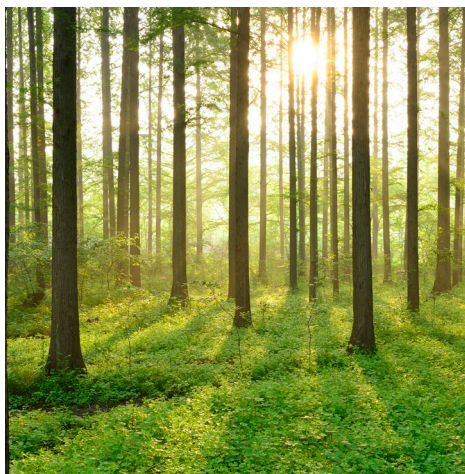


ATT ANVÄNDA FJÄRRVÄRME I INDUSTRIPROCESSER

RAPPORT 2015:155



 FJÄRRSYN



Att använda fjärrvärme i industriprocesser

GENOMFÖRANDE AV KONVERTERING TILL FJÄRRVÄRME

KARL-MIKAEL STEEN, FVB SVERIGE
ULRIKA SAGEBRAND, FVB SVERIGE
HÅKAN WALLETUN, W2 ENERGITEKNIK

FÖRORD

Rapporten belyser industriell användning av fjärrvärme i dess processer och förmedlar hur man kan gå tillväga för att öka fjärrvärmeanvändningen i sin produktion.

De studier som utgör grund för rapporten beskrivs omfattande och tar upp hinder och möjligheter som kan uppkomma under ett projekt där komplicerade industriella processer ingår. Det är mycket att tänka på för både fjärrvärmeleverantören och industrikunden, och i detta fjärrsynsprojekt har en handbok tagits fram med viktiga aspekter att tänka på då nya projekt inleds.

Handboken kommer väl till pass vid framtagandet av en förstudie och är lämplig att ha till hands då man skall träffa industrikunden. Den ger en bra grund för ett framgångsrikt projekt där båda parter ska bli nöjda med leverans och kontrakt.

Projekten påvisar stora miljömässiga fördelar med att använda fjärrvärme i industriella processer vilket bidrar till ett mer hållbart klimat. Primärenergianvändningen minskar och elproduktionen ökar i fjärrvärmebolagens system. Industrins egna miljö- och hållbarhetsmål har varit en bidragande orsak till att vilja öka användningen av fjärrvärme. I många projekt som drivs för att se över energianvändningen sker samtidigt en framgångsrik utveckling av de interna processerna och den egna personalen med minskad energianvändning som följd. Fossil produktion har minimerats och elanvändning har reducerats i samband med projekten och i många fall har processerna dessutom energieffektiviserats.

Rapporten visar att det finns en stor potential i Sverige och även internationellt för en ökad användning av fjärrvärme i industriprocesser vilket gläder Svensk Fjärrvärme och dess medlemmar. Denna rapport och handbok kommer bidra till ett mer hållbart samhälle varje gång den används i framtiden.

Projektet har genomförts av Karl-Mikael Steen, Ulrika Sagebrand på FVB Sverige samt Håkan Walletun W2 Energiteknik. Projektet har finansierats av Energimyndigheten och Svensk Fjärrvärme genom forskningsprogrammet Fjärrsyn.

Till projektet har en referensgrupp varit knuten bestående av Niklas Lindmark Gävle Energi, Jimmy Fornander Tekniska Verken i Linköping, Susanne Lindqvist Sandvik Materials Technology, Nils Svensson EON, Jan Torstensson Öresundskraft och Agneta Ring BT Products.

Jan Berglund
Ordförande för Svensk Fjärrvärmes teknikråd

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att Fjärrsyns programråd, svensk Fjärrvärme eller Energiforsk har tagit ställning till innehållet.

SAMMANFATTNING

Fjärrvärme är en effektiv metod att ta tillvara resurser som annars skulle gått till spillo. Genom att använda fjärrvärme för värmning i industriprocesser, istället för exempelvis fossila bränslen, erhålls både ekonomiska och miljömässiga vinster.

Två tidigare projekt inom Fjärrsyn visar på potential att öka fjärrvärmeanvändningen med 200 % i ett hundratal studerade industrier. Syftet med detta projekt är att underlätta för fjärrvärme- och industriföretag att förverkliga den potential som finns för fjärrvärme i industrin. Projektresultaten har sammanfattats i en handbok, vars syfte är att inspirera och underlätta för fler industriföretag att konvertera sina industriprocesser till fjärrvärme.

I projektet beskrivs villkor/krav (inom teknik, ekonomi, miljö) för konvertering. Vidare identifieras industriprocesser för vilka fjärrvärme kan tillämpas och en förenklad arbetsmodell som används vid urval och utredning av processer beskrivs. Sedan redovisas hur utvalda industriprocesser har konverterats till fjärrvärme samt ekonomiska och miljömässiga resultat.

Den första industriprocessen som redovisas är avfettningsssteg vid Toyota Material Handling Europas fabrik som tillverkar lagertruckar i Mjölby. Gasol har ersatts av fjärrvärme, vilket var en medveten miljöinsats av företaget. Reduceringen av CO₂-utsläpp är 90 % (340 ton per år) och beror till stor del på att fjärrvärme medför betydligt lägre utsläpp än gasol. En del av reduktionen kommer även av att Toyota Material Handling Europe har minskat sin energianvändning eftersom man slipper den förra gasolpannans omvandlingsförluster. Besparingen är 360 000 kr per år tack vare fjärrvärme. Besparingen innebär att merkostnaden för fjärrvärmeinstallationen, jämfört med ny gasolpanna, var återbetald på ett par års sikt.

Den andra industriprocessen som studerats är Swerocks betongstation i Länna. Många betongstationer använder oljepanna för processvärme, men i Länna har fjärrvärme använts sedan betongstationen byggdes 1980. I studien jämförs fjärrvärme+elpanna med om betongstationen hade haft en ny oljepanna. Resultat: minskad energianvändning med ca 25 %, minskad primärenergianvändning och minskade CO₂-utsläpp med ca 70 % vardera. Energibesparingen beror på att en oljepanna har stora tomgångsförluster när anläggningen står i beredskapsläge.

Även en ny tillämpning för fjärrvärme inom avfuktning, med hjälp av så kallad varmkondensering, har analyserats. Företaget Airwatergreen i Uppsala har utvecklat en ny, innovativ, produkt för avfuktning. Metoden är mer energieffektiv än andra avfuktningssätt. Efter utvecklingsarbete är det möjligt att kunna driva avfuktningssprocessen med fjärrvärme i kombination med högttemperaturvärmepump. Kombinationen av avfuktningssbehov i flera branscher, gynnsam sommarlast för fjärrvärme samt metodens energieffektivitet gör att denna nya metod är intressant att studera vidare som ny tillämpning för fjärrvärme. Produkten är redan energieffektiv men genom att driva den med resurseffektiv fjärrvärme skulle CO₂-utsläppen vid avfuktning kunna minskas ytterligare.

Projektets slutsatser kan sammanfattas med följande:

- Alla industriprocesser kan inte anpassas för fjärrvärme. Däremot finns många processer som, med hjälp av befintliga tekniska lösningar, framgångsrikt kan anslutas till fjärrvärme.
- Vinsterna är, i många fall, mycket stora. Miljönyttan är stor, vid konvertering *från* fossila bränslen, tack vare lägre CO₂-utsläpp samt att energianvändningen kan minskas betydligt. Det har även visat sig vara ekonomiskt lönsamt att konvertera till fjärrvärme vid de studerade industriprocesserna.
- Det är oerhört viktigt med tidigt och nära samarbete mellan fjärrvärmeleverantör, industrikund och andra inblandade deltagare i konverteringsprojekt.
- Fjärrvärme konkurrerar med f.n. låga el- och oljepriser, samtidigt som skatterna på fossila bränslen fortfarande är relativt låga. Detta innebär att fjärrvärmeleverantören behöver kunna erbjuda avtal med tillräckligt goda villkor, både vad gäller pris, investering och risk.

SUMMARY

District heating is an effective method to take advantage of resources that otherwise would have been lost. By using district heating in industrial processes, instead of e.g. fossil fuels, both financial and environmental benefits are obtained.

Two previous projects within Fjärrsyn demonstrates the potential to increase the use of district heating by 200% in one hundred investigated industries. The purpose of this project is to facilitate for district heating companies and industrial companies to realize the potential for district heating in industrial processes. The project results have been summarized in a handbook, which aims to inspire and facilitate more industrial companies to convert their industrial processes to district heating.

Conditions/requirements for conversion to district heating are described (technical, economic, environmental). Furthermore, industrial processes for which district heating can be applied are identified. A simplified method of work are described. Selected industrial processes, which have been converted to district heating, are described regarding economic as well as environmental performance.

The first industrial process described is pretreatment at Toyota Material Handling Europe's factory that manufactures warehouse trucks in Mjölby. Liquefied petroleum gas has been replaced by district heating, which was a conscious environmental initiative of the company. The reduction of CO₂ emissions are 90% (340 tonnes per year) and depends largely on that district heating causes significantly lower emissions than liquefied petroleum gas. The saving is 360,000 SEK per year thanks to district heating. The saving means that the extra cost, compared to the new gas boiler, were repaid in a couple of years.

The second industrial process studied is Swerock's concrete plant in Länna. Many concrete plants use oil-fired boiler for process heat, but in Länna Swerock has been using district heating since the concrete plant was built in 1980. The study compares heating+electric boiler with a new oil-fired boiler. Results: reduced energy use by about 25%, reduced primary energy use and reduced CO₂ emissions by about 70% each. Energy savings are large because an oil-fired boiler has large idling losses when the plant is in standby mode.

Even a new application for the district heating within dehumidification has been analyzed. The company Airwatergreen in Uppsala has developed a new, innovative product for dehumidifying air. The method is more energy efficient than other dehumidification methods. After development it is possible to operate the dehumidification process with district heating in combination with a high temperature heat pump. The combination of dehumidification need in several industries, favorable summer load for district heating and energy efficiency makes this new method interesting as a new application for district heating. The product is already energy efficient, but by operation with resource-efficient district heating CO₂ emissions would be further reduced.

The project's conclusions can be summarized as follows:

- All industrial processes are not suitable for district heating. However, there are many processes that, with the help of existing technical solutions, can successfully be connected to district heating.
- Benefits are, in many cases, very large. The environmental benefit is large, when converting from fossil fuels, thanks to lower CO₂ emissions and energy consumption. It has also been proved to be economically favorable to convert to district heating
- It is extremely important with early and close cooperation between the district heating supplier, industrial customers and other participants involved in the conversion project.
- District heating competes with presently low electricity and oil prices, while taxes on fossil fuels are still relatively low. This means that the district heating provider needs to offer contracts with sufficiently favorable terms, both in terms of price, investment and risk.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	12
1.1	BAKGRUND	12
1.1.1	Redogörelse för tidigare studier	13
1.2	SYFTE	18
1.3	MÅL	19
1.4	FRÅGESTÄLLNINGAR	20
1.5	METOD	20
1.6	AVGRÄNSNINGAR	20
2	VILLKOR OCH KRAV FÖR FJÄRRVÄRME TILL INDUSTRIPROCESSER	21
2.1.1	Tekniska villkor	23
2.1.2	Leveranssäkerhet	31
2.1.3	Ekonomiska villkor	32
2.1.4	Miljövärdering	37
3	ARBETSMODELL	39
3.1	URVAL AV INDUSTRIPROCESSER	40
3.2	UTREDNING INFÖR INVESTERINGSBESLUT	43
3.3	TILLVÄGAGÅNGSSÄTT VID KONVERTERING	44
4	IDENTIFIERING AV INDUSTRIPROCESSER	46
4.1.1	Tidigare studier	46
4.1.2	Tillgänglig statistik	47
4.1.3	Idéförslag	50
4.1.4	Valda processer att studera djupare	52
5	ANALYS AV INDUSTRIPROCESSER	54
5.1	AVFETTNINGSTEG I MÅLERIPROCESS	54
5.1.1	Utgångsläge	57
5.1.3	Genomförande av konvertering	59
5.1.4	Resultat	63
5.1.5	Samarbete	66
5.2	FJÄRRVÄRME TILL SWEROCKS BETONGFABRIK I LÄNNA	67
5.2.1	Energiförsörjning till betongstationer	68
5.2.2	Utgångsläge Länna	69
5.2.3	Resultat	71

5.2.4	Fjärrvärmeanslutning; utmaningar	75
5.2.5	Fjärrvärmeanslutning; lösningar	76
5.2.6	Kommentarer	81
5.3	AVFUKTNING GENOM VARMKONDENSERING	82
5.3.1	Varmkondensering (CMCR)	83
5.3.2	Är varmkondensering tillämpbar för fjärrvärme?	86
5.3.3	Lösning med högtemperaturvärmepump	87
5.3.4	Ekonomi	89
5.3.5	Miljö	91
6	SLUTSATSER	92
6.1	HINDER FÖR FJÄRRVÄRMEANSLUTNING AV INDUSTRIER	92
6.2	INDUSTRIPROCESSER SOM LÄMPAR SIG FÖR FJÄRRVÄRME	92
6.3	FÖRDELAR MED FJÄRRVÄRME I INDUSTRIEN	93
6.4	RÅD VID KONVERTERING TILL FJÄRRVÄRME	93
6.5	PROJEKTETS SLUTSATSER I KORTHET	94
7	REFERENSER	95
7.1	RAPPORTER	95
7.2	MÖTEN/TELEFONINTERVJUER	96
7.3	WWW	96

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Energieffektivisering, värmepumpar, varmare klimat och nya energieffektiva byggnader medför minskat fjärrvärmebehov¹. Minskad efterfrågan på fjärrvärme gör det nödvändigt för fjärrvärmeföretagen att utveckla sin fjärrvärmeaffär för att bibehålla lönsamheten. Ett sätt att utveckla affären är genom närmare samarbete med industrikunder och samverkan kring konvertering till fjärrvärme i industriprocesser. *Analyzing variables for district heating collaborations between energy utilities and industries*² är ett forskningsprojekt vars huvudsakliga slutsats är att samarbete mellan energiföretag och industrier är nödvändigt för att erhålla en bra affärsrelation. Det bekräftar behovet av att fjärrvärmeföretag och industriföretag samverkar vid konvertering till fjärrvärme i industriella processer.

Förutom ökad försäljning för fjärrvärmeföretagen, finns det ytterligare fördelar med att konvertera till fjärrvärme i industriprocesser.

Ökningen av CO₂-skatten som skedde 2015 är ett ekonomiskt incitament för industriföretag att konvertera från olja till fjärrvärme. Konvertering från olja till fjärrvärme leder ofta till lägre energikostnad. Vidare hjälper fjärrvärme till att stärka industriföretagens miljöprofil. Konvertering till fjärrvärme kan även innebära att industriföretagen har möjlighet att utnyttja egen spillvärme i högre utsträckning.

Genom att konvertera till resurseffektiv fjärrvärme kan behovet av primärenergi minskas och elproduktionen ökas i kraftvärmesystem. Eftersom industriella värmelaster generellt är oberoende av utomhustemperaturen erhålls ökad utnyttjandegrad för produktions- och distributionsanläggningar, vilket ger flackare varaktighetskurvor³. Vidare minskar generellt koldioxidutsläppen när el och fossila bränslen konverteras till fjärrvärme.

Inom industrin finns flera exempel på lyckosam konvertering till fjärrvärme. Volvo lastvagnars måleri i Umeå är en föregångare där fjärrvärme ersätter gasol och el. Nya färgmaterial och viss anpassning av teknik och förfaringssätt har möjliggjort konvertering till fjärrvärme i exempelvis torkugnarna.

