC Peab Riksbyggen Rikshem Skanska Slättö Umeå kommuns fastighetsförvaltning Umeå Energi
Typ av fastigheter inom Tomtebo strand	Bostäder och lokaler. Vissa byggaktörer fokuserar enbart på bostäder medan andra enbart på lokaler och några på båda typerna.
Tidsperspektiv på förvaltning	Blandning av långsiktig förvaltning och rena byggentreprenader (1-10 år förvaltning, därefter försäljning)
Erfarenhet av nyproduktion	Samtliga aktörer har erfarenhet av nyproduktion

Processen på Tomtebo strand skiljer sig från hur stadsutvecklingsprojekt traditionellt brukar genomföras. Den största skillnaden är att byggaktörerna tillsammans initierat utvecklingen och därmed medverkat från början med att sätta riktlinjer för hela området och utforma samarbetsformer och teknislösningar. En viktig aspekt har varit att tillsammans utforska hur energilösningarna ska utformas. Vissa av aktörerna ser tydliga fördelar med att samarbeta nära varandra och utbyta erfarenheter och kunskap under utvecklingsfasen. En konsekvens är dock att utvecklingen tar längre tid och engagemanget hos respektive aktör behöver vara mer omfattande än normalt.

Aktörernas hållbarhetsambitioner

Samtliga aktörer har **mycket ambitiösa hållbarhetsmål** som omfattar bland annat mål om klimat (t.ex. "netto noll" utsläpp) och resurseffektivitet med materialval, cirkulärt tänkande, energieffektivisering osv. Vissa aktörer har interna incitamentsbaserade ledningssystem där poäng tilldelas för lösningar som bidrar till att uppfylla hållbarhetskrav.

På frågan om bolagens egna hållbarhetsambitioner även påverkar valet av värmesystemet inom Tomtebo strand menar de flesta att det **endast sker indirekt**. Flera menar att hållbarhetsambitioner påverkar mer utformningen av husen och byggprocessen men några aktörer har mer uttalade preferenser för vissa uppvärmningskällor. Flera aktörer påpekar också att man ser Tomtebo strand som en möjlighet att testa nya lösningar och att flexibiliteten och möjlighet att kombinera olika uppvärmningskällor kan bli en framtida nytta.

Förväntade nyttor med ett lågtemperatursystem

På frågan om vilka nyttor bygg- och fastighetsaktörerna ser med lågtemperatursystemet har svaren varierat. Majoriteten ser det gemensamma systemet som en **möjliggörare för hållbarhet** där man med begreppet avser många olika aspekter, inklusive innovation och framtida flexibilitet. En aktör menar att området i sig blir drivande för miljöfrågorna, eftersom man arbetar mot skarpare krav än normalt medan en annan menar att nyttan finnas på energisystemnivå.

Ett antal aktörer har dock svårt att peka på några särskilda nyttor med lågtemperatursystemet, delvis på grund av att man ännu inte konkretiserat lösningen fullt ut, inte minst affärsmässigt.

Vad gäller mer tekniskt konkreta nyttor lyfter de flesta möjligheten att **ta vara på restvärme**. En aktör jämför möjligheten att återvinna värme ur spillvatten som en energivinst motsvarande det man historisk uppnått genom återvinning av värme ur ventilation. Andra nämner att möjligheten finns att återvinna värme från kylmaskiner. En aktör uttryckte förhoppning om att man ska kunna handla med energi där ett överskott av restvärme skulle kunna vara en extra inkomstkälla.

Ett annat ledord som återkommer bland svaren är **flexibilitet**. Området som man bygger idag kommer finnas där i många år och flera aktörer menar att är viktigt att man bygger ett område som kan hantera framtida förändringar. Flera pratar då om möjligheten att komplettera med andra värmekällor, exempelvis geotermisk värme. På frågan om framtida värmekällor tror en aktör att lösningen med fjärrvärme ihop med koldioxidinfångning eventuellt kan bli mer klimateffektivt än andra alternativ.

En annan nytta som återfinns bland svaren är **ökad effektivitet**. Flera påpekar att det finns en energisystemnytta med minskade förluster på grund av lägre temperaturer. En aktör nämner att möjligheten för gemensam styrning är en viktig nytta för området, att optimera hela området istället för att varje fastighet optimeras separat. Flertal aktörer nämner också att eventuella framtida värmepumpar får bra prestanda om de arbetar mot låga temperaturer.

Svaren från representanten från energibolaget är relativt samstämmiga med byggaktörernas. Man ser energisystemnyttor med minskade förluster, eventuellt mindre behov av isolering av ledningar och bättre verkningsgrader för värmepumpar samt även effektivitetsnyttor i produktionen i form av bättre rökgaskondensering. Man ser också Tomtebo strand som ett bra tillfälle att lära sig om nyttor och utmaningar för eventuell framtida sänkning av temperaturen i det stora fjärrvärmenätet i Umeå.

Förväntade nyttor

- **möjliggörare för hållbarhet**
- **ta vara på restvärme**
- **flexibilitet**
- **ökad effektivitet**

Förväntade utmaningar

De flesta aktörer lyfte fram exempel på möjliga tekniska och ekonomiska utmaningar som man funderar över eller, till och med, upplever viss oro inför när de blev tillfrågade om vilka utmaningar ser. Överlag ser byggaktörerna dock **inte några stora utmaningar**.