Även Toyota Material Handling Europe i Mjölby kunde ersätta gasol med fjärrvärme vid byggnationen av nytt måleri, se avsnitt Analys av industriprocesser. På Fiskeriservice SVC AB i Göteborg ersattes el med fjärrvärme vid diskning av fisklådor.

¹ K Lygnerud, 2011

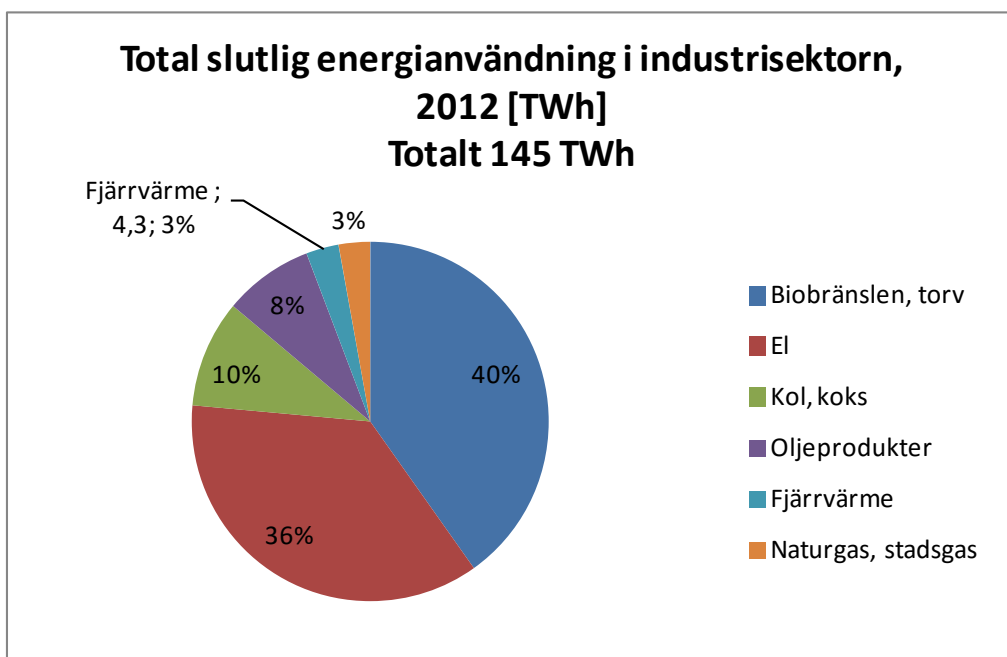
² P Thollander et al, 2011

³ Difs et al, 2009

1.1.1 Redogörelse för tidigare studier

Sammanfattningsvis har tidigare forskningsprojekt kommit fram till att det finns en stor potential för konvertering till fjärrvärme i industriella processer och att det medför ekonomisk och miljömässig nytta. Detta projekt innebär en utveckling och fördjupning av tidigare resultat. I nuläget finns ingen samlad studie över hur konvertering av industriprocesser till fjärrvärme genomförs.

2012 stod fjärrvärme endast för ca 3 % av industrins slutliga energianvändning, se Figur 1. I Europa är fjärrvärmens marknadsandel inom industrin i samma storleksordning som i Sverige⁴. Vissa europeiska länder sticker ut med en högre marknadsandel för fjärrvärme inom industrin, exempelvis Polen (13 %) och Finland (12 %). År 2000 stod verkstadsindustrin för ca hälften av industrins fjärrvärmeanvändning i Sverige. Andra branscher som utgör en betydande andel av fjärrvärmeanvändningen var livsmedels- och trävaruindustrin.



Figur 1. Total slutlig energianvändning i energisektorn 2012 (Sverige). 2012 använde industrin totalt 145 TWh, varav fjärrvärme 4 TWh (3 %). Källa: Energiläget i siffror 2014, Årlig energibalans, EN20, Energimyndigheten.

Den totala slutliga fjärrvärmeanvändningen i Sverige har varit ca 50 TWh/år under de senaste åren, se Figur 2. Industrins andel av den totala slutliga fjärrvärmeanvändningen har varit ca 4-5 TWh/år, motsvarande ca 10 %. Framtidens totala slutliga fjärrvärmeanvändning har prognostiserats i forskningsprojektet *Fjärrvärmens i framtiden - behovet*⁵. Resultaten visar på en minskning med ca 10 % (från 2007 års

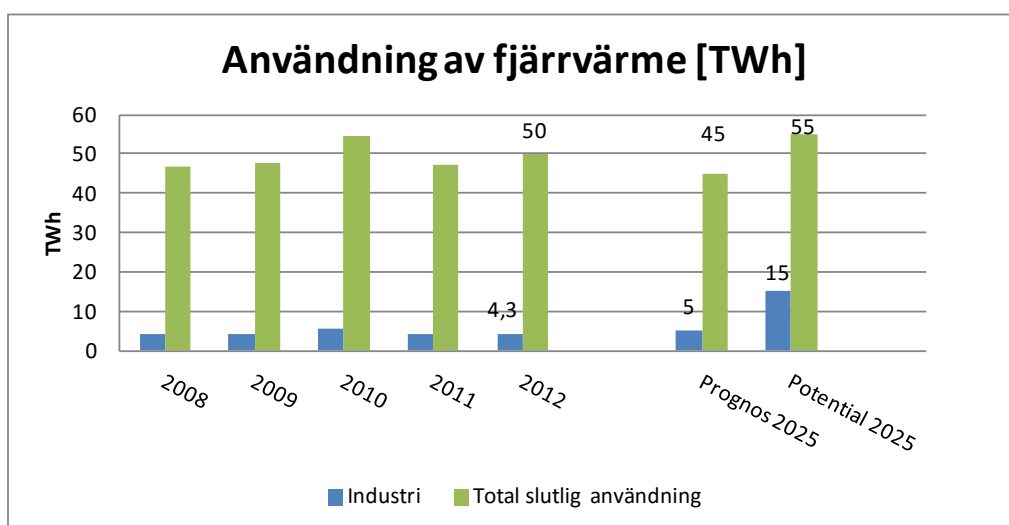
⁴ Werner, 2006.

⁵ Göransson et al, 2009.

nivå) fram till 2025. Minskningen motsvarar totalt 5 TWh/år och den prognostiserade slutliga fjärrvärmeanvändningen för 2025 är 45 TWh/år.

Energimyndighetens Långsiktsprogno 2012⁶ visar på en mer stagnerad slutlig fjärrvärmeanvändning när år 2007 jämförs med år 2030, dvs. ca 50 TWh/år både för 2007 såväl som för 2030.

För industrins del väntas den slutliga fjärrvärmeleveransen öka något fram till 2025⁵. För år 2025 är den prognostiserade slutliga fjärrvärmeanvändningen ca 5 TWh/år för industrin, enligt forskningsprojektet *Fjärrvärmen i framtiden - behovet*.



Figur 2. Slutlig användning av fjärrvärme i Sverige 2008-2012 samt prognos för 2025. Källa åren 2008-2012: Energiläget i siffror 2014, Årlig energibalans, EN20, Energimyndigheten. Källa prognos 2025: *Fjärrvärmen i framtiden - Behovet*. *Potential 2025* är hypotetisk och baseras på studierna *Optimala Fjärrvärmesystem* samt *Ökad fjärrvärmeleverans till industrier i vilka potentialen för fjärrvärme i industri studeras*. De studerade industrierna är inte ett representativt tvärsnitt varför potentialen endast är en grov ansats.

Fjärrsynprojektet *Optimala Fjärrvärmesystem*⁷ visar att fjärrvärmeleveransen till industrier kan trefaldigas genom att ansluta industrier och konvertera industriella processer till fjärrvärme.

För de 41 studerade industrierna fanns teknisk potential att öka fjärrvärmeleveransen från 100 GWh/år till 300 GWh/år, dvs. 200 %. Om konvertering genomförs minskar elanvändningen med 45 GWh/år (11 %) och fossilbränsleanvändningen med 100 GWh (40 %). Av den tekniska potentialen för ökad fjärrvärmeleverans på 200 GWh/år, står tappvarmvatten och lokalvärme för 58 GWh/år samt absorptionskyla för 72 GWh/år, se Tabell 1. Således står övriga industriprocesser (värmning, torkning, övrigt) för 70 GWh/år. Potentialen för att öka fjärrvärmeleveranserna för övriga industriprocesserna är därmed 70 %.

⁶ Energimyndighetens Långsiktsprogno 2012

⁷ Trygg et al, 2009

Om hela den identifierade potentialen om 200 GWh/år realiseras beräknas de globala koldioxidutsläppen minska med 112 000 ton/år. Reduktionen innefattar minskade koldioxidutsläpp från industriernas el- och fossilanvändning, minskade koldioxidutsläpp när den extra elproduktionen från kraftvärmeverk säljs på den europeiska elmarknaden och antas ersätta elproduktion från europeiska kolkondenskraftverk. I beräkningen av koldioxidutsläppen tas även hänsyn till ökade koldioxidutsläpp från fjärrvärmeproduktion p.g.a. ökat fjärrvärmebehov. Studien visar att fjärrvärmebehovet för industrierna blir mer jämnt fördelat över året efter konvertering av industriprocesser till fjärrvärme.

Tabell 1. Fjärrvärmepotential för respektive process i studien "Optimala fjärrvärmesystem". Rubriken "Före konvertering" avser fjärrvärmeanvändningen för processerna före konvertering (fjärrvärme används redan idag i vissa processer). "Efter konvertering" avser fjärrvärmeanvändningen efter konvertering till fjärrvärme. Källa: tabell från rapport för "Optimala fjärrvärmesystem".

	Före konvertering [GWh]	Efter konvertering [GWh]	Fjärrvärmeökning [GWh]	Andel av fjärrvärmebehovet före konvertering [%]	Andel av fjärrvärmebehovet efter konvertering [%]
Lokaluppvärmning	90	144	54	88	47
Kylning	0	72	72	0	24
Värmning	0	38	38	0	13
Torkning	3	30	27	3	10
Tappvarmvatten	9	13	4	9	4
Övrigt (mest tvättning)	0	5	5	0	2
Totalt	102	302	200		

Till projektet *Optimala fjärrvärmesystem* finns ett uppföljande projekt med titeln *Ökad fjärrvärmeleverans till industrier*.⁸ I detta projekt studeras 83 industrier i Östergötlands, Jönköpings och Västra Götalands län. Även i denna studie är den tekniska potentialen för ökad fjärrvärmeleverans till industrier ca 200 % (från 103 GWh/år till 271 GWh/år). Av de bränslen som kan ersättas med fjärrvärme står el för ca 40 % och olja för ca 30 % av energimängden som ersätts.

I Västra Götaland används 95 % av fjärrvärmerna i industrierna till lokalvärme och tappvarmvatten. Det finns dock potential att öka fjärrvärmeanvändningen för värmning (diskning/tvättning) i livsmedels- och textilindustrin och torkning i livsmedelsindustrin. Vidare finns det potential för absorptionskyla i plastindustrier.

I Östergötland är de studerade industrierna till stor del anslutna till fjärrvärme och potentialen är störst för absorptionskyla i kemi-, läkemedels- och plastindustrier.

⁸ Illic et al, 2014

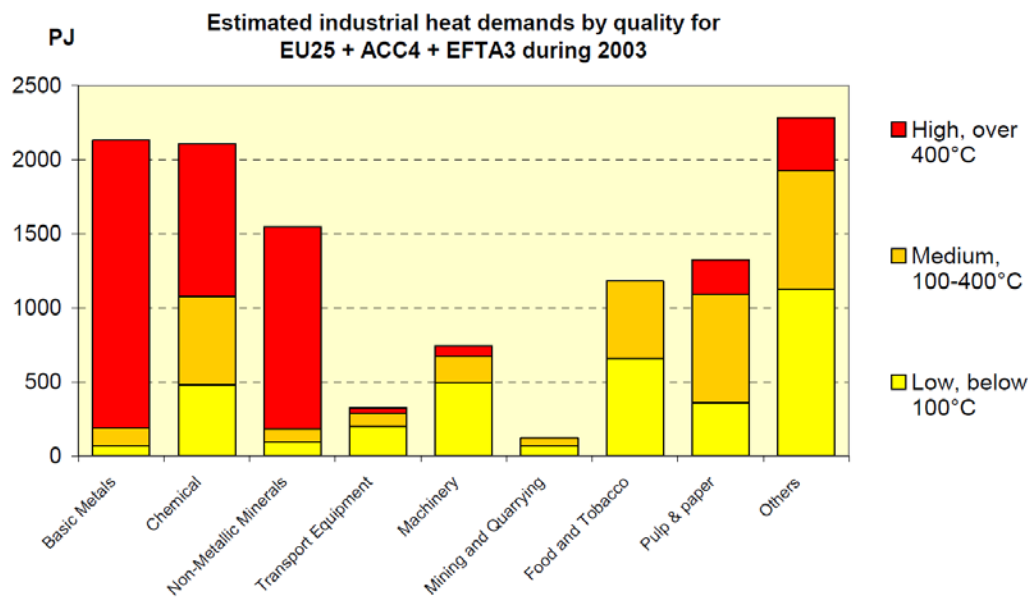
I Jönköpings län finns störst potential att öka fjärrvärmeleveranserna genom att ansluta industrier för lokalvärme och torkning i produktionsprocesser. Potentialen för torkning återfinns främst i trä- och metallindustrier samt verkstadsindustri. Sammanfattningsvis är det industriprocesserna värmning (diskning/tvättning), kylning (absorptionskyla) och torkning som har störst potential i de studerade industrierna.

Den stora potentialen för de studerade företagen ovan *antyder* att det nationellt sett finns potential att öka fjärrvärmeleveranserna till industrin. I Figur 2 redovisas en ansats för den tekniska potentialen för fjärrvärme till industrier år 2025. Den tekniska potentialen är baserad på följande ansats: prognostiserad fjärrvärmeanvändning i industrin år 2025 är 5 TWh/år, till detta läggs den tekniska potentialen för fjärrvärme till industrier på 200 % (baserat på studierna ovan av ett hundratal företag^{7,8}). Därmed är den tekniska potentialen för 2025 ansatt till $3 \times 5 \text{ TWh/år} = 15 \text{ TWh/år}$. Av den ansatta potentialen utgörs en väsentlig del av lokalvärme genom nyanslutning av industrier. Potentialen är endast av teknisk karaktär, dvs. ansatsen tar ej hänsyn till lönsamhet eller vad industrin tycker är önskvärt. Vidare kan genomförbarheten m a p tiden fram till 2025 ifrågasättas. Ytterligare är de ca 100 studerade företagen inte ett representativt tvärsnitt av svensk industri.

I rapporten för projektet *Ecoheatcool Work package 1*⁹ redovisas industriellt värmebehov fördelat på temperaturnivåer. Nivåerna delas in i *låg* under 100°C, *medium* 100°C-400°C samt *hög* över 400°C. Den låga temperaturnivån kan tillgodoses m.h.a. fjärrvärme. Inom industrier används den låga temperaturnivån till exempelvis tvättning, sköljning och livsmedelframställning samt lokalvärme/tappvarmvatten. Låga temperaturer står för 30 % av europeiska industrisektorns värmebehov, se Figur 3.

I Figur 3 framgår vilka industribranscher som har störst behov av värme med låg temperaturnivå (<100°C). Allra störst energibehov finns i gruppen övriga industribranscher följt av livsmedel/tobak, maskinell utrustning, kemi och papper/massa. Den realiserbara potentialen för fjärrvärme inom industrin är svåruppskattad.

⁹ Werner S, 2006



Figur 3. Industriellt värmebehov för 32 europeiska länder 2003. Låga temperaturer, under 100°C, står för 30 % av industrisektorns värmebehov. Källa: diagram från rapport "Eco-heatcool, Work package 1".

1.2 Syfte

Projektet vänder sig till fjärrvärmeföretag, industrier och leverantörer av utrustning. Syftet med projektet är att underlätta för fjärrvärme- och industriföretag att förverkliga den potential som finns för fjärrvärme i industrin. Syftet är bl.a. att nya tillämpningar av fjärrvärme i industrin ska leda till ökad resurseffektivitet, vilket leder till minskad miljöpåverkan. En mer miljöanpassad industri innebär också ökad konkurrenskraft, vilket i sin tur gagnar samhället i stort. I projektet utvecklas och fördjupas tidigare projektresultat, som redan slagit fast en stor potential för konvertering till fjärrvärme i industrin.

För fjärrvärmeföretagen handlar det om ökad kunskap om kundföretagens verksamhet och en förbättrad kommunikation mellan fjärrvärmeföretag och kunder. På så sätt möjliggörs nya affärsupplägg, exempelvis gemensamma investeringar eller att leveransgränsen för värme flyttas fram och in i industriprocessen.

Industriföretagen kan använda resultaten från projektet vid planering, projektering och upphandling vid konvertering av industriella processer. Målet är även att resultat från denna rapport ska fungera som underlag i industriföretagens beslutsprocesser och arbete med miljöprofilering (carbon footprint). Leverantörer till industrin får ökad kunskap om hur de kan anpassa sina produkter till fjärrvärme, vilket även kan vara en konkurrensfördel.

1.3 Mål

Projektets övergripande mål är att skapa en handbok för konvertering till fjärrvärme i industriella processer. Minst en ny tillämpning för fjärrvärme i industriprocesser ska analyseras.

- Delmål 1: Beskriv villkor/krav för konvertering
- Delmål 2: Identifiera 3-5 industriprocesser för vilka fjärrvärme kan tillämpas
- Delmål 3: Beskriv hur de 3-5 utvalda industriprocesserna kan konverteras till fjärrvärme. Analysera minst en ny tillämpning för fjärrvärme i industriprocesser. Vägledning sammanfattas i en handbok (10 sidor)

Delmål 1: Beskriv villkor/krav som måste uppfyllas för att konvertering till fjärrvärme i industriella processer ska vara möjlig. Villkoren är av teknisk karaktär (temperatur, effekt, varaktighet, värmeöverföring, infrastruktur) och ekonomisk karaktär (återbetalningstid). Beskriv även hinder som finns, exempelvis krav på leveranssäkerhet, returtemperatur och systemeffektivitet i fjärrvärmenätet.

Delmål 2: Identifiera 3-5 industriprocesser för vilka fjärrvärme kan tillämpas. Målet för projektet är att analysera minst en ny tillämpning för fjärrvärme i industriprocesser. Urval av tillämpningar sker i samråd med referensgruppen.

Delmål 3: Beskriv hur de 3-5 utvalda industriprocesserna kan konverteras till fjärrvärme. Målet för projektet är att analysera minst en ny tillämpning för fjärrvärme i industriprocesser. Beskrivningen ska vara en tydlig vägledning vid konverteringsarbetet för både fjärrvärmeföretag och industriföretag. Vägledningen sammanfattas i en handbok (10 sidor, mottagarorienterad mot industrin).

Inom de tillämpningar som redan är kända tillförs ny kunskap i form av uppföljning och erfarenhetsåterföring av genomförda konverteringar. Uppföljning av konverteringar är sällsynta och bör beskrivas. Vidare undersöks systemeffektivitet, dvs. konverteringens påverkan på fjärrvärmesystemet.

För vissa tillämpningar finns vanligtvis problem med hög returtemperatur. I projektet ska metod för hantering av hög returtemperatur beskrivas.

I handboken ingår teknisk metod och tekniska krav, ekonomisk värdering, miljövärdering samt hinder. Även projektering/upphandling för fjärrvärme i nya processer beskrivs. Resultatet från delmål 3 kan vara att någon av de utvalda processerna inte anses lämplig för konvertering till fjärrvärme. Denna slutsats kommer att motiveras.

1.4 Frågeställningar

Projektets mål kan översättas till följande frågeställningar:

- Vilka villkor/krav måste uppfyllas för att konvertering till fjärrvärme ska vara möjlig?
- Vilka industriprocesser är lämpliga att konvertera till fjärrvärme m a p potential och genomförbarhet?
- Vilken ny tillämpning finns för fjärrvärme i industriprocesser?
- Hur genomförs konvertering av utvalda industriprocesser?
- Hur påverkas ekonomi och miljö av konvertering till industriprocesser?

1.5 Metod

Projektet har till stor del genomförts genom informationsinhämtning via litteraturstudier, intervjuer, studie-/platsbesök och från referensgruppens medlemmar samt referensgruppsmöten.

Industri- och fjärrvärmeföretag som genomfört konvertering till fjärrvärme intervjuades och/eller besöktes. Genom referensgruppen och övriga kontakter erhöles tillgång till kunskap från anläggningar och tidigare genomförda projekt.

Handbokens innehåll baseras på rapporten men har förenklats. Handbokens syfte är att belysa goda exempel på fjärrvärmekonverteringar och därför är innehållet mer lättillgängligt.

1.6 Avgränsningar

Projektet syftar endast till att studera konvertering *till* fjärrvärme och därmed ej *tillvaratagande* av spillvärme. Absorptionskyla utelämnas då det finns flera andra studier gjorda på området.

2 VILLKOR OCH KRAV FÖR FJÄRRVÄRME TILL INDUSTRIPROCESSER

Traditionellt står el och lokalt omvandlade bränslen för största delen av industrins värmeförsörjning. Att ersätta el och andra bränslen med fjärrvärme innebär skilda förutsättningar vad gäller såväl teknik, ekonomi som miljö. Syftet med detta avsnitt är att tydliggöra dessa skillnader genom att redogöra för fjärrvärmens förutsättningar. Förutsättningarna sammanfattas i villkor och krav som måste vara uppfyllda för att konvertering till fjärrvärme i industriella processer ska vara genomförbart. Många av villkoren och kraven är gemensamma för både leverantör och kund. Samtidigt skiljer sig villkoren och kraven givetvis åt från fjärrvärmeleverantörens respektive industrikundens perspektiv.

Fjärrvärmeleverantören har ofta fokus på systemeffektivitet för produktion och distribution av fjärrvärme. I praktiken handlar det om att en nyansluten fjärrvärmelast bör ha ett varaktigt värmeuttag som gynnar baslastproduktionen och, i kraftvärmesystem, även elproduktionen. Man ser ogärna att effekter och flöden fluktuerar för mycket, då detta har en negativ påverkan, inte bara på produktionsförutsättningar, men även på stabiliteten i nätet och leveranskvalitet till övriga kunder. För att uppnå hög systemeffektivitet i distributionsnätet är det dessutom viktigt att hålla så låga fram- och returtemperaturer som möjligt, givet förutsättningarna. Syftet med att hålla nere temperaturerna är bl. a att minska distributionskostnader, erhålla högre elutbyte vid kraftvärmeproduktion samt kunna tillvarata restvärme.

Ur industrikundens perspektiv ställs krav på produktivitet, kostnadseffektivitet, kvalitet, leveranssäkerhet och miljöriktighet. Ofta är industriprocessernas värmebehov varaktiga och jämnt fördelade över året, vilket sammanfaller med önskemålen från fjärrvärmeleverantören. I vissa fall är däremot temperaturkraven för industriprocesser högre än vad fjärrvärmeleverantören kan tillgodose. Ca 30 % av värmebehovet i europeisk industri kan dock tillgodoses med fjärrvärme¹⁰, se Figur 3. Otillräcklig framledningstemperatur för fjärrvärmerna kan i vissa fall lösas med spetsvärme från annat bränsle.

¹⁰ Werner S, 2006

I kommande del av kapitlet sammanfattas villkor och krav för att konvertera till fjärrvärme i industriella processer. Indelning görs med avseende på teknik, ekonomi och miljö. Exempel på villkor och krav av teknisk karaktär:

- differenstryck, ledningsdimension och flöde
- värmeöverföring
- framlednings- och returtemperatur
- systemeffektivitet
- effekt
- varaktighet (drifftimmar) och energi

Exempel på villkor och krav av ekonomisk karaktär:

- produktionskostnad för fjärrvärme
- energikostnad för kund (ev. omvandlingsfaktor, verkningsgrad, för bränslen)
- distributionskostnad, linjetäthet (energimängd per meter ledning, MWh/m)
- investeringskostnad
- kapitalkostnad
- underhållskostnad
- driftkostnad
- ekonomiska styrmedel
- återbetalningstid
- nuvärde

Vissa faktorer ligger i gränslandet mellan teknik och ekonomi, exempelvis leveranssäkerhet och tillgänglighet. Bristande tillgänglighet kan bli mycket kostsamt för industrikunden.

Exempel på miljöfaktorer:

- resurseffektivitet (förhållande mellan primärenergi och levererad energi)
- klimatpåverkan och andel fossila bränslen (jämförelse med befintligt bränsle och fjärrvärme)

2.1.1 Tekniska villkor

Tekniska villkor för fjärrvärme indelas i bestämmelser respektive tekniska krav. Inledningsvis beskrivs bestämmelserna.

2.1.1.1 Bestämmelser

Det finns en rad bestämmelser, anvisningar, normer, standarder, kontrollkrav, myndighetskrav samt direktiv som rör fjärrvärmecentralen och dess komponenter. Svensk Fjärrvärmes tekniska bestämmelser utgör branschstandard. I bestämmelserna finns fjärrvärmebranschens samlade kunskap inom distribution och fjärrvärmecentraler. Syftet är att bestämmelserna ska användas vid planering, upphandling och utförande av fjärrvärmesystem och omfattar handlingar för komponenter, anvisningar, certifiering och garanti. I bestämmelserna framgår funktions- och utförandekrav.

Anslutning av industriprocesser till fjärrvärme ska utföras enligt de eventuella lokala bestämmelser som finns för aktuellt fjärrvärmenät och bestämmelser utgivna av Svensk Fjärrvärme (F:101, F:103-n, F:104, F:109, F111). Lokala bestämmelser gäller före bestämmelser utgivna av Svensk Fjärrvärme. Utöver Svensk Fjärrvärmes bestämmelser kan ytterligare krav, direktiv och bestämmelser tillkomma på grund av de individuella förutsättningar som förekommer inom industrier. Exempelvis kan tryckklassen vara högre än normalt inom vissa industrier eller att risker vid läckage kan uppstå inom livsmedelindustrin. Vidare kan ämnet som ska värmas exempelvis vara frätande eller explosivt.

Svensk Fjärrvärmes tekniska bestämmelser F:101¹¹, gällande fjärrvärmecentralen, är gemensam för den svenska fjärrvärmebranschen. I bestämmelsen beskrivs hur en byggnad anpassas till ett fjärrvärmesystem samt gällande krav för fjärrvärmecentralen med avseende på dimensionering, utförande, installation, drift och underhåll. Även om bestämmelsen är inriktad mot fastighetsuppvärmning och tappvarmvatten gäller den likväl anslutning av industriprocesser. Vid upphandling och övertagande av anläggning ska tekniska bestämmelser F:101 användas.

Följande krav ska alltid ställas på installationen och fjärrvärmecentralen:

- god avkylning av fjärrvärmevattnet
- god systemfunktion inom hela effektområdet
- enkel och överskådlig teknikupbyggnad
- enkel och överskådlig styr- och reglerteknik

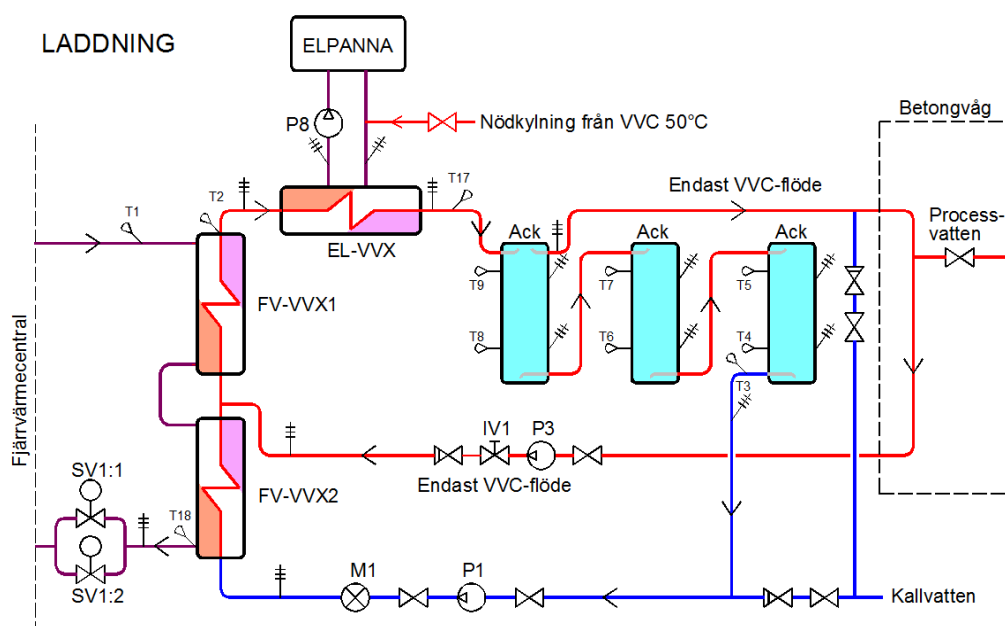
Leverantör och entreprenör ska dokumentera att fjärrvärmecentralen uppfyller fjärrvärmeleverantörens och anläggningsägarens krav. Ingående komponenter specificeras i dokumentationen. Bestämmelsen är bilagd avtalet som upprättas mellan fjärrvärmeleverantör och kund. Vid anslutning till fjärrvärme specificerar fjärrvärmeleverantören temperatur, tryckklass, differenstryck i anslutningspunkt och leveransgräns. Se Tabell 2 för allmänna dimensionerings- och konstruktionsdata. Förslag till kopplingsprincip kan även lämnas, gärna i samråd med industrikunden.

¹¹ Tekniska bestämmelser F:101, Fjärrvärmecentralen, 2014

Tabell 2. Allmänna dimensionerings- och konstruktionsdata för fjärrvärmesystem. *Avser sekundärt inkopplade fjärrvärmecentraler. ** Högre differenstryck kan förekomma. Källa: tabell från Tekniska bestämmelser, F:101.