Den största utmaningen, som nämns av en majoritet, är **ekonomin** kring lågtemperatursystem. Här är det viktigt att påpeka att svaren från aktörerna inte nödvändigtvis avser just Tomtebo strands lösning utan lågtemperatursystem generellt. Med lägre temperaturer finns risk att installationerna måste dimensioneras större, inte minst radiatorer i lägenheter men även värmeväxlare, rör osv. Exempelvis uttrycker flera aktörer att större radiatorer innebär högre investeringskostnader och att större dimensioner är svårare att estetiskt passa in i bostäderna.

En allmän oro som återfinns bland svaren är att man ser det **tekniska systemet som oprövat** och att det är oklart hur det kommer fungera. Flera aktörer lyfter också frågan kring **det administrativa** som en utmaning. Det finns ännu inte någon affärsmodell för energilösningen inom området och man funderar över hur förvaltningsfrågor och ansvarsfördelning kommer fungera över tid. Flera av byggaktörerna bygger bostadsrätter och några uttrycker en viss oro inför att BRF-styrelser kommer behöva hantera förvaltningen av det gemensamma distributionssystemet. En aspekt är att området utvecklas etappvis under en låg period framöver och den gemensamma inriktningen behöver upprätthållas över tid när nya aktörer kommer in.

En annan oro gäller frågan om **legionella och komfortkrav**. Kommer byggnaderna verkligen att klara av temperaturnivåer och inomhuskomfort med ett lågtemperatursystem? Vissa undrar ifall det räcker enbart med lågtemperatursystemet eller om man måste ha någon form av backup. Dessa funderingar avser inte nödvändigtvis specifikt Tomtebo strand utan gäller generellt.

En rad **andra tekniska** frågor kopplat till lägre temperaturer och eventuellt högre flöden listas av flera aktörer:

- Kommer låga temperaturer klara av avfrostningen av värmebatterier till ventilation, särskild vid snabba väderomslag?
- Kan det bli problem med ljud i rör om högre flöden än normalt krävs?
- Blir synliga rör i lägenheterna större och påverkar estetiken?
- Blir systemet mer känsligt? Känsligt för obalanser?
- Kan lägre temperaturer leda till mer syra i vattnet och därmed risk för utfällningar?
- Blir det svårare att reglera inomhustemperaturen, särskilt om man har både golvvärme och radiatorer?

Representanten från **energibolaget ser inga särskilda utmaningar** för anslutning av fjärrvärme till ett område med lågtemperatur, man måste bara säkerställa rätt dimensionering. Man är van vid att hantera så kallade sekundärnät.

Förväntade utmaningar

- **ekonomin**
- **tekniska systemet oprövat**
- **administration**
- **ökad effektivitet**
- **legionella och komfortkrav**
- **andra tekniska frågor**

Vem bör hantera utmaningarna?

Vi ställde frågan om vem som aktörerna tycker borde hantera utmaningarna. De flesta menar att det är **energibolaget som borde ha huvudansvaret** för drift, underhåll och nyttiggörande av restvärmekällor samt allmänna värmeleveranser inom det gemensamma systemet men att övriga aktörer ska kunna påverka hur det sköts. Man påpekar att energibolaget har erfarenheten och ett långsiktigt förvaltningsperspektiv som krävs för att drifta och underhålla såväl distributionsnätet som spillvattenåtervinningsanläggningen. Hur ansvaret ska fördelas för det gemensamma systemet är inte klarlagt, men en aktör uttryckte vid intervjun tanken om att en samfällighet för systemet kan bildas, där alla aktörerna i området äger andelar och Umeå Energi kan vara majoritetsägare (ca 51% ägare). På så sätt får de övriga aktörerna stor påverkansmöjlighet men energibolaget utgör den största parten. En annan aktör menar att hanteringen av utmaningarna måste ske genom ett gemensamt samarbete där energibolaget är koordinatör. Ytterligare en annan aktör poängterar att de som fastighetsägare helst vill att leverantörer med erfarenhet erbjuder färdigpaketerade och genomtänkta energilösningar vad gäller exempelvis restvärme snarare än att varje enskild fastighetsägare måste investera i egna, småskaliga lösningar. Någon öppnar också upp för att bilda ett gemensamt områdesspecifikt bolag för energifrågor i området.

Ett flertal aktörer menar också att det är viktigt med **tydliga gränsdragningar** vad gäller ansvar, att det finns "ett rent gränssnitt på leveranserna". En aktör menar exempelvis att utmaningar inuti fastigheten bör hanteras av fastighetsägarna själva med, exempelvis komfortproblem. En annan aktör påpekar att det är viktigt att lösa affärsmodellen för lågtemperatursystemet och eventuella intäkter från restvärmeåtervinningen. Ju större incitamenten är, desto mer är man öppen för att ta större risker och ta sig an större utmaningar.

Svaren från **energibolaget matchar återigen väl aktörernas**. Vem som äger olika delar kan lösas på olika sätt men energibolaget borde stå för drift och hantering av lågtemperaturnätet i området då man har erfarenhet och långsiktighet av anläggningsförvaltningen och kan säkerställa lång livslängd av sådana system. Det finns exempel inom staden där man börjar se kortare livslängd för sekundärnät som inte driftats av energibolaget.

Hur påverkas projekterings- och byggfasen av ett lågtemperatursystem?

Flera aktörer anser att lågtemperatursystemet **inte bör påverka** projekterings- och byggfasen för projektet. Eftersom systemet är tänkt att vara så pass "varmt" så kommer man inte att behöva anpassa installationer utöver normal byggstandard som gäller idag och därför ser man inte att teknikfrågorna är ett problem. En aktör menar också att de inte ser några problem med att koppla ihop styrsystemen inom området med deras befintliga styrmiljö.