Fjärrvärmesystem	Dimensioneringsdata	Konstruktionsdata
Konventionellt system Primärsystem	$\leq 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1,6 MPa differenstryck 0,1 – 0,6 MPa**	120 $^{\circ}\text{C}$, 1,6 MPa
Lågtemperatursystem Primärsystem	$\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1,6 MPa differenstryck 0,1 – 0,6 MPa	120 $^{\circ}\text{C}$, 1,6 MPa
Sekundärsystem*	$\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$, 0,60–1,0 MPa differenstryck 0,1 – 0,2 MPa	$\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$, 0,6 – 1,0 MPa

Inför leverans av fjärrvärme ska industrikunden lämna underlag för dimensionering och kopplingsprinciper till fjärrvärmeleverantören (gäller även vid ombyggnad). Underlagen kan även tas fram i samarbete med fjärrvärmeleverantören. Flödesschema ska granskas och godkännas innan installationen påbörjas. De två vanligaste inkopplingsprinciperna är parallellkoppling och tvåstegskoppling, dessa finns beskrivna i Tekniska bestämmelser, F:101. För fjärrvärmeanslutning av industriprocesser ställs ofta särskilda krav på kopplingsprincip eftersom värmelasten skiljer sig från exempelvis värmelast för flerbostadshus. I Figur 4 redovisas exempel på kopplingsprincip för processvattenberedning i en processindustri. Momentant höga laster klaras tack vare ackumulator. Elpanna används som temperaturspets i de fall fjärrvärmens framledningstemperatur är för låg för att klara processvattnets temperaturkrav. Vidare finns fler kopplingsprinciper angivna i Svensk Fjärrvärmes rapport *Fjärrvärmecentralen, kopplingsprinciper*, 2009.



Figur 4. Kopplingsprincip för processvattenberedning i en processindustri. Momentant höga laster klaras tack vare ackumulator. Elpanna används som temperaturspets.

Den produktionsutrustning som skall anslutas till fjärrvärme kan givetvis vara omgärdad av bestämmelser som skiljer sig från fjärrvärmebranschens. Vid exempelvis primäranslutning av produktionsutrustning är detta särskilt viktigt att beakta p.g.a. högre temperatur och tryck.

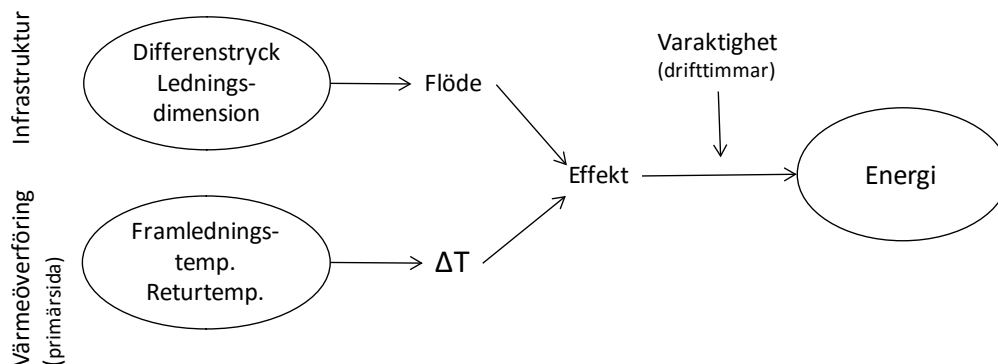
2.1.1.2 Tekniska krav

Samarbetet mellan fjärrvärmeleverantör och industrikund drivs av en gemensam förväntan om att anslutning av industrikundens tillverkningsprocesser och fastighet medför tekniska, ekonomiska och miljömässiga fördelar för parterna. De tekniska, ekonomiska och miljömässiga kraven för industriprocesserna måste kunna uppfyllas utifrån fjärrvärmens egenskaper.

Uppfylls inte kraven i ett första skede behöver åtgärder beaktas från både leverantör och kund. Exempelvis kan en ackumulator eller spetsvärmepanna möta effekt- respektive temperaturbehov. Annan produktionsutrustning eller produktionsteknisk metod kan innebära bättre anpassning till fjärrvärmesystemet.

Inledningsvis finns två avgörande krav som måste vara uppfyllda för att konvertering till fjärrvärme i industriprocesser ska vara genomförbar: *infrastruktur* och *möjlighet till önskad värmeöverföring* i processen. Infrastrukturen (ledningsnätet) måste ha tillräcklig kapacitet i form av differenstryck och ledningsdimension. Värmeöverföringen ska uppfylla temperaturkrav för tillverkningsprocessen och fjärrvärmenätet. Fjärrvärmesystemets framledningstemperatur måste vara tillräcklig för att tillgodose tillverkningsprocessens krav samtidigt som avkylningen behöver vara god för att erhålla låg returtemperatur.

Differenstryck i anslutningspunkten och ledningsdimension är avgörande för hur stort det maximala flödesuttaget kan vara. Fjärrvärmens framledningstemperatur och den sekundära returtemperaturen samt värmeväxlarens kapacitet och termiska längd sätter gränserna för differenstagningarna (ΔT) på primär- och sekundärsida. Vilken värmeeffekt som överförs beror sedan på flödet och ΔT . Varaktigheten, eller drifttimmarna, för värmeöverföringen ger slutligen den överförda energimängden. Sambanden redovisas i Figur 5.



Figur 5. Samband mellan tekniska krav. Differenstryck, ledningsdimension, framlednings- och returtemperatur avser primärsida. Motsvarande parametrar finns för sekundärsida. För att erhålla en given effekt är litet flöde och högt ΔT mest gynnsamt för fjärrvärmesystemets systemeffektivitet.

Följande tekniska krav redovisas nedan:

- differenstryck, ledningsdimension och flöde
- värmeöverföring
- framlednings- och returtemperatur
- systemeffektivitet
- effekt
- varaktighet (drifftimmar) och energi

2.1.1.2.1 Differenstryck, ledningsdimension och flöde

Ledningsdimension och differenstryck i anslutningspunkten, tillsammans med avstånd till anslutningspunkten samt tryckförluster längs sträckan, avgör flödeskapaciteten vid industrikundens fjärrvärmecentral. Kravet är att flödet ska vara tillräckligt stort för att industriprocessens effektbehov ska kunna tillgodoses vid givna förutsättningar. Det måste säkerställas att fjärrvärmeflödet, *för samtliga tänkbara driftfall*, är tillräckligt. Se även 2.1.1.2.5 Effekt.

Fjärrvärmeleverantören lämnar uppgifter på dimensionerande differenstryck vid leveransgränsen. Uppgifterna ska användas vid utförande av fjärrvärmecentralen och vid dimensionering av styrventiler. I ett konventionellt primärt fjärrvärmesystem är differenstrycket typiskt 0,1-0,6 MPa (konstruktionstryck 1,6 MPa).

Vid primäranslutning kan tryckväxlare användas för att erhålla anpassat tryck med hänsyn till produktionsutrustningen.

2.1.1.2.2 Värmeöverföring

Värmeöverföringen till industriprocessen sker i regel i två steg. Först värmeöverföring från fjärrvärmens primärsida till sekundärsida och sedan från sekundärsida till det medium som ska värmas i industriprocessen. Vid värmeväxling mellan primär- och sekundärsida sker temperaturförlust. Förlustens storlek beror på hur värmeväxlar-

en är dimensionerad. Primäranslutning av industriprocessen är ett alternativ om temperaturförlusten är kritisk för möjligheten att konvertera till fjärrvärme.

Krav på värmeöverföring från fjärrvärmens primärsida till värmekretsens sekundärsida finns väl beskrivna och definierade i Svensk Fjärrvärmes tekniska bestämmelser F:101. Även system som är direkt primäranslutna (utan sekundär värmeväxling) beskrivs.

Värmeöverföring från värmekretsens sekundärsida till ett medium i industriprocessen kräver däremot en hel del handpåläggning och kan därför inte beskrivas generellt.

Olika typer av värmeöverföring (strålning, konvektion, ledning) kan förekomma och även olika aggregationstillstånd (gas, vätska, solid) för mediet i industriprocessen. Vidare kan syftet med värmeöverföringen vara att åstadkomma fasomvandling hos mediet i industriprocessen, exempelvis smältning eller förångning.

Mediet som ska värmas kan även vara exempelvis frätande eller korrosivt och därför kan speciella krav ställas på utrustningen för värmeöverföring.

För att värmeöverföringen ska uppfylla fjärrvärmeleverantörens krav på returtemperatur krävs att ett tillräckligt högt ΔT för fram-/returledning erhålls. Begränsad framledningstemperatur i fjärrvärmenätet och krav på ΔT är två utmaningar vid värmeöverföring i industriprocesser.

Praktiskt genomförd värmeöverföring till olika medium beskrivs i avsnitt Analys av industriprocesser.

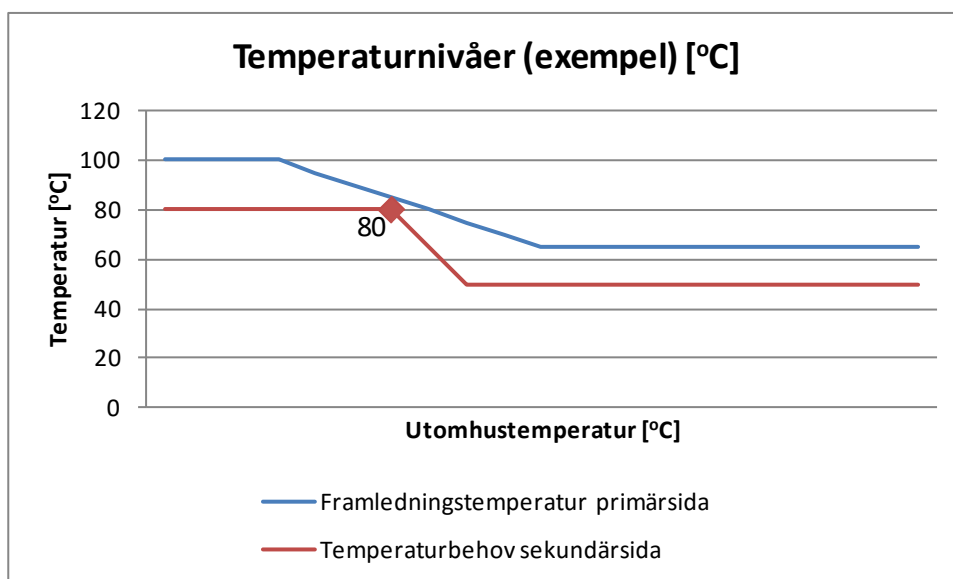
Eftersom värmeöverföring i industriprocesser ofta innehåller unika lösningar krävs även skräddarsydd styr- och reglerutrustning.

2.1.1.2.3 Framlednings- och returtemperatur

Många äldre fjärrvärmesystem är dimensionerade för framledningstemperatur på 120°C men nya anslutningar i nätet dimensioneras som regel för en framledningstemperatur på maximalt 100°C. Högsta framledningstemperaturen återfinns vid kallaste utomhustemperaturen. Sedan sjunker framledningstemperaturen med högre utomhustemperaturer, se Figur 6. Efter brytpunkten hålls framledningstemperaturen oförändrad på en nivå som ska tillgodose behov för tappvarmvatten. Lågtemperatursystem har, som regel, konstant framledningstemperatur oavsett utomhustemperatur.

I Figur 6 redovisas en exempelkurva på en industrikunds temperaturbehov (röd linje). I exemplet uppfylls kundens krav på framledningstemperatur. Det dimensionerande flödet uppstår när avståndet mellan kurvorna är som minst (förutsatt oförändrat effektbehov). I detta fall vid brytpunkten 80°C för temperaturbehov på sekundärsidan.

Figur 6. Exempelkurva för framledningstemperatur primärsida respektive temperaturbehov sekundärsida som funktion av utomhustemperatur. Dimensionerande flödesbehov uppstår när differensstemperaturen mellan de båda kurvorna minskar. I detta fall vid brytpunkten 80°C för temperaturbehov sekundärsida.



Vid fjärrvärmeanslutning av industriprocesser kan framledningstemperaturen vara en begränsande faktor. Tillgänglig framledningstemperatur i ett fjärrvärmesystem i relation till industriprocessernas temperaturkrav utgör en gränslinje för vilka processer som kan konverteras till fjärrvärme. Detta är därför en av de första aspekterna som bör beaktas vid utredning av möjlig konvertering. Otillräcklig framledningstemperatur kan i vissa fall dock kompenseras med spetsvärmning eller ökad framledningstemperatur i distributionsnätet, särskilt sommartid. Om framledningstemperaturen ökas behöver medförd kostnadsökning relateras till ökade intäkter för fjärrvärmeleverantören. Ökad framledningstemperatur innebär kostnader för värmeförluster och minskad verkningsgrad för elproduktion (om kraftvärme). Samtidigt innebär temperaturhöjning möjlighet till ökat underlag för elproduktion samt ökade intäkter tack vare merförsäljning av fjärrvärme. I praktiken kan minskad framledningstemperatur leda till minskat kundunderlag. När det gäller industriprocesser kan temperaturkraven revideras genom att jämföra med andra leverantörer av utrustning och material, använda andra processer eller tillverkningsmetoder och ifrågasätta traditionsbundna metoder.

Vidare är lägsta möjliga returtemperatur önskvärd för att erhålla så stor differens-temperatur (ΔT) som möjligt mellan fram- och returledning vid en given framledningstemperatur. Högt ΔT medför minskad elanvändning för pumpning och ger även högre elutbyte vid kraftvärmeproduktion samt bättre verkningsgrad för eventuell rök-gaskondensering. Mindre ΔT kräver större värmeväxlare och därmed större investering. Storlek på värmeväxlare påverkar även sekundära framledningstemperaturen.

F:101 anger att primärsidans returtemperatur högst får överstiga sekundärsidans med 3°C. Vid anslutning av industriprocesser kan förutsättningarna skilja sig åt men 3°C temperaturskillnad mellan returledningarna är en tumregel. Avkylningen i fjärrvärmecentralen (FVC) är normalt avhängig injustering, dimensionering, prestanda och funktion av såväl själva FVC som hela sekundärsystemet. Vissa befintliga sekundärsystem, med exempelvis 3-vägsshuntar, är inte anpassade för fjärrvärme och kräver anpassning för fjärrvärme. Exempelvis kan ventiler och pumpar i ett sekundärsystem som är anpassat för oljepanna behöva dimensioneras om och bytas vid fjärrvärmean-slutning. Anpassning av sekundärsystem är kostsamt men nödvändigt om returtempe-raturen från systemet blir alltför hög.

Vid anslutning av industriprocesser krävs specialanpassning vid val av kopplings-princip, dimensionering och injustering. Att tillgodose fjärrvärmeleverantörens och industrikundens temperaturkrav är en utmaning.

2.1.1.2.4 Systemeffektivitet

För att uppnå en övergripande systemeffektivitet i fjärrvärmesystemet krävs låg fram-ledningstemperatur och högt ΔT , vilket nämnts ovan. Vidare innebär ett jämnt lastut-tag med få effekttoppar en minskad drifttid för kostsamma och miljöbelastande spets-lastanläggningar. Industriprocesser är i många fall oberoende av utomhustempera-turen och har varaktigt värmebehov över året. Detta ger förutsättningar för jämnare lastuttag för fjärrvärmesystemet i stort och därmed högre systemeffektivitet. Det är även gynnsamt med tillräckligt stor baslast sommartid så att fjärrvärmeleverantören slipper kyla bort eller stänga baslastpanna och ersätta med spetspanna.

Systemeffektivitet hos industrikunden kännetecknas av ett effektivt produktions-system. Krav ställs på produktivitet, kvalitet, leveranssäkerhet, kostnadseffektivitet och miljöriktighet. Fjärrvärme har i många fall fördelar vad gäller kostnadseffektivitet och miljöriktighet. När det gäller produktivitet ställs krav på att konvertering till fjärrvärme inte innebär exempelvis längre ställtider, cykeltider, lägre produktionstakt eller minskad flexibilitet. Vidare är det givetvis viktigt att konvertering till fjärrvärme inte innebär försämrad kvalitet eller leveranssäkerhet.

2.1.1.2.5 Effekt

Som nämndes under systemeffektivitet ovan så innebär anslutning av industriproces-ser till fjärrvärme i regel ett jämnare effektuttag över året vilket gynnar fjärrvärme-leverantören. För industrikunden innebär fjärrvärme en ökad flexibilitet vad gäller framtida effektbehov jämfört med lokal värmeproduktion med egen panna/pannor. Förutsättningen är dock att det finns tillgängligt fjärrvärmeflöde och att tillräckligt ΔT uppnås för att tillgodose efterfrågad värmeeffekt.

Differenstryck och framledningstemperatur i fjärrvärmenät är i regel anpassade ef-ter fastighetsuppvärmning och tappvarmvattenberedning. För flerbostadshus samman-faller maximalt effektbehov i regel med dimensionerande utomhustemperatur (DUT). Vid denna tidpunkt är vanligtvis även differenstrycket och framledningstemperaturen som högst.

För industriella processer är sambandet mellan utomhustemperatur och effektbehov betydligt mindre. Det innebär att maximalt effektbehov för industriprocessen mycket väl kan inträffa när fjärrvärmesystemets differenstryck och/eller framledningstemperatur är lägre än vid DUT. Industrikundens efterfrågan på tryck och temperatur behöver jämföras med tillgängligt tryck och temperatur i anslutningspunkten *för årets samtliga driftfall*. Jämförelsen ger svar på om fjärrvärmen *varaktigt* kan tillgodose industriprocessens krav på effekt och temperatur.

Är den tillgängliga värmeeffekten alltför låg kan eventuellt någon/några av följande åtgärder vidtas (om ekonomiskt försvarbart):

1. tryckstegringspumpar eller höjd trycknivå i nätet
2. ökad ledningsdimension
3. höjd framledningstemperatur
4. åtgärder för att förbättra ΔT vid värmeöverföringen

Alla ovanstående åtgärder påverkar, i större eller mindre grad, systemeffektiviteten. Punkt 1-3 leder i de flesta fall till försämrad systemeffektivitet, medan punkt 4 förbättrar systemeffektiviteten som regel.

För att klara momentant höga laster kan även industrikundens sekundärsida förses med ackumulatortankar som laddas mellan uttagen eller exempelvis elpanna. Effektbehovet påverkas även av huruvida det finns värmeåtervinning eller spillvärme från industrins processer.

För en korrekt dimensionering av servisleddning och fjärrvärmecentral är det viktigt att, så tillförlitligt som möjligt, bestämma industriprocessens effektbehov och temperaturkrav. Uppmätta värden på (värme)effekter och temperaturer är att föredra; gärna med god tidsupplösning (t.ex. timmedelvärden) för ett år. Saknas detta kan beräkningar göras med hjälp av kända produktionskrav (på exempelvis flöden och temperaturer), märkeffekter på befintliga värmeproduktionsenheter, års-/månadsförbrukningar av el/bränsle och/eller loggning av flöden och temperaturer. I beräkningarna bör hänsyn även tas till om värmebehovet förväntas öka i framtiden.

För att beräkna energibehovet vid konvertering till fjärrvärme kan befintlig energitillförsel ligga till grund. Uppgifter om bränsleanvändning före konvertering ger indikation på värmebehovet. Det är dock viktigt att beakta omvandlingsförlusterna (verkningsgraden) för tidigare intern värmeproduktion. Vid konvertering till fjärrvärme ligger omvandlingsförlusterna hos fjärrvärmeleverantören. Fjärrvärmebehovet vid konvertering motsvarar primärenergibehovet för intern panna exklusive omvandlingsförluster.

2.1.1.2.6 Varaktighet (drifttimmar) och energi

Vid konvertering av industriprocesser till fjärrvärme krävs relativt lång varaktighet (många drifttimmar) samt ett effektbehov som ger tillräckligt stor energianvändning för att motivera investeringar för både fjärrvärmeföretag och industrikunder. Varaktigheten styrs av industriprocessens kontinuitet. Processindustrier har ofta kontinuerlig produktion vilket gynnar varaktigheten. På samma sätt får tillverkningsindustrier med skiftgång relativt lång varaktighet. Varaktigheten påverkas negativt om efterfrå-

gan endast uppstår vid spetsvärmebehov eller under del av dygnet (dygnsvariationer) respektive del av året (säsongvariationer). Intern värmeåtervinning kan begränsa behovet av fjärrvärme. Lång varaktighet med relativt jämn last medför flackare varaktighetskurvor.

2.1.2 Leveranssäkerhet

Fjärrvärme kännetecknas av tillförlitlighet och hög leveranssäkerhet. För industrin är produktionsbortfall mycket kostsamma varför energiförsörjningens tillförlitlighet är viktig, särskilt inom processindustri. Fjärrvärmeleverantörens huvudverksamhet är produktion och distribution av värme vilket kan jämföras med att lokal värmeproduktion inom industrier hör till dess kringverksamhet. Även om leveranssäkerheten är hög kan brister i tillgänglighet uppstå inom produktion, distribution, fjärrvärmecentralen eller i industriprocessens utrustning.

Tänkbara orsaker till bristande tillgänglighet:

- lägre framledningstemperatur än beräknat
- lägre differenstryck än beräknat
- oförutsett stopp i fjärrvärmens produktionsanläggning (oftast är dock beredskapen för sådana driftstörningar hög)
- brott i fjärrvärmeledningen som kräver att ledningen stängs ned och repareras/byts ut
- fel i regler- och styrutrustning eller felinställda börvärden
- fel i industriprocessens utrustning
- komponenter i industrins interna system kräver högre temperaturer än vad fjärrvärmens kan leverera, exempelvis på grund av för dålig värmeöverföringskapacitet i värmeväxlare/batterier (observera att detta inte nödvändigtvis innebär att processerna kräver dessa temperaturer)
- underskattat effektbehov, högre interna värmeförluster inom industrin är beräknat

Fjärrvärmeleverantören och industrikunden kan vidta åtgärder för att öka leveranssäkerheten. Industrikunden kan hålla med egen lokal värmeproduktion för redundans, alternativt kan fjärrvärmeleverantören överta ansvaret för befintlig lokal värmeproduktionsanläggning för spets och/eller reservproduktion. Vidare kan uttag för mobila pannor installeras. Fjärrvärmecentralen kan förses med parallell värmeväxlare för redundans.

Distributionsnätet kan säkras med hjälp av ringmatning, decentraliserade värmeproduktionsenheter och anslutningspunkter för mobila pannor.

Förebyggande underhåll av fjärrvärmecentralen och utrustning för industriprocessen minskar också risken för bristande tillgänglighet.

Kostnaden för reservhållen värmeproduktion måste relateras till den förväntade avbrottstiden och effektbehovet under avbrottstiden samt förluster p.g.a. industrikundens produktionsbortfall.

2.1.3 Ekonomiska villkor

Ekonomisk lönsamhet för fjärrvärmeleverantör och industrikund är givetvis ett avgörande krav för konvertering till fjärrvärme i industriprocesser. Att redovisa generella ekonomiska nyckeltal för konvertering till fjärrvärme är svårt då de lokala förutsättningarna är vitt skilda, se förslag på kalkyl i Tabell 4. Utgångspunkten för ekonomisk bedömning är industrikundens nuvarande energikostnad. Hur stor del av omsättningen utgörs av energikostnader? När en investeringskalkyl för fjärrvärme görs är det även viktigt att ta hänsyn till den *energieffektiviseringspotential* som minskade omvandlings- och temperaturförluster ger.

Avkastningskraven är generellt högre för investeringar inom industriföretag jämfört med energibolag. Fjärrvärmeleverantörer har varit med och burit delar av industrikundens investeringar vid flera genomförda industrisamarbeten. Fjärrvärmeleverantörens investeringskostnad har då betalats via industrikundens löpande kostnader. Affärsrisken har hanterats med anpassad avtalslängd.

Fördefinierade fjärrvärmepriser i ett flerårigt avtal ger industrikunden kontroll över kostnader. Industrier med hög returtemperatur har blivit erbjudna hjälp från fjärrvärmeleverantören för att minska temperaturen och därmed sin flödestaxa (om sådan tillämpas).

Vid intervjuer med fjärrvärmeleverantörer och industrikunder visar det sig att en framgångsfaktor har varit att leverantören kunnat erbjuda färdiga koncept för fjärrvärme¹². I konceptet har fjärrvärmetaxan varit anpassad efter leverantörens marginalkostnad för värmeproduktion, vilket gynnar industrikunder med jämnt lastuttag. Taxan har även varit enkel och överskådlig. Vidare har fjärrvärmeleverantören deltagit redan tidigt i projekt som rör energiförsörjning hos industrikunden. Leverantören har i vissa fall lett utredningsarbetet och föreslagit tekniska lösningar. Temperaturkrav kan i många fall revideras för att få ökad energieffektivitet. Det är viktigt att lednings-, produktions- och driftpersonal deltar från början i projekten.

Kostnaderna för fjärrvärmeleverantör respektive industrikund kan delas in i bränsle-, investerings-, kapital-, drift- och underhållskostnader, se Tabell 3.

¹² Margareta Eriksson, distributionschef Falu Energi & Vatten, telefonsamtal den 13 oktober 2014

Tabell 3. Förenklade kostnader för fjärrvärme. Ekonomiska styrmedel (avgifter eller bidrag) kan påverka bränsle-/energikostnad samt investerings-/kapitalkostnad.

Kostnad/Part	Fjärrvärmeleverantör	Industrikund
Bränsle-/energikostnad	Bränslekostnad, skatter, avgifter, omvandlingsförluster, värmeförluster distribution.	Energikostnader, distributionsavgift, (omvandlingsförluster vid lokal värmeproduktion), internt tillvaratagande av spillvärme kan minska kostnader
Investeringskostnad Kapitalkostnad	Investerings-, kapitalkostnad för produktionsenheter och distributionssystem.	Anslutningskostnad. Investerings- och kapitalkostnad för fjärrvärmecentral, eventuellt anpassning av sekundärnät för värmedistribution samt anpassning av produktionsutrustning
Driftkostnad	Drift av produktionsenheter och distributionssystem	Värme- och tryckförluster i intern distribution
Underhållskostnad	Underhåll av produktionsenheter och distributionssystem	Underhåll av fjärrvärmecentral, sekundärt distributionssystem och produktionsutrustning

För att uppnå lönsamhet för både fjärrvärmeleverantören och industrikunden ställs krav på att följande villkor ska vara uppfyllt:

storskaliga värmeproduktionskostnader + värmedistributionskostnader < lokala värmeproduktionskostnader i industrikundens regi.

Villkoret ovan gynnas av att de specifika produktionskostnaderna oftast är lägre för storskaliga anläggningar jämfört med mindre lokala anläggningar, tack vare skal fördelar. Även omvandlingsförluster och emissioner är generellt lägre för storskaliga anläggningar. När el och värme produceras i kraftvärmeverk erhålls kostnadsfördelar som kan medföra mer konkurrenskraftigt pris på fjärrvärme.

Fjärrvärmeleverantörens kostnader härleds huvudsakligen till produktion och distribution av fjärrvärme. Produktionskostnaden kan förenklat delas in i bränsle-, investerings-, kapital-, drift- och underhållskostnader. I vissa fall kan fjärrvärmeleverantören ta över industrikundens skatterabatt vid konvertering till fjärrvärme. Distributionskostnader kan delas in i investerings-, kapital-, drift- och underhållskostnader. I driftkostnader för distribution ingår energikostnader för tryckförluster (pumpning) och värmeförluster.

Ur fjärrvärmeleverantörens synvinkel önskas största möjliga utnyttjandegrad för de investeringar som genomförs. Industrikunder med varaktig och jämn värmelast är gynnsamma för fjärrvärmeleverantören ur ett utnyttjandegrads perspektiv. Vidare möjliggör varaktiga laster ökat utnyttjande av spillvärmekällor sommartid. Distributionskostnaden är beroende av utnyttjandegraden för distributionsnätet (linjetätheten, MWh/m). Beroende på var industrikunden är belägen finns möjlighet till ökad linjetäthet och därmed lägre specifika distributionskostnader. Om industrikundens värme-

last är varaktig, jämn och samtidigt bidrar till ökad linjetäthet finns goda möjligheter att erhålla ett konkurrenskraftigt energipris för fjärrvärme jämfört med andra bränslen.

I Fjärrsynprojektet *Fjärrvärmens affärsmodeller*¹³ framhävs behovet av att prismodellen ska vara mer knuten till faktiska kostnader för produktion och distribution av fjärrvärme. Detta talar för att många industrikunder kan få ett konkurrenskraftigt pris vid jämnt effektuttag eftersom det medför lägre kostnader för fjärrvärmeleverantören. Leverantören kan även lämna ett speciellt anpassat avtalsförslag som speglar faktiska kostnader till industrikunden.

Däremot måste risken för ökade kostnader på grund av förändrad fram- och returtemperatur alltid beaktas utifrån både fjärrvärmeleverantörens och industrikundens perspektiv.

Industrikundens kostnader härleds till inköpt energi, lokal energiomvandling (t. ex. i egen panna), intern värmedistribution och värmeöverföring i industriprocessen. Kostnaderna kan förenklat delas in i energi-, investerings-, kapital-, drift- och underhållskostnader.

Energikostnaden är beroende av bränslekostnader, skatter, distributions-/nätkostnader och omvandlingsförluster vid eventuell lokal energiomvandling i exempelvis en oljepanna. Vid konvertering från lokal panna till fjärrvärme förflyttas omvandlingsförlusterna till fjärrvärmeleverantören.

Genom att anpassa industriprocessernas temperaturnivåer efter fjärrvärme ökar möjligheten till internt tillvaratagande av eventuell spillvärme med minskade energikostnader som följd. Lägre temperaturnivåer i industriprocessen minskar generellt även värmebehov och energiförluster vilket resulterar i minskade energikostnader.

Investerings-, drift- och underhållskostnader för värmeproduktion förflyttas till fjärrvärmeleverantören när industrikundens lokala panna ersätts med fjärrvärme. Däremot kan fjärrvärmekonvertering innebära investeringskostnader för industrikunden i form av anslutningskostnad, fjärrvärmecentral, intern värmedistribution (anpassning av sekundärnät) samt anpassning av utrustning i stöd- och tillverkningsprocesser. Vid investeringar måste teknisk respektive ekonomisk livslängd beaktas.

Vidare kan drift- och underhållskostnader förändras vid konvertering till fjärrvärme.

Intern värmedistribution är förenad med driftkostnader i form av värme- och tryckförluster. Underhållskostnader för fjärrvärmecentral, sekundärt distributionssystem och produktionsutrustning kan tillkomma eller förändras.

¹³ B Rydén et al, 2013

2.1.3.1 Ekonomisk kalkyl

Vid ekonomisk kalkylering är industrikundens nuvarande energikostnad utgångspunkt. I samband med ekonomisk kalkyl bör kommande energianvändning med fjärrvärme beräknas. Energianvändningen påverkas om industrins egen panna ersätts med fjärrvärme då omvandlingsförlusterna (beroende av verkningsgrad) förflyttas till fjärrvärmeleverantören. Vidare finns det möjlighet till energieffektivisering vid konvertering, exempelvis genom sänkt temperatur i processen. Fjärrvärmepris och investeringskostnaderna för industrikunden är beroende av om fjärrvärmeleverantören tar del av eller hela investeringskostnaden. Framtida skatter och styrmedel samt prisutveckling för olika bränslen är osäkerhetsfaktorer. Ett förslag till grundläggande ekonomisk kalkyl redovisas i Tabell 4.

Tabell 4. Grundläggande ekonomisk kalkyl för industri.