Några aktörer påpekar dock att **avvikelser från standard** kan innebära att man måste hitta nya samarbeten med projektörer, leverantörer osv. Man behöver eventuellt justera sina ramavtal och ramhandlingar. En aktör tror att infrastrukturen, dvs ledningarna i marken, är mer känsliga i ett lågtemperatursystem vad gäller att leverera tillräckligt hög framledningstemperatur och att mer isolering kan krävas för att hålla nere förlusterna och därmed "temperaturtappet". En annan aktör tror att materialval i projektet blir viktigt att tänka på.

En aktör påpekar att det är **viktigt att systemet "trimmas in"** ordentligt eftersom marginalerna för fel är mindre med lägre temperaturer och högre flöden. En annan aktör påpekar att lägre temperaturer i värmesystemet eventuellt innebär längre uttorkning av byggnaderna och därmed längre byggtid.

En aktör menar att **de administrativa frågorna**, till exempel ägandet, ansvaret och affären, är det man mest funderar över. Hur systemet kommer fungera långsiktigt och hur bostadsrättsföreningar kan känna sig trygga med det. En annan aktör påpekar att det är viktigt med en gemensam styrstandard så man kan fullt ut nyttja delning och optimering av hela området.

Energibolagets representant menar att man är van vid att bygga distributionssystem men inte lågtemperatursystem. Det är därför **viktigt att samarbeta nära** med övriga aktörer för att utgå från rätt krav och förutsättningar. Vidare tror representanten att projekterings- och byggfasen kan ta lite mer tid än normalt.

Hur påverkas drift- och förvaltningsfasen av ett lågtemperatursystem?

De flesta aktörer påpekar att lågtemperatursystemet i Tomtebo strand kommer kräva en **professionell förvaltning** eftersom det måste finnas en långsiktig förståelse för hur systemet är tänkt att fungera. Driftpersonalen måste utbildas i hur systemet ska fungera. Några aktörer pekar särskilt ut spillvattenanläggningen som en mer komplex installation som troligtvis kräver mer tillsyn och underhåll.

Flera aktörer påpekar att det är **viktigt att förmedla till förvaltningen** hur systemet är tänkt att fungera. En aktör uttrycker att "ett av de stora dramorna i byggbranschen" är att man inte förstår hur systemen som byggs behöver förvaltas.

Umeå Energi menar att lågtemperatursystemet **inte ställer några särskilda krav** under driftsfasen men påpekar att spillvattenanläggningen blir en mer komplex installation. Om Umeå Energi väljs ut som förvaltare av systemet behöver de vara med från början och påverka kraven för anläggningen. Vidare påpekar representanten att eventuell kylproduktion från området till övriga fjärrkylanätet behöver samordnas med fjärrkylproduktionen.

Drivkrafter för att välja ett lågtemperatursystem i Tomtebo strand?

Aktörerna fick utveckla sina svar avseende drivkrafter baserat på olika aspekter: hållbarhet, innovation och ekonomi samt eventuella krav från ägare eller kunder.

När det kommer till **hållbarhet som drivkraft** så inledde vi frågan genom att påpeka att man genom en klimatanalys tidigare visat på att i driftsfasen klimatnyttan är relativt liten med det tänkta gemensamma lågtemperatursystemet jämfört med befintlig fjärrvärme till respektive fastighet. Flera aktörer menar att deras förväntningar på klimatnyttan var större än vad analysen visade men att de, trots detta, ser en nytta med systemet då de ser nyttan ur ett bredare hållbarhetsperspektiv än enbart klimat. Exempelvis lyfter flera att systemets flexibilitet, möjlighet att ta vara på framtida restvärmekällor samt möjlighet till områdesvis styrning och optimering är viktiga hållbarhetsnyttor.

En aktör menar att även om skillnaderna gällande klimatnyttan var små så pekar de ändå i rätt riktning, dvs lågtemperatursystemet visar på lägre totala klimatgasutsläpp än befintlig fjärrvärme. Detta tillsammans med att merkostnaderna för systemet bedöms vara relativt små, ser man ändå som motiverande för valet av lågtemperatur. En annan aktör menar att den största klimatpåverkan kommer från byggmaterial och produktionskedet och att det är snarare där klimatnyttorna ligger.

Innovation som drivkraft finns till viss del inbakad i hållbarhetssynen i aktörernas svar. Flera menar att det är viktigt för dem att testa något nytt, att vara med och driva utvecklingen framåt vilket delvis styrs av interna, breda hållbarhetsambitioner. En av dessa aktörer påpekar att de testat olika koncept i olika delar av landet och när något visar sig fungera bra vill man kunna nyttja konceptet i andra delar av landet. Några lyfter återvinning av värme ur spillvatten som ett intressant koncept att implementera medan andra belyser att möjligheten att lära sig av andra i den gemensamma processen är av stort värde.

Vad gäller **ekonomiska drivkrafter** är de flesta aktörer överens att denna aspekt inte är drivande för Tomtebo strand men att den finns med. Flera uttrycker att "ekonomin måste fungera". Flera nämner också att de hoppas på att driftkostnaderna för området blir lägre tack vare det gemensamma lågtemperatursystemet och att man eventuellt också kan hitta nya intäktsmöjligheter genom gemensam effektreglering, restvärme samt eventuellt också lokal kylproduktion från spillvattenvärmepumpens kalla sida. En aktör påpekar också att man genom det gemensamma systemet får större inflytande att påverka hur drift och underhåll sköts samt bidra till att systemet utvecklas i den riktning man vill.