Energikostnader	
Utgångsläge	
Nuvarande energipris (inklusive skatter)	kr/MWh
Energibehov inklusive ev. omvandlingsförluster	MWh/år
Årlig energikostnad	kr/år
Med fjärrvärme	
Fjärrvärmepris (säsongsbaserat)	kr/MWh
Energibehov med fjärrvärme	MWh/år
Årlig energikostnad	kr/år
Differens energikostnader	kr/år
Drift-/underhållskostnader	
Utgångsläge	kr/år
Med fjärrvärme	kr/år
Differens drift-/underhållskostnader	kr/år
Differens av årlig energi- och drift-/underhållskostnad	kr/år
Investeringskostnader	
Utgångsläge	
Ex. reinvestering panna	kr
Med fjärrvärme	
Ledning/servis, anslutningsavgift	kr
Fjärrvärmecentral	kr
Intern distribution	kr
Anpassning industriprocess	kr
Summa investering	kr
Payback (investering/besparing)	år

Val av investeringskalkyl, exempelvis nuvärdeskalkyl eller payback, är individuellt för respektive projekt. I Tabell 4 ovan anges ingångsvärden för investeringskalkyl.

2.1.4 Miljövärdering

Konvertering till fjärrvärme genomförs i många fall av miljöskäl. Att jämföra miljöeffekter före och efter konverteringen är därför intressant. Myndighetskrav kan vara en pådrivande faktor att jämföra miljöeffekter.

Generellt bidrar centraliserad värmeproduktion till lägre primärenergianvändning och lägre specifika emissioner jämfört med en decentraliserad pannanläggning. Orsakerna till detta är dels bättre rökgasrening och (oftast) mer miljöanpassade bränslen, dels högre verkningsgrad på pannorna.

För att värdera miljömässiga konsekvenser av konvertering till fjärrvärme krävs jämförbara nyckeltal. För de flesta av Sveriges fjärrvärmenät finns lokala miljövärden (nyckeltal) redovisade, se Tabell 5 för exempel. Dessa kan användas för att jämföra fjärrvärmekonvertering med industrins befintliga bränslen.

Miljövärdena redovisar resurseffektivitet, klimatpåverkan och andel fossila bränslen¹⁴.

Resurseffektiviteten mäts som insatt primärenergi¹⁵ i förhållande till levererad mängd värmeenergi. Totalt insatt primärenergi divideras med levererad mängd nyttiggjord värme, $E_{\text{primär}}/E_{\text{levererad}}$ (-). Som mått på primärenergiåtgången för olika bränslen används primärenergifaktorer (PEF). Värde på resurseffektivitet finns redovisat i lokala miljövärden för respektive fjärrvärmenät.

Klimatpåverkan anger utsläpp av koldioxidekvivalenter (fossil koldioxid, metan, lustgas) för levererad energi till kunden. Utsläppen gäller för såväl energiomvandling som distribution och produktion av bränslet. Angivna CO₂-utsläpp i rapporten avser CO₂-ekvivalenter.

Fossila bränslen anger andelen kol, fossil olja och naturgas i förhållande till den totala energi som används för att producera fjärrvärmen.

Delar av fjärrvärmeleveransen kan vara produktspecifik, exempelvis grön fjärrvärme. Grön fjärrvärme kan vara ett alternativ när industrikunden efterfrågar helt förnybar energi (jämför grön el). Andra miljömärkningar: Naturskyddsföreningens miljömärkning Bra Miljöval och Reko Fjärrvärme.

Fjärrvärmens miljövärden har vissa avgränsningar, exempelvis partiklar, försurning och andra faktorer som påverkar miljön. I miljövärdena används schabloner för olika bränslen och därmed inte faktiska värden. För ett visst bränsle kan resurseffektivitet och klimatpåverkan variera beroende på hur det har producerats, avstånd för transport, förbränningsteknik och bränslets fuktighet. Fjärrvärmeleverantören kan ha mer utförliga uppgifter utöver miljövärdena.

För att kunna jämföra fjärrvärme med industrins befintliga bränslen krävs givetvis miljövärden även för dessa. En källa till miljövärden för befintlig energianvändning kan vara industriföretagets miljöredovisning. För jämförelse av **resurseffektivitet** kan primärenergifaktorer (PEF) för olika bränslen hämtas ur Miljöfaktaboken¹⁶. Om in-

¹⁴ Svensk Fjärrvärme, 2012

¹⁵ Primärenergi är resurser tagna från naturen. Primärenergien transporteras, uppgraderas och omvandlas i flera steg på väg till den slutliga användaren.

¹⁶ Gode et al, 2011

dustrin har egen energiomvandling (panna) så påverkar pannans verkningsgrad energianvändningen och därmed miljövärdena. För exempel på beräkning där hänsyn tagits till panneffektivitet och tomgångsförluster, se avsnitt Fjärrvärme till Swerocks betongfabrik i Länna. Uppgifter för att beräkna *klimatpåverkan* i form av koldioxidekvivalenter bör kunna tillhandahållas från bränsleleverantören. På samma sätt kan uppgifter över andelen *fossila bränslen* tillhandahållas.

Vid miljövärdering bör även effekter av energieffektivisering vid konvertering till fjärrvärme beaktas, dvs. mindre energianvändning medför lägre utsläpp.

Tabell 5. Primärenergifaktorer (PEF) samt emissionsfaktorer för CO₂-ekvivalenter för energislag som ingår i miljöjämförelser i denna rapport.

	PEF	CO ₂ -utsläpp
Energislag	MJ/MJ	kgCO ₂ -ekv/MWh
EO1	1,11 ^A	288 ^A
EO2-5	1,11 ^A	295 ^A
El, europeisk elmix	2,2 ^B	400 ^Γ
Gasol	1,07 ^Δ	234 ^Δ
Fjärrvärme Fortum Stockholm	0,21 ^E	82 ^E
Fjärrvärme, Södertörn	0,16 ^E	50 ^E
Fjärrvärme, Mjölby-Skänninge	0,26 ^E	77 ^E
Fjärrvärme, Toyota Material Handling Europe	-	21 ^Z

^A Gode J et al, 2011

^Γ Gode J et al, 2009

^E Svensk Fjärrvärme 2014

^B Persson T, 2008

^Δ Pout C, 2011

^Z Värde erhållet från Toyota Material Handling Europe för 2013, beräknat av MSE enligt tidigare beräkningsmodell

3 ARBETSMODELL

Nedan beskrivs en förenklad arbetsmodell för arbete med att konvertera industriprocesser till fjärrvärme. Initialt behöver industrikundens drivkrafter identifieras då dessa ligger till grund vid beslutsfattande. Fjärrvärmeföretagets drivkrafter att utöka sitt kundunderlag på grund av vikande efterfrågan har beskrivits tidigare. Även behov av jämnt kapacitetsutnyttjande har lyfts fram tidigare i rapporten. Industrikundens drivkrafter kan skilja sig åt beroende på en mängd faktorer. Förenklat kan drivkrafterna delas in i Teknik, Ekonomi och Miljö, se Figur 7. Ny tillgänglig teknik, ändrad produktionsmetod eller kapacitetsförändring kan leda till förändrat effekt- och energibehov, varför alternativ med fjärrvärme kan utredas. Företaget kan även stå inför en reinvestering och behöver utreda alternativa bränslen. Leveranssäkerhet kan vara en drivkraft för industrikunder att vilja ansluta till fjärrvärme.

Inom ekonomi kan givetvis minskade energi-, kapital-, investerings-, drift- och underhållskostnader vara drivkrafter. På samma sätt kan reinvestering på grund av uppnådd ekonomisk livslängd eller ekonomiska styrmedel vara motiv.

Drivkrafter inom miljö kan komma internt från företaget i form av miljöpolicy, från kunder som ställer krav eller myndigheter i form av myndighetskrav.



Figur 7. Möjliga drivkrafter för industriföretag att konvertera till fjärrvärme i sina industriprocesser.

3.1 Urval av industriprocesser

Initialt, vid urval av industriprocesser, bör endast en begränsad mängd avgörande faktorer beaktas, se Figur 8. Dessa kategoriseras inom teknik, ekonomi och miljö.

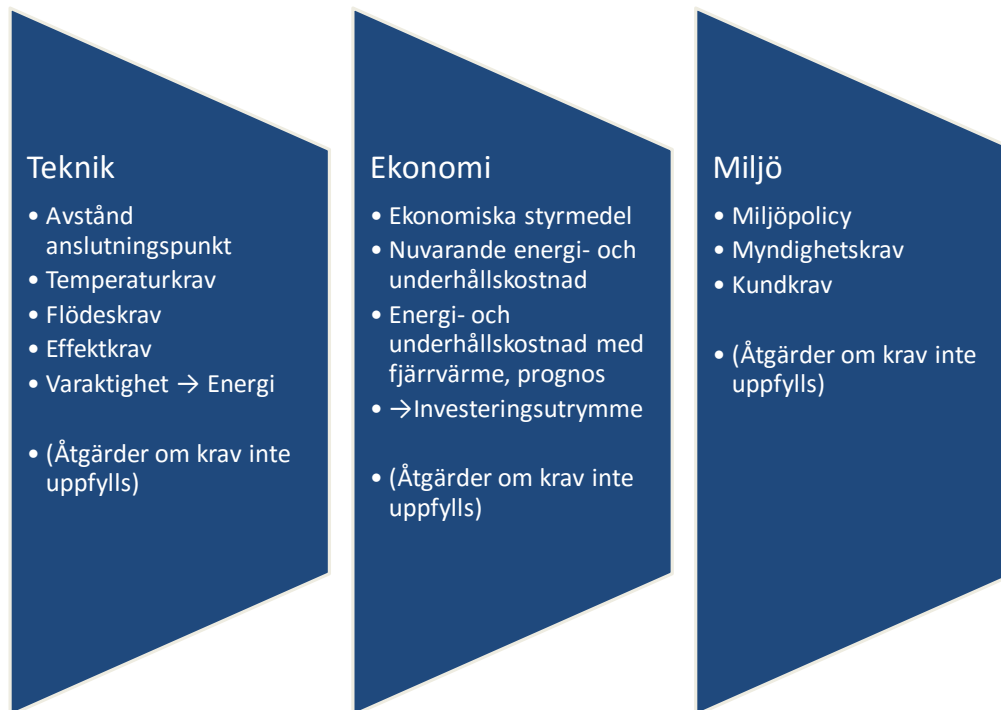
Inom teknik är det första givna villkoret att det ska vara tillräckligt kort avstånd till en anslutningspunkt för att det ska vara rimligt att ansluta en ny kund. Beroende på vilken linjetäthet som uppnås, kan fjärrvärmeleverantören välja att bygga ut eller förstärka nätet.

Temperaturkraven för industriprocessen är en avgörande faktor att betrakta. Vilken temperatur kräver industriprocessen och nås denna under hela året? Kan temperaturkravet revideras med andra tillverkningsmetoder, material eller produktionsutrustning? Finns det andra åtgärder för att uppfylla temperaturkraven? Exempelvis annan kopplingsprincip (exempelvis fram→fram-koppling¹⁷) eller temperaturspets (med hjälp av t.ex. elpanna). Likaså måste flödeskraven vara uppfyllda under hela året för att effektkraven ska kunna uppfyllas. Varaktighet för industriprocessen är det sista urvalskriteriet som i sin tur medför en viss överförd energimängd. Varaktigheten, och därmed energimängden, bör vara tillräcklig för att motivera en fortsatt utredning av konvertering till fjärrvärme. De olika kraven måste även vägas mot varandra. Exempelvis kan lågt effektbehov under lång varaktighet och låga temperaturkrav vara mer gynnsamt att ansluta mot fjärrvärme än högt effektbehov med kortare varaktighet och höga temperaturkrav.

Uppfylls inte alla villkor och krav finns åtgärder som kan medföra förbättrade förutsättningar för fjärrvärme, se Figur 9 för förslag till tekniska lösningar. Se även Analys av industriprocesser för fördjupning.

¹⁷ Både fram- och returledning till/från industriprocessen ansluts mot fjärrvärmens framledning. På så sätt påverkas inte fjärrvärmenätets returtemperatur negativt p.g.a. en industriprocess med hög returtemperatur.

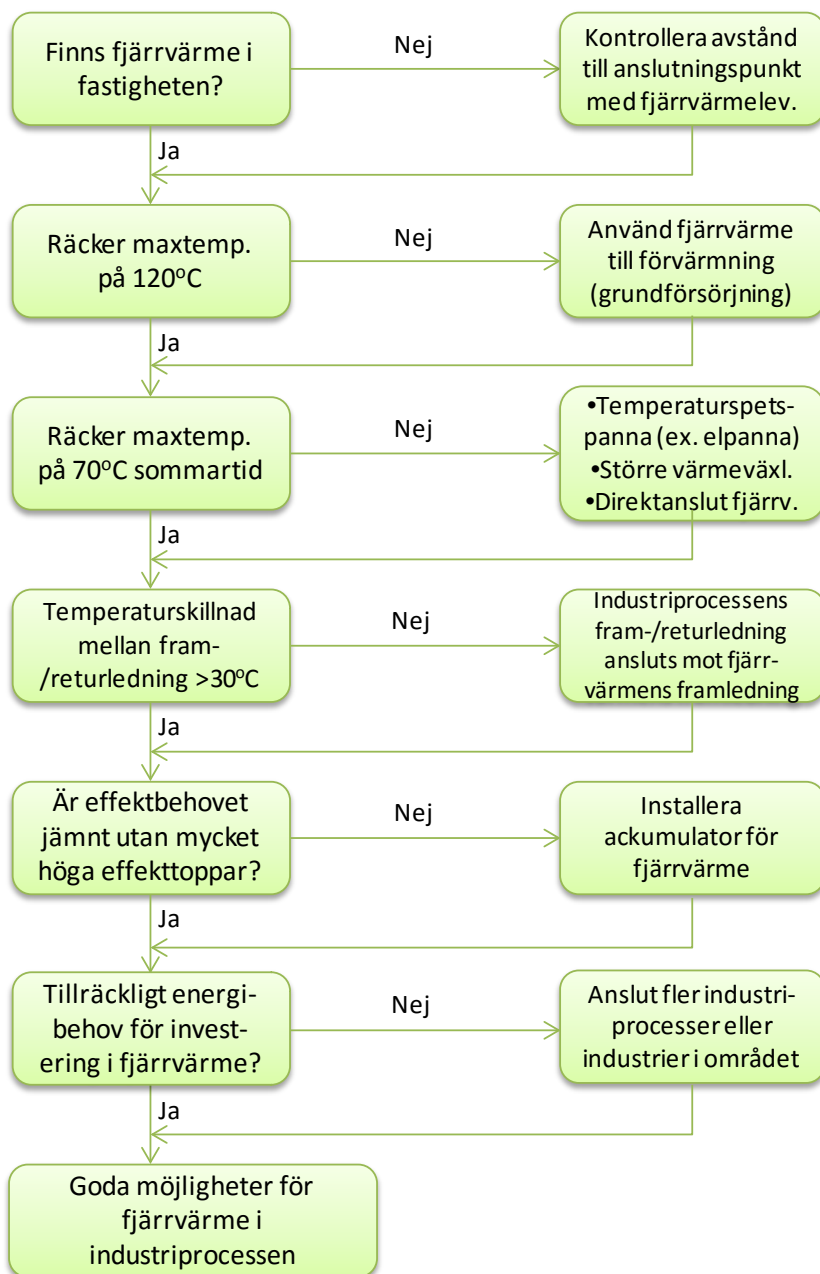
Urval av industriprocesser



Figur 8. Villkor och krav vid *urval* av industriprocesser. Industrikundens perspektiv.

Inom ekonomi bör ekonomiska styrmedel (skatter, avgifter, bidrag) beaktas vid urval av industriprocesser. Exempelvis har CO₂-skatten för eldningsolja höjts. Vidare kan en grov kalkyl för investeringsutrymmet upprättas. Utgångspunkten för denna är nuvarande energi- och underhållskostnader. Dessa jämförs med energi- och underhållskostnader med fjärrvärme och prognos för prisutveckling på olika bränslen. Om kraven inte uppfylls kan åtgärder undersökas. Exempelvis kan investeringskostnaden fördelas annorlunda mellan fjärrvärmeleverantör och industrikund.

Industrikundens miljöpolicy kan vara avgörande vid urval av industriprocesser. Vidare kan myndighets- och kundkrav vara styrande.



Figur 9. Tekniska lösningar som kan medföra förbättrade förutsättningar för fjärrvärme i industriprocesser.

3.2 Utredning inför investeringsbeslut

När väl urval av industriprocesser och någon eller några processer identifierats inleds en utredning inför investeringsbeslut. I utredningen görs en djupare analys inom områdena teknik, ekonomi och miljö, se Figur 10.

De flesta av villkoren inom teknik har nämnts under Tekniska villkor ovan. Utöver dessa tillkommer utredning gällande tillverkningsmetod, leverantör av produktionsutrustning och materialval i processen.

Vidare har även många ekonomiska villkor nämnts ovan. Ur industrikundens perspektiv är det viktigt att utreda huruvida produktivitet, kostnadseffektivitet och kvaliteten inom produktionen påverkas.



Figur 10. Villkor och krav vid *utredning* inför investeringsbeslut. Industrikundens perspektiv.

Inom miljö behöver förändring av CO₂-utsläpp utredas med hjälp av miljövärden. Även resurseffektivitet behöver beaktas, exempelvis omvandlingsförluster. I avsnitt Analys av industriprocesser beskrivs arbetsgången mer specifikt för utvalda processer.

3.3 Tillvägagångssätt vid konvertering

När möjligheten till fjärrvärme i industriprocessen har identifierats och utretts börjar arbetet med konvertering. Nedan beskrivs tillvägagångssättet, steg för steg, för att konvertera till fjärrvärme.

Nära samarbete mellan kund och leverantör är viktigt vid arbete med att konvertera en industriprocess till fjärrvärme. Industriföretaget behöver, tillsammans med fjärrvärmeleverantören, tidigt fastställa syfte och gemensam målbild för projektet. Målbilden är till för att hitta drivkrafter för både industrikund och fjärrvärmeleverantör.

En av de viktigaste faktorerna för framgångsrikt konverteringsarbete är att alla inblandade deltagare samverkar i projektet redan från start. Tillsammans enas alla deltagare kring vilka förutsättningar som gäller för projektet. Förutsättningarna innefattar exempelvis temperaturnivåer och krav på produktionsprocessen, produktionsutrustning samt fjärrvärmesystemet.

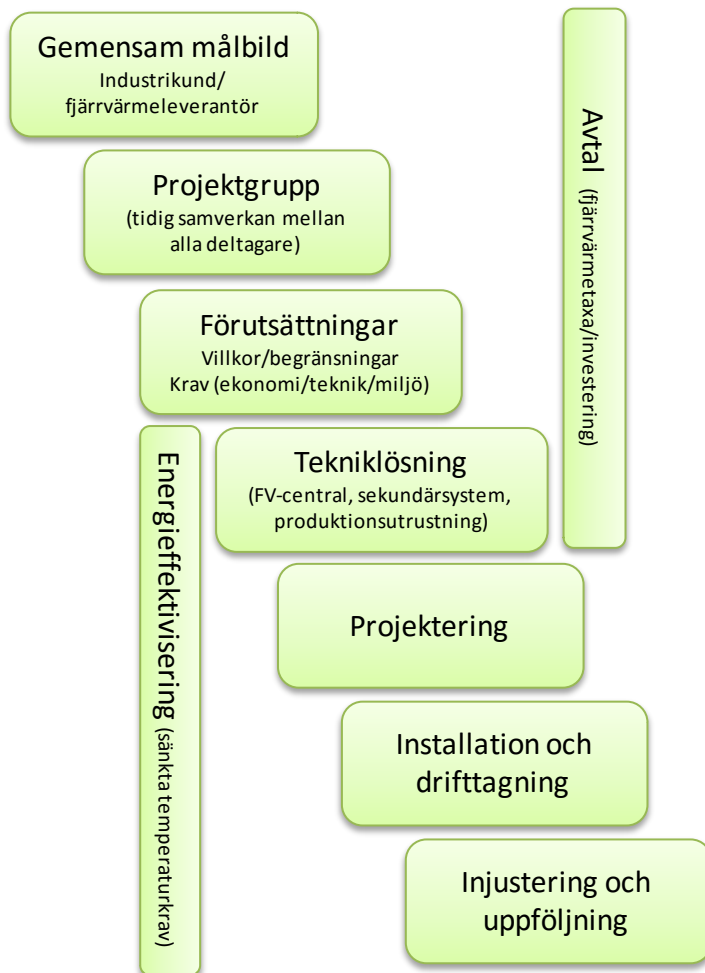
Fjärrvärmeleverantören kan, i vissa fall, ta fram en anpassad fjärrvärmesystemtaxa som industrikunden använder vid investeringskalkylering. Taxan ska vara gynnsam för båda parter. Ett jämnt värmeuttag från en industriprocess innebär lägre produktions-/distributionskostnader för fjärrvärmeleverantören. Fjärrvärmeleverantören kan eventuellt bära investeringskostnader som sedan bakas in i löpande avtalspris. Detta innebär mindre investering och osäkerhetsfaktorer för industrikunden. Risker för fjärrvärmeleverantören kan hanteras med avtalslängden.

När förutsättningarna har specificerats tas tekniklösningar fram och projekteringen påbörjas.

Efter installationen arbetar fjärrvärmeleverantören tillsammans med industrikunden under och efter driftsättning för att finjustera och följa upp installationen.

Genom att kombinera konvertering till fjärrvärme med energieffektiviseringsarbete blir den ekonomiska och miljömässiga vinsten än större.

I Figur 11 visas, steg för steg, hur konverteringsarbetet går till. Från att industrikunden och fjärrvärmeleverantören definierar gemensam målbild för projektet till injustering och uppföljning av installationen.



Figur 11. Arbetsflöde, steg för steg, vid konvertering.

4 IDENTIFIERING AV INDUSTRIPROCESSER

En handfull industriprocesser som bedöms vara intressanta för konvertering till fjärrvärme har identifierats. Av dessa har tre stycken valts ut för djupare analys och beskrivning av hur konvertering utförts. Urvalskriterierna för val av industriprocesser att analysera är främst: energimängd (återkommande industriprocess), genomförbarhet och bidrag med olika tekniska lösningar till projektets handbok. Tillgång till referensexempel har också varit viktigt.

Vidare bör processerna ha en fördelaktig lastkurva (sommарlast). Ursprungligt bränsle, det vill säga det bränsle som konverteras från, ska gärna skilja för de valda processerna. Exempelvis att någon av processerna vanligtvis drivs med el och någon annan vanligtvis med olja eller gasol före konvertering. På samma sätt hämtas processerna från olika branscher. Ytterligare en aspekt som beaktas vid urval av processer är om konvertering till fjärrvärme kan medföra energibesparing. Vidare har en ny tillämpning av fjärrvärme i industriprocesser analyserats. Även för denna process har energimängd och genomförbarhet varit urvalskriterier.

Sammanfattning av urvalskriterier för djupare analys:

- energimängd (återkommande industriprocess)
- genomförbarhet
- bidrag med olika tekniska lösningar till projektets handbok
- tillgång till referensexempel
- fördelaktig lastkurva (sommарlast)
- skilda ursprungliga bränslen
- processer från olika branscher
- en ny tillämpning för fjärrvärme

4.1.1 Tidigare studier

Generellt finns ingen sammanfattande studie eller statistik som ger en samlad bild av vilka industribranscher och för vilka industriprocesser som den största potentialen för fjärrvärme finns. Det finns tidigare studier som har visat på branscher och processer som har potential att konvertera till fjärrvärme. Dessa studier är endast inriktade på potential och visar inte huruvida konvertering till fjärrvärme är genomförbar med avseende på villkor och krav som skall vara uppfyllda.

Fjärrsynprojektet *Optimala Fjärrvärmesystem*¹⁸ identifierar en potential på 200 % för fjärrvärme i 41 industrier inom olika branscher. *Värmning* och *torkning* står för 40 % respektive 30 % av ökningen. Främst är det olja och el som ersätts.

I Fjärrsynprojektet *Ökad fjärrvärmeleverans till industrier*¹⁹ identifieras samma potential (200 %) för fjärrvärme i 83 industrier. Här identifieras potential inom livs-

¹⁸ Trygg et al, 2009

medels-/textilindustri för processerna *diskning* och *tvättning*. Inom *trä- och verkstadsindustri* finns potential för *torkning*. Vidare tillkommer potential för lokalvärme, tappvarmvatten och absorptionskyla, vilka är avgränsade processer i detta projekt. El (40 %) och olja (30 %) står för största delen av de bränslen som kan ersättas.

Sammanfattningsvis har tidigare studier identifierat följande processer:

- värmning
- diskning
- tvättning
- torkning

De 100-talet studerade industrierna i de båda projekten ovan representerar inte ett tvärsnitt av svensk industri. Potentialen är endast av teknisk karaktär, dvs. ansatsen tar ej hänsyn till lönsamhet eller vad industrin tycker är önskvärt. Därför kan identifierade industrier och branscher endast användas som en fingervisning om var det finns potential för fjärrvärme.

4.1.2 Tillgänglig statistik

Statistikkällorna som används nedan använder till viss del *olika* statistiskt underlag samt *olika* typer av branschindelning. Därför redovisas fler statistikkällor var för sig och dessa kan inte direkt jämföras.

2012 använde svensk industri 145,5 TWh, se fördelning per bransch i Tabell 6. Fjärrvärme stod för 4,3 TWh av den totala energianvändningen. Statistiken visar att massa- och pappersindustri samt järn-, stål- och metallverk står för ca två tredjedelar av industrins energianvändning. Dessa branscher har ofta tillgång till egna bränslen (massa- och pappersindustri) och/eller kräver höga temperaturer (järn-, stål- och metallverk). Detta innebär att fokus på att identifiera industriprocesser lagts på de branscher som representerar resterande tredjedel (46 TWh) av energianvändningen. Dessa branscher är kemisk industri, verkstadsindustri och övriga branscher.

Vissa industriprocesser inom dessa branscher är el-specifika eller har temperaturkrav som överstiger fjärrvärmens temperatur. Trots detta antas att det finnas potential för fjärrvärme eftersom energianvändningen inom dessa branscher fortfarande är betydande.

Tabell 6. Energianvändning för svensk industri 2012 [TWh]. Källa: Energiläget i siffror 2014, Årliga energibalansen EN20, Energimyndigheten.

År	Massa- och pappersindustri	Järn-, stål- och metallverk	Kemisk industri	Verkstadsindustri	Övriga branscher	Industrin totalt
2012 [TWh]	75,7	23,5	8,7	8,1	29,6	145,5

¹⁹ Illic et al, 2014

Statistiska centralbyrån (SCB) och Energimyndighetens rapport *Industrins årliga energianvändning 2012*²⁰ redovisar hur industrins fjärrvärmeanvändning fördelas per näringsgren inom utvinning av mineral och tillverkningsindustri. Att vissa näringsgrenar idag står för relativt stor andel av industrins fjärrvärmeanvändning kan ge en fingervisning om att det där fungerar bra med fjärrvärme och att det kan finnas potential att öka leveranserna till fler företag inom dessa grenar. Exempelvis inom tillverkning av maskiner, apparater, transportmedel och trävaror. Om fjärrvärmen används för lokalvärme och tappvarmvatten eller inom själva industriprocesserna går tyvärr inte att utläsa ur statistiken.

Tabell 7. Fjärrvärmeanvändning för SNI 05-33 tillverkningsindustri; gruvor och mineralutvinningsindustri. Källa: Industrins årliga energianvändning 2012, EN 23 SM 1401. Observera att statistiskt underlag skiljer från Energiläget i siffror 2014, Årliga energibalansen EN20, Energimyndigheten. Skillnaden innebär att summan för fjärrvärme (3,3 TWh) i nedanstående tabell är lägre än industrins fjärrvärmeanvändning enligt Energiläget i siffror 2014 (4,3 TWh).

Fjärrvärmeanvändning SNI 05-33 tillverkningsindustri; gruvor och mineralutvinningsindustri	2012 (GWh)
26-28 industri för datorer, elektronikvaror, optik, elapparatur och andra maskiner och apparater	561
16 industri för trä och varor av trä, kork och rotting o.d. utom möbler	500
29-30 transportmedelsindustri	495
24 stål- och metallverk	311
10-12 livsmedels-, dryckesvaru- och tobaksindustri	310
25 industri för metallvaror utom maskiner och apparater	297
20-21 industri för baskemikalier, kemiska produkter, farmaceutiska basprodukter och läkemedel	237
31-33 övrig tillverkningsindustri, reparationsverkstäder och installationsföretag	218
17 massa-, pappers- och pappersvaruindustri	150
18 grafisk och annan reproduktionsindustri	62
23 industri för andra icke-metalliska mineraliska produkter	60
22 gummi- och plastvaruindustri	55
13-15 textil-, beklädnads-, läder - och lädervaruindustri	11
Summa	3266

I rapporten för projektet *Ecoheatcool Work package 1*²¹ redovisas industriellt värmebehov fördelat på temperaturnivåer för Europa. Fjärrvärme har en marknadsandel på ca 3 % av marknaden för industriellt värmebehov i Europa. Fjärrvärmeleveranserna går främst till kemiindustri och övrig industri. I Tabell 8 redovisas de fyra branscher som har störst behov av låg temperaturnivå (< 100°C) i Europa, se även Figur 3. Sta-

²⁰ Statens energimyndighet och SCB, 2014

²¹ Werner S, 2006

tistiken gäller för europeiska länder (EU25, ACC4, EFTA3, år 2003) och är därmed inte direkt representativt för den svenska värmemarknaden. Däremot kan antagande göras om att det finns störst potential, även i Sverige, inom de fyra branscher som har störst värmebehov av låg temperaturnivå (< 100°C). Motsvarande statistik över temperaturrebehov i svensk industri har inte identifierats.

Tabell 8. De fyra branscher som har störst värmebehov av låg temperaturnivå (< 100°C).
Källa: *Ecoheatcool Work package 1*.

Bransch	Industriellt värmebehov < 100°C, tot. 980 TWh
1. Övrig industri	300 (31 %)
2. Livsmedel/tobak	180 (18 %)
3. Verkstadsindustri	140 (14 %)
4. Kemi	140 (14 %)
Papper & massa, transport- utrustning, gruvdrift, icke- metalliska mineraler, basme- taller.	220 (22 %)

4.1.3 Idéförslag

Idéförslag till industriprocesser har hämtats ur rapporter, artiklar, diskussioner med industri- och fjärrvärmebranschen samt projektets referensgrupp. Se Tabell 9 nedan. Kategorierna för industriprocesser delas in i påläggning, värmning, blandning, separation, torkning/avfuktning.

Tabell 9. Idéförslag till processer att analysera djupare.