Övriga **drivkrafter som krav från ägare och kunder** förekommer mer sällan i svaren även om flera aktörer påpekar att interna hållbarhetsambitioner och hållbarhetskrav är indirekt drivande för att testa lågtemperatursystemet i Tomtebo strand. En aktör påpekar att deras ägare vill ha lösningar som är långsiktiga och där flexibilitet är viktigt vilket styr deras val. En annan aktör menar att de måste vara med hållbarhetsprojekt som Tomtebo strand för att visa för deras kunder att de engagerar sig i hållbarhetsåtgärder och att om man inte är med på ett sådant projekt, hade man behövt göra något annat på egen hand.

Drivkrafterna enligt representanten från energibolaget är att man framöver vill **vara med i utvecklingen och hitta 'win-win lösningar'**, särskilt då det sannolikt kommer byggas fler områden i Umeå med liknande lösning som i Tomtebo strand. Man drivs också av att förlusterna blir lägre i systemet vilket är positivt i sig samt att produktionen av el i kraftvärmeanläggningarna kan gynnas.

Drivkrafter

- **hållbarhet**
- **innovation**
- **ekonomi**
- **krav från kunder och ägare**
- **vara med i utvecklingen och hitta "win-win"-lösningar**

Vad skulle kunna förändras i framtiden som påverkar hur man utvecklar stadsdelen?

På den breda frågan om vad som skulle kunna förändras i framtiden var svaren från aktörerna blandade. Dock påpekar flera att de inte ser några trender som mer sannolika än andra och att det är **just därför man vill bygga ett flexibelt system**, för att kunna anpassa sig till vad som än sker i framtiden.

Flera påpekar **olika aspekter kring lagkrav**, både kommande lagkrav kring bland annat material och lagkrav som begränsar eller motverkar incitament för delning eller nyttiggörande av gemensamma nyttor. En aktör menar att klimatkrav för byggmaterial, att använda återvunnet material, kommer bli mer aktuellt i framtiden. Andra tror att man kommer få se mer lagkrav som påverkar driftskedet såsom klimatkrav. En annan aktör påpekar att även en mindre skärpning av kraven kan innebära att de som aktör måste skärpa sig ännu mer för att skaffa sig konkurrensfördelar gentemot andra aktörer.

Vissa tror att man kommer se **fler restvärmekällor** i framtiden, kanske mer solvärme i kombination med solel. En aktör tror att vätgasproduktion från överskottsel kan bli större i framtiden och att restvärmerna från den processen kommer kunna nyttjas.

Vissa aktörer tror också att **lagring av både värme och el** kommer bli mer aktuellt i framtiden tillsammans med **gemensam styrning**. En aktör menar att fastigheter som kan hantera effekttoppar och hålla nere avvikelser i driftkostnader kommer efterfrågas mer. En annan aktör påpekar att personal som tekniker kommer bli en bristvara i framtiden och att det är viktigt att man arbetar med digitalisering så att driften kan automatiseras.

En aktör menar att **trenden för lån** till byggprojekt rör sig mot att måste visa på tydliga hållbarhetsaspekter och att bankernas krav på vanliga lån för byggprojekt kan i framtiden höjas till det som idag efterfrågas för så kallade "gröna lån".

Representanten från Umeå Energi påpekar att **förändringarna är snabba** inom energisystemet just nu, inte minst kopplat till elpriset. Framöver kanske man kommer se en situation där elpriset inte är så lågt som det varit historiskt utan konkurrensen mellan fjärrvärme och värmepumpar blir mer jämn.

Diskussion och slutsatser

Lågtempererade värmesystem lyfts ofta fram som en möjlighet att öka resurseffektiviteten i uppvärmningssystem, främst genom att fler olika restvärmeströmmar kan omhändertas. Syftet med detta projekt har varit att öka förståelsen kring möjligheter och utmaningar med ett lågtemperatursystem med anslutning till befintligt fjärrvärmenät. Arbetet bestod av två delar: en litteraturstudie och en fallstudie kopplat till planeringen av en ny stadsdel i Umeå. Rapporten belyser därmed de möjligheter och utmaningar med ett lågtempererat system med fjärrvärme som lyfts fram i litteraturen, inom bland annat teknik, ekonomi och administration, samt vilka möjligheter och utmaningar som de involverade aktörerna i Umeå ser.

Litteraturstudien visar att möjligheter och utmaningar med lågtempererade värmesystem kopplat till fjärrvärme är starkt beroende av lokala förutsättningar. Faktorer som påverkar är till exempel tillgången på olika typer av restvärmeflöden och deras kvalitet (temperaturnivåer, kapacitet, fluktuation, stabilitet över året osv) samt fjärrvärmeproduktions bränslemix och produktionsförutsättningar (kraftvärme, rökgaskondensering osv) idag och i framtiden. Dessutom ger befintliga områden med byggnader delvis andra förutsättningar jämfört med när nya områden planeras.

En generell reflektion från litteraturgenomgången är att vad som avses med lågtemperatursystem omfattar en stor bredd av temperaturnivåer och tekniska lösningar där själva distributionsnätet är den mest centrala komponenten. Alla nät med framledningstemperatur på 70°C eller lägre benämns som lågtemperaturnät och att det finns ett stort spann av olika systemutformningar (till exempel två-, tre- eller fyra-rörsinstallationer), systemdesign med och utan lägenhetscentraler. Lösningar med lägenhetscentraler är framför allt vanligare i Europa medan så kallade fastighetscentraler är vanligt förekommande i Sverige. I litteraturen framgår tydligt att det finns förhoppningar att olika former av lågtempererade värmesystem kommer bli allt vanligare även i Sverige men har vi inte hittat indikationer på att användningen av lägenhetscentraler förväntas öka här.



Litteraturstudien visar att möjligheter och utmaningar med lågtempererade värmesystem kopplat till fjärrvärme är starkt beroende av lokala förutsättningar.

När det kommer till att bedöma möjligheter och utmaningar beror dessa av vilket eller vems perspektiv man utgår från. Är det fjärrvärmeproduktionens, distributionens eller fastighetens perspektiv? Störst – och flest – möjligheter och nyttor finns inom produktion och distribution, där minskade förluster och ökad effektivitet genom nyttiggörande av relativt lågtempererade restvärmekällor lyfts fram tillsammans med möjligheten att diversifiera produktutbudet för fjärrvärmebolaget. Det ekonomiska värdet av sänkta temperaturer är dock troligtvis relativt begränsat i en svensk kontext eftersom marginalkostnaden i produktionen i de flesta fjärrvärmesystem under större delen av året är låg. Vi har dock inte hittat någon analys av de långsiktiga konsekvenserna för produktion och distribution av ökad diversifiering av värmekällor genom nyttjande av flera olika mindre restvärmeflöden. Detta bör därför utredas ytterligare, inte minst ut risk- och sårbarhetssynpunkt. Lärdomar kan dras från elsystemets utveckling där mängden planerbar produktion minskar till förmån för mer variabel och intermittent produktion. Konsekvensen i elsystemet är att utvecklingen påverkar stabiliteten, leveranssäkerhet och prisnivåer i hela elsystemet. Kan liknande situation uppstå på lokalnivå i fjärrvärmesystemet, om värmeleveranser till allt större del förlitar sig på mindre, fler och varierande värmekällor jämfört med dagens centraliserade och storskaliga värmekällor?

Eftersom vi kan konstatera att möjligheterna och nyttorna med lågtemperatursystem främst finns på produktions- och distributionssidan är frågan ifall möjligheterna för fastighetsägare överstiger utmaningarna. En möjlighet för fastighetsägare är att värmekällorna kan diversifieras och att man blir mindre beroende av en enskild värmekälla och/eller leverantör. Genom att ett lågtemperatursystem enklare kan nyttiggöra så kallade urbana restvärmekällor (återvunnen värme från spillvatten, datahallar, tunnelbanor...) finns det potential för fastighetsägare att agera som prosument och skaffa sig fler inkomstkällor genom försäljning av restvärme. Vi har dock inte fördjudat oss kring hur stort detta värde kan vara för fastighetsägare.

Det finns ett flertal tekniska utmaningar såsom krav på inomhuskomfort och legionella men de flesta kan hanteras genom att dimensionera installationerna rätt eller genom att hålla sig vid relativt ”varma” framledningstemperaturer (60-65°C), som man planerar för i Tomtebo strand. En relevant fråga är då vad de eventuella kostnaderna för anpassning av fastighetsinstallationerna är som en konsekvens av lägre temperaturer? Detta är vid nybyggnation starkt beroende på designen av tekniska lösningar, exempelvis ifall man behöver större radiatorer i lägenheterna eller större värmeväxlare. Vid anpassning av ett befintligt bestånd går uppskattningarna isär rörande om anpassningen blir lönsam eller en kostnad för fastighetsägaren. Givet rätt incitamentsstruktur som en returtemperaturkomponent i fjärrvärmepriset som minskar värmekostnader för fastighetsägaren vid minskad returtemperatur, kan vissa anpassningar vara lönsamma.

Vi bedömer att de utmaningar som är mest relevanta i en svensk kontext är frågor kopplade till affärsmodeller och administrativa aspekter, såsom ansvarsfördelning, försäkring och kostnadsfördelning. Vi kan konstatera att många forskare lyfter fram att värdet av lågtemperatursystem med fjärrvärme kan bäst uppnås genom en annan typ av affärslogik som skiljer sig från den befintliga produktionsinriktade affärslogiken. Man menar att det är viktigt att anpassa affärsmodellerna till att spegla de nya värden som uppstår med lågtemperatur. Samtidigt finns det flera exempel på fjärrvärmebolag som nyttjat befintlig affärslogik för lågtemperatursystem vilket indikerar att framtagande av nya affärsmodeller är svårt att göra i praktiken.

Vad gäller utvecklingen av det gemensamma lågtempererade systemet i Tomtebo strand, framkom det från intervjuerna med deltagarna att såväl byggaktörerna som energibolaget är mycket positiva

till utformningen av energisystemet. Aktörernas kännedom om möjligheter och utmaningar kring lågtemperatursystem motsvarar det vi kunnat se i litteraturen, dvs aktörerna är generellt väl införstådda med vad det innebär att bygga ett lågtemperatursystem. De lyfter fram att systemet skapar möjligheter för framtida flexibilitet, både möjligheten att nyttiggöra sig av nya värmekällor och gemensam styrning. Fastighetsbolagen uttrycker en stor tilltro till möjligheten att lågtemperatursystemet kommer att erbjuda flexibilitet och möjlighet att utnyttja framtida lokala restvärmeflöden. Den möjligheten lyftes fram som en av de starkaste hållbarhetsaspekterna. Det finns dock risker med att förlita sig på restvärmeflöden som behöver hanteras. Några av fördelarna med befintlig högtempererad fjärrvärme är leveranssäkerhet och jämna temperaturnivåer och när uppvärmningen istället till högre grad blir baserad på olika och varierande restvärmekällor blir det viktigare med styrning och redundans. Såväl flöden som temperaturnivåer är generellt mer varierande och svårplanerade, särskilt med små restvärmekällor. Det är därför viktigt att utgå från en realistisk värdering av restvärmekällornas potential och kvalitet.

Hållbarhetsfrågorna är centrala och en tydlig drivkraft hos aktörerna i Tomtebo strand. Trots att klimatnyttan med ett lågtempererat värmesystem i Tomtebo strand i tidigare analyser beräknats vara låg, framhåller byggaktörerna att den potentiella flexibiliteten vad gäller värmekällor och innovationsgraden i helhetslösningen för energiförsörjning är tillräckligt starka drivkrafter för att motivera valet att bygga ett gemensamt lågtemperatursystem istället för att välja mer vanliga individuella lösningar. Vissa uttryckte dock en antydning till besvikelse över att klimatnyttan med den valda lösningen inte visats vara större medan andra såg det som ett bra betyg för energisystemets nuvarande och kommande utveckling. För energibolagets räkning så innebär utvecklingen av lågtemperatursystemet en möjlighet att öka samarbetet med kunderna inom området samt att förbereda sig för sänkta temperaturer generellt i andra planerade områden och eventuellt också i det stora fjärrvärmenätet.

En anledning till att man inte ser några större utmaningar är delvis för att man valt ett relativt okomplicerat system med relativt "varma" systemtemperaturer, 65/35 °C vilket troligtvis inte kommer kräva särskilt mycket anpassning av byggprocesser och installationer i fastigheterna. Exempelvis har man enats om att det lågtempererade distributionsnätet designas relativt traditionellt med stålror istället för plaströr med motiveringen är att man önskar fortsatt stor flexibilitet, till exempel att kunna höja temperaturnivåerna vid behov i framtiden. Merkostnaden för att behålla denna flexibilitet anser man vara förhållandevis liten jämfört med den totala investeringen för området.

När det kommer till driften och förvaltningen av det gemensamma systemet finns det en tydlig konsensus bland byggaktörerna om att energibolaget bör vara ansvarig, även om vissa aktörer pekade ut andra alternativ som ett eget energibolag för området eller att fastighetsägarna ansvarar för det gemensamma själva. Anledningen till att man pekar ut energibolaget är att de flesta ansåg att det är energibolaget som har kompetensen och långsiktigheten i åtagandet som krävs för drift och underhåll av det gemensamma lågtemperatursystemet.

Det är också viktigt att utgångspunkten med att skapa övergripande systemnytta bibehålls genom områdets utveckling, när aktörer kommer eller ersätts av andra personer och när området är färdigbyggt och går över till drifts- och förvaltningsfas. Energisystemet i Nordeuropa genomgår en stor förändring, vilket systemanalyserna som tagits fram inom Tomtebostrand beaktat, och fortsatt diskussion runt utvecklingen av energisystemet och affären runt den lågtempererade uppvärmningen behöver fortsätta att beakta systempåverkan vid val av specifika lösningar.

Vi kan konstatera att aktörernas uppfattningar av möjligheter och utmaningar med lågtemperatursystemet matchar relativt väl det som forskarna lyfter i litteraturen. En viktig komponent som kvarstår är dock hur ägandet, driften och affären ska se ut runt distributionsnätet och värmeförsörjningen. Detta kvarstår som en utmaning för aktörerna och kanske särskilt för fjärrvärmebolaget eftersom framför allt de ekonomiska nyttorna med lågtemperatursystemet åtminstone på kort sikt tillfaller fjärrvärmeproduktionen och -distributionen. Om dessa nyttor inte leder till att skapa rätt incitament för både fjärrvärmebolaget och fastighetsägarna riskerar man en situation där fjärrvärmebolaget på kort sikt får alla fördelar främst genom minskade förluster i nätet och ökad effektivitet i produktionen men på lång sikt "tappa" energileveranser genom att fastighetsägarna nyttjar andra värmekällor som möjliggörs av lågtemperaturnätet. Energibolaget behöver med andra ord utveckla sin affär i samarbete med kunderna för att hitta nya affärsupplägg.

Sammanfattningsvis är möjligheterna och utmaningarna med lågtemperatursystem i nybyggda områden med fjärrvärme beroende av olika förutsättningar. Viktiga faktorer är hur den lokala fjärrvärmeproduktionen ser ut idag och i framtiden, hur tillgången till restvärmekällor är idag och kan tänkas bli i framtiden, hur samarbetsvilliga olika aktörer som utvecklar och kommer förvalta området är och hur väl man lyckas bygga upp ett förtroende och tillit för ett långsiktigt engagemang. Det sistnämnda kräver flexibilitet i vida mening, en flexibilitet avseende inställning till ny teknik och nya samarbetsformer och en flexibilitet i acceptansen för framtida förändringar. Det kvarstår att utreda vidare dels vilka affärsupplägg och affärsmodeller som kan skapa värde för alla ingående parter och därmed accepteras, dels hur ett framtida värmesystem med inblandning av flera decentraliserade restvärmekällor fungerar i praktiken, inte minst avseende leveranssäkerhet och -kvalitet.

Referenser

- [1] A. Rensfeldt, Vanja Månborg, och MÅRTEN HARALDSSON, "Sänkt framledningstemperatur i fjärrvärmenätet", mar. 2022.
- [2] KRISTINA LYGNERUD, "Lågtempererad fjärrvärme - några nedslag", Värmemarknad Sverige, juni 2022. Åtkomstdatum: 19 oktober 2022. [Online]. Tillgänglig vid: <https://static1.squarespace.com/static/5fd0f3ced19bb664ecb6dc28/t/63033ae5761f1941544f43f1/1661156072065/L%C3%A5gtempererad+fj%C3%A4rrv%C3%A4rme+Juni+2022.pdf>
- [3] Helge Averfalk *m.fl.*, "Low-Temperature District Heating Implementation Guidebook. IEA DHC Report, 2021", s. 206, 2021.
- [4] S. Buffa, M. Cozzini, M. D'Antoni, M. Baratieri, och R. Fedrizzi, "5th generation district heating and cooling systems: A review of existing cases in Europe", *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 104, s. 504–522, apr. 2019, doi: 10.1016/j.rser.2018.12.059.
- [5] Heidi Norrström, Kristian Stålne, Helge Averfalk, och Sven Werner, "Slutrapport Ranagård med 4GDH_ 2022.pdf", Energimyndigheten, mar. 2022.
- [6] H. Lund *m.fl.*, "Perspectives on fourth and fifth generation district heating", *Energy*, vol. 227, s. 120520, juli 2021, doi: 10.1016/j.energy.2021.120520.
- [7] U. Persson, Helge Averfalk, Steffen Nielsen, och Diana Moreno, "D1.4 Accessible urban waste heat (Revised version)", ReUseHeat.
- [8] H. Averfalk och S. Werner, "Economic benefits of fourth generation district heating", *Energy*, vol. 193, s. 116727, feb. 2020, doi: 10.1016/j.energy.2019.116727.
- [9] "Öppen Fjärrvärme - Vi köper din överskottsvärme", *Öppen Fjärrvärme*. <https://www.oppenfjarrvarme.se/> (åtkomstdatum 18 januari 2023).
- [10] "SamEnergi - Vi köper din överskottsvärme | Vattenfall". <https://www.vattenfall.se/foretag/fjarrvarme/samenergi/> (åtkomstdatum 18 januari 2023).
- [11] "Tillförd energi - Energiföretagen Sverige", *Energiföretagen*. <https://www.energiforetagen.se/statistik/fjarrvarmestatistik/tillford-energi/> (åtkomstdatum 19 december 2022).
- [12] Anna Boss, Sirje Pädam, och Ola Larsson, "Mot lägre temperaturer i befintliga fjärrvärmesystem – en studie om hinder, incitament och styrmedel", WSP, Naturvårdsverket, dec. 2021.
- [13] Henrik Nordström och Klara Smeds, "Implementering av fjärde generationens fjärrvärme i svenska fjärrvärmenät".
- [14] Reto M. Hummelshøj, "Resource Efficient Cities Implementing Advanced Smart City Solutions", COWI, jan. 2021. Åtkomstdatum: 12 oktober 2022. [Online]. Tillgänglig vid: http://www.smartcity-ready.eu/wp-content/uploads/2021/02/Final-Publishable-Summary-Report-READY_v2.pdf

- [15] H. Lund *m.fl.*, "The status of 4th generation district heating: Research and results", *Energy*, vol. 164, s. 147–159, dec. 2018, doi: 10.1016/j.energy.2018.08.206.
- [16] P. Olsen, H. Lambertsen, R. Hummelshøj, och B. Bøhm, "A New Low-Temperature District Heating System for Low-Energy Buildings", sep. 2022.
- [17] A. Behzadi, S. Holmberg, C. Duwig, F. Haghghat, R. Ooka, och S. Sadrizadeh, "Smart design and control of thermal energy storage in low-temperature heating and high-temperature cooling systems: A comprehensive review", *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 166, s. 112625, sep. 2022, doi: 10.1016/j.rser.2022.112625.
- [18] K. Lygnerud, "Business Model Changes in District Heating: The Impact of the Technology Shift from the Third to the Fourth Generation", *Energies*, vol. 12, nr 9, s. 1778, maj 2019, doi: 10.3390/en12091778.
- [19] K. Lygnerud, E. Wheatcroft, och H. Wynn, "Contracts, Business Models and Barriers to Investing in Low Temperature District Heating Projects", *Appl. Sci.*, vol. 9, nr 15, s. 3142, aug. 2019, doi: 10.3390/app9153142.
- [20] Klugman S, Nilsson J, Nilsson A, Arianna Amati, och Pedro Santos, "SOWHAT: D3.7 – REPORT SUMMARIZING ECONOMIC DRIVERS", feb. 2022.
- [21] Cilla Dahlberg, LARSSON PATRIK SELINDER, och HÅKAN WALLETUN, "FASTIGHETSANPASSNING FÖR 4GDH", 2018.
- [22] Helge Averfalk, BENGT-GÖRAN DALMAN, CHRISTER KILERSJÖ, KRISTINA LYGNERUD, och SEBASTIAN WELLING, "Analys av 4e generationens fjärrvärmeteknik jämfört med 3e generationens", 2018.
- [23] D. S. Østergaard och S. Svendsen, "Costs and benefits of preparing existing Danish buildings for low-temperature district heating", *Energy*, vol. 176, s. 718–727, juni 2019, doi: 10.1016/j.energy.2019.03.186.
- [24] JONAS OTTOSSON, LINNEA JOHANSSON, JOHAN KENSBY, KRISTINA LYGNERUD, JOHANNA NILSSON, och ANNA NILSSON, "AFFÄRSMODELLER FÖR FJÄRRVÄRME OCH VÄRMEPUMPAR I FASTIGHETER", Energiforsk, juli 2020.
- [25] Fjärrvärmens Affärsmodeller, "Resultatblad 8 - Fjärrvärmens affärslogik.pdf", Fjärrvärmens Affärsmodeller 2.0, feb. 2022.
- [26] Y. Yang, C. Monsberger, K. Maggauer, och D. Suna, "BUSINESS MODEL AND MARKET ANALYSIS FOR THE NEW SERVICE", nr 5, s. 84.
- [27] S. Selvakkumaran, L. Eriksson, J. Ottosson, K. Lygnerud, och I.-L. Svensson, "How are business models capturing flexibility in the District Energy (DE) grid?", *Energy Rep.*, vol. 7, s. 263–272, okt. 2021, doi: 10.1016/j.egy.2021.08.146.
- [28] E. Wheatcroft, H. P. Wynn, V. Volodina, C. J. Dent, och K. Lygnerud, "Model-Based Contract Design for Low Energy Waste Heat Contracts: The Route to Pricing", *Energies*, vol. 14, nr 12, s. 3614, juni 2021, doi: 10.3390/en14123614.

[29] M. Hofmeister och A. B. Holm, "BUSINESS MODELS ON GEOTHERMAL DH SYSTEMS", mar. 2014.

[30] S. Chen och C.-C. Liu, "From demand response to transactive energy: state of the art", *J. Mod. Power Syst. Clean Energy*, vol. 5, nr 1, s. 10–19, jan. 2017, doi: 10.1007/s40565-016-0256-x.

[31] P. Thollander, I. L. Svensson, och L. Trygg, "Analyzing variables for district heating collaborations between energy utilities and industries", *Energy*, vol. 35, nr 9, s. 3649–3656, sep. 2010, doi: 10.1016/j.energy.2010.05.009.

Bilaga 1 – Intervjufrågor

Generella frågor

1. Vad är ert bolags affärsidé? Bostäder och/eller lokaler?
2. Hur stort är ert fastighetsbestånd totalt och hur mycket producerar ni nytt per år? Geografisk spridning.
3. Vad har ni för tidsperspektiv när ni bygger?
4. Ni har ambitiösa hållbarhetsmål, hur påverkar/styr dessa ert val av uppvärmningssystem?
5. Tomtebo strand utvecklas i nära samverkan mellan byggaktörer, kommunen och kommunala bolag. Hur skiljer sig processen jämfört med hur bolaget arbetar traditionellt?

Lågtemperatursystem i Tomtebo strand

1. Vilka nyttor ser ni med att distributionssystem som försörjer era hus ska ha lägre framledningstemperaturer?
2. Vilka hinder eller nackdelar ser ni med lågtemperatursystem? Några specifika risker för er? (Ex juridiska frågor, oklara affärsupplägg, försäkringsfrågor osv...)
3. Hur kan hindren hanteras och vem bör hantera dem?
4. Vad blir konsekvenserna av ett lågtempererat värmesystem under planerings- och byggfasen för er? Vad behöver ni tänka på jämfört med konventionell tempererat system?
5. Vad blir konsekvenserna av ett lågtempererat värmesystem under drift-/förvaltningsfasen för er?
6. Vilka är era drivkrafter för att välja ett lågtempererat system i Tomtebo strand?
 - a. Ekonomi
 - b. Klimat
 - c. Innovation
 - d. Krav från ägare
 - e. Krav från kunder
 - f. Annat
7. Ekonomi – Tänker ni primärt byggkostnader eller livscykelkostnader? Möjligheter som prosument? Annat?
8. Klimat – Vilka klimatnyttor ser ni med ett lågtempererat system idag och i framtiden? Analyserna för Tomtebo strand visar på liten klimatnytta jämför mot ett traditionellt system. Hur har detta påverkat er syn på lågetemperatur?
9. Innovation – Vad är det ni ser som innovativt med lösningen på Tomtebo strand? Finns det någon särskild utveckling ni vill se kring lågtemperatursystemet i de senare etapperna?
10. Ägare – Har ni några förväntningar från era ägare som styr mot valet av lågetemperatur?

11.Kunder – Har ni några förväntningar från era kunder som styr mot valet av lågtemperatur?

12.Annat – Vad det något annat som påverkade er i beslutet runt ett lågtemperat distributionsnät?

13.Vad skulle kunna förändras i hur ni utvecklar/bygger framöver? Finns det några trender som kommer påverka er? (Nya/förändrade styrmedel, ny teknik, annat...)



Om projektet Värmemarknad Sverige

Projektet Värmemarknad Sverige engagerar idag ett mycket stort antal av aktörerna på värmemarknaden: fastighetsbolag och byggherrar, anläggningsleverantörer, energibolag, bransch- och intresseorganisationer samt myndigheter. Tillsammans har vi utvecklat ny kunskap om, och förståelse för, värmeförsörjningens förutsättningar och utmaningar. Det övergripande målet har varit att visa på värmemarknadens uppbyggnad och hur värmemarknaden kan fortsätta sin positiva utveckling, utifrån ett framåtblickande hållbarhetsperspektiv som kan delas av marknadens alla aktörer.