Industriprocess	Kategori	Bransch	Kommentar Energimängd, tidigare bränsle, genomförbarhet, lastkurva etc.
Måleri/lackering (ugnar och luftbehandling)	Påläggning	Verkstadsindustri	Fjärrvärme till ugnar och luftbehandling. Finns genomfört. Ugnar ställer höga temperaturkrav. Effektbehov för luftbehandling är utomhustemperaturberoende. Kräver åtgärd gällande returtemperatur.
Avfettningsssteg	Separation	Verkstadsindustri	Begränsat energibehov. Värmning av bad/tankar förekommer dock även i andra branscher. Fjärrvärme ersätter el, olja, gasol. Finns genomfört. Jämn lastkurva över året. Kräver åtgärd gällande returtemperatur.
Betongproduktion	Blandning	Byggindustri	Energimängd 100 GWh/år. Fjärrvärme ersätter olja och/eller el. Finns genomfört. Lastkurva till viss del utomhustemperaturberoende. Även beroende av efterfrågan på varm/kall betong. Kräver temperaturspets och ackumulering.
Hygienisering av substrat för biogasproduktion	Värmning	Biogasproduktion	Biogassubstrat värms till >70 °C. Ställer krav på framledningstemperatur sommartid. Finns genomfört. Ökad last vintertid då substratet är kallare.
Tvättning	Värmning	Textilindustri/tvätteri	Process har identifierats som möjlig att konvertera i tidigare genomförda studier. Jämn lastkurva över året.
Tvättning/diskning	Värmning	Livsmedelsindustri	Process har identifierats som möjlig att konvertera i tidigare genomförda studier. Fjärrvärme kan ersätta ånga. Jämn lastkurva över året.
Hygienisering/pastörisering	Värmning	Livsmedelsindustri	Lågpastörisering mejeriprodukter. Kräver minst 85°C framledningstemperatur. Jämn lastkurva över året.
Torkning livsmedel	Torkning	Livsmedelsindustri	Torkning m. h. a. varmluft. Fjärrvärme kan ersätta ånga. Lastkurvan kan vara utomhustemperaturberoende.
Virkestorkning	Torkning	Träindustri	Energikrävande. Ofta används biobränsle (restprodukt). Ånga kan ersättas. Lastkurvan är utomhustemperaturberoende.
Pelletstorkning	Torkning	Träindustri	Torkning m.h.a. varmluft. Lastkurvan är utomhustemperaturberoende.

Befuktning	Blandning	Flera branscher	Befuktning av lokaler. Olika befuktnings-tekniker. Värme till förångning. Ej klart om finns genomfört m. h. a. fjärrvärme. Befuktning med dysor i lokalen ger ökat fjärrvärmebehov för lokalvärme. Lastkurvan kan vara utomhustemperaturberoende.
Rening (indunstning)	Separation	Flera branscher	Vakuumindestare för vattenrening. Finns genomfört. Efterfrågestyrt värmebehov, jämn lastkurva över året.
Sorptiv avfuktning	Avfuktning av luft	Flera branscher, ex. livsmedelsindustrin	Fjärrvärme används för att generera torkrotor vid sorptiv avfuktning. Ej kan ersättas. Finns färdiga produkter för torkning av tilluft. Ökat torkbehov sommartid p.g.a. högre luftfuktighet i luften.
Ersätta ånga med fjärrvärme	Värmning/torkning/etc.	Flera branscher, t. ex. livsmedelsindustrin	Ånga kan ersättas med fjärrvärme i flera branscher och industriprocesser enligt intervjuer. Leverantörers produktionsutrustning är ofta anpassad för ånga och ångan används även vid industriprocesser där fjärrvärmens temperaturnivåer är tillräckliga. Ånga framställd med el, olja eller gasol kan ersättas med fjärrvärme. Hur lastkurvan påverkas är beroende av vilken process som konverteras.
Nya tillämpningar			
Varmkondensering	Avfuktning av luft	Flera branscher, ex. träindustrin	Helt värmedriven avfuktningsteknik. Mer energieffektiv än sorptiv avfuktning. Finns ej färdig produkt för fjärrvärmean-slutning. Ökat torkbehov sommartid p. g. a. högre luftfuktighet i luften.
Vattenrening (MD-teknik) ²²	Separation	Stål-, pappers-, läkemedelsindustri eller annan tillverkningsindustri.	Membrandestillering av förorenat vatten. Värms med returledningen för fjärrvärme (55° C). Värmekrävande process, lågt elbehov. Efterfrågestyrt värmebehov, jämn lastkurva över året.
Asfaltstillverkning	Blandning	Infrastruktur	Temperatur för asfalt har sänkts från 160°C till 120°C vid tillverkning av exempelvis NCC Green Asphalt genom bearbetning av råvaror. Dock fortfarande höga temperaturkrav. Eldningsolja används ofta vid asfaltstillverkning. Finns 60-tal asfaltverk i Sverige. Typisk sommarlast.
Högtemperaturförbehandling av biogas-substrat	Värmning	Biogasproduktion	Kräver höga temperaturer (100°C). Ej säkerställt samband mellan metanutbyte och högtemperaturförbehandling ²³ .

²² Andrew Martin, Professor Energiteknik KTH, telefonsamtal den 15 oktober 2014

²³ del Pilar Castillo M, 2011

4.1.4 Valda processer att studera djupare

Konvertering till fjärrvärme i tre industriprocesser har valts ut för djupare analys.

- betongproduktion
- avfettningsssteg i måleriprocess
- avfuktning genom varmkondensering (ny tillämpning för fjärrvärme)

Vid urvalet har det varit viktigt att de valda industriprocesserna medför *olika* tekniska lösningar för anpassning till fjärrvärme. Lösningar för exempelvis temperaturspets eller sänkt returtemperatur är återkommande för många industriprocesser i flera branscher och därför viktiga att ta med i projektets handbok. Ett av målen för projektet är att identifiera en ny tillämpning för fjärrvärme, vilket uppnåtts med processen *avfuktning genom varmkondensering*.

Tidigare studier har identifierat värmning, diskning, tvättning och torkning som processer med potential för fjärrvärme. Dessa täcks in väl av de valda processerna: betongproduktion motsvarar värmning, avfettningssbad motsvarar tvättning och avfuktning genom varmkondensering motsvarar torkning. Även de tidigare identifierade branscherna med potential för fjärrvärme täcks in: livsmedels-, trä- och verkstadsindustri. Avfuktning förekommer i samtliga branscher och avfettningssbad återfinns främst inom verkstadsindustrin.

4.1.4.1 Betongproduktion

Betongproduktion innebär att cement, varmt processvatten, ballast samt tillsatsämnen blandas för vidare transport med betongbil. Vidare finns fabrikstillverkning av betongelement som även innefattar torkning.

För betongproduktion används i nuläget främst eldningsolja samt ånga framställd med oljepanna. Potentialen för fjärrvärme är ca 100 GWh/år. Värmelasterna är: processvatten (störst), spolvatten, värmning ballastfickor, markvärme, värme kontor/omklädning och tappvarmvatten. Lastkurvan är till viss del utomhustemperaturberoende och även beroende av efterfrågan på varm/kall betong. Konvertering av betongstationer till fjärrvärme har genomförts tidigare.

Industriprocessen anses lämplig för rapporten/handboken av flera skäl. Betongproduktion representerar värmning i en processliknande industri. Liknande processer återfinns i exempelvis kemiindustri som är en bransch med betydande behov av lågtempererad värme. Andra branscher har därför nytta av att tillvägagångssättet vid konvertering av betongproduktion beskrivs. Vidare krävs lösningar i form av ackumulering och temperaturspetsning vid konvertering av betongproduktion till fjärrvärme. Projektet har tillgång till referensexempel av tidigare genomförda konverteringar.

Konvertering medför minskad energianvändning hos industrikunden då omvandlingsförlusterna förflyttas till fjärrvärmeleverantörens produktionsenhet.

4.1.4.2 Avfettningsssteg i måleriprocess

Avfettningssbad i samband med måleri är en process som kräver varmhållning och som återfinns inom verkstadsindustrin. Utifrån verkstadsindustrins årliga (2012) energianvändning på 8 TWh/år antas energibehovet för värmning av bad vara relativt begränsat. Verkstadsindustrin är inte heller särskilt energiintensiv men står för en relativt stor andel av behovet av lågtempererad värme. Varmhållning av bad eller tankar kan dock återfinnas inom fler andra branscher exempelvis kemiindustri och livsmedelsindustrin.

Vid konvertering av avfettningssbad är det exempelvis el eller gasol som ersätts. Projektet har tillgång till ett referensexempel där gasol ersatts med fjärrvärme för att värma avfettningssbad. I referensfallet har utfallet av konverteringen varit gott. Värmning av bad är i regel inte utomhustemperaturberoende vilket innebär att lastkurvan är jämnt fördelad över året.

För att lyckas med arbetet att konvertera avfettningssbad krävs åtgärder för att hantera hög returtemperatur (och begränsningar i framledningstemperatur). Det finns stor nytta med att beskriva lösningar för returtemperatur då dessa även är applicerbara vid konvertering av många andra industriprocesser. Konvertering medför minskad energianvändning hos industrikunden då omvandlingsförlusterna förflyttas till fjärrvärmeleverantörens produktionsenhet för värme.

4.1.4.3 Avfuktning genom varmkondensering

Den tredje utvalda processen är avfuktning genom varmkondensering. Tillämpningen är värmedriven och ny för fjärrvärme men det finns ej färdig produkt för fjärrvärme ännu. Denna metod för avfuktning är mer energieffektiv än sorptiv avfuktning eller avfuktning med värmepumpsteknik. El kan, efter utvecklingsarbete, ersättas med fjärrvärme.

Avfuktning används i flera industribranscher exempelvis livsmedelsindustrin, trävaruindustrin eller annan tillverkningsindustri med specifika klimatkrav i lokalerna. Vidare är tillämpningen intressant för avfuktning i fastigheter.

Ökat torkbehov sommartid p.g.a. högre luftfuktighet i luften ger gynnsam lastkurva för fjärrvärme.

5 ANALYS AV INDUSTRI- PROCESSER

5.1 Avfettningsssteg i måleriprocess

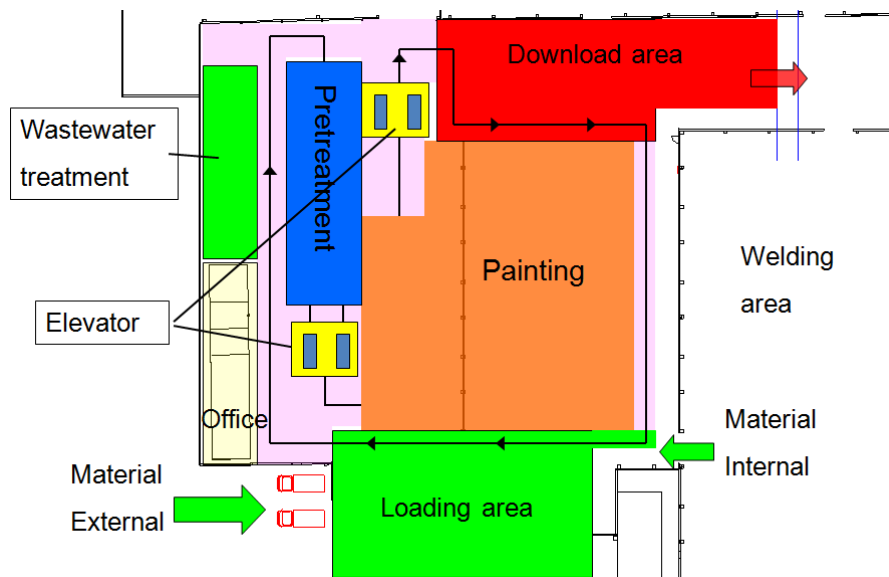
I Toyota Material Handling Europas fabrik i Mjölby tillverkas lagertruckar. Ca 1 500 anställda arbetar inom produktionsbolaget. I Stora fabriken, som tillverkar eltruckar, finns tre pulvermålningsanläggningar (målerier). Det modernaste måleriet färdigställdes 2009 efter en investering på drygt 100 miljoner kronor. I det nya måleriet har gasol ersatts av fjärrvärme för förbehandling av truckdelar. Förbehandlingen består av avfettningsssteg som numera är uppvärmda med fjärrvärme. Förbehandlingen svarar för ca 10 % av måleriets totala energianvändning. Fjärrvärmeeffekten för värmning i avfettningsssteget är ca 3 MW vid uppstart och processen använder ca 1 500 MWh fjärrvärme per år. Konverteringen till fjärrvärme har bidragit till minskade CO₂-utsläpp med ca 340 ton per år och en kostnadsreducering med ca 360 000 kr per år, se Tabell 12.

Investeringen i ett nytt måleri genomfördes främst av kapacitetsskäl, men det fanns flera andra drivkrafter som låg bakom konverteringen från gasol till fjärrvärme. Högt uppsatta interna miljömål inom koncernen var en viktig drivkraft²⁴. Vid projekteringen av nya måleriet fanns tre fokusområden inom miljöförbättring: energiförsörjning, avfall och vattenrening.

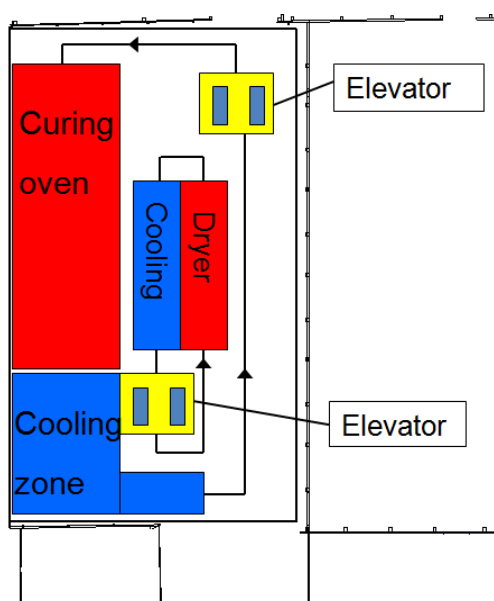
Den ekonomiska utmaningen bestod i att kunna rymma fjärrvärmeanslutningen inom budgeten för projektet eftersom anslutningen till fjärrvärme även krävde en ny fjärrvärmecentral. Investeringskostnad och energikostnad för värmning av avfettningssstegen var underordnad miljömålen. Tekniska begränsningar för fjärrvärme jämfört med gasol sågs aldrig som ett problem i projektet. Under arbetets gång har Toyota Material Handling Europe, nedan kallat Toyota, och fjärrvärmeleverantören Mjölby-Svartådalen Energi (MSE) haft ett nära samarbete för att hitta gemensamma lösningar.

Det nya måleriet upptar ca 6 000 m², fördelat på två plan, se Figur 12 och Figur 13. Detaljerna hängs upp på transportbanor som löper genom hela måleriet. Dubbla parallella transportbanor gör att endast halva måleriet behöver startas vid låg beläggning. Första stationen är förbehandling (pretreatment) med sju avfettnings- och sköljsteg i serie. I de två första stegen duschas detaljerna med avfettningsmedel i slutna kammare, se Figur 14. Avfettningsmedlet samlas upp i bad och pumpas sedan åter till dysorna för duschning. Avfettningsmedlet i baden värms med fjärrvärme genom cirkulation till värmeväxlare. Processen fortsätter med torkning, kylning, målning, härdning och avkylning.

²⁴ Agneta Ring, Miljöchef Toyota Material Handling Mjölby, möte/platsbesök den 3 oktober 2014



Figur 12. Måleri bottenplan. Materialet laddas (loading area) för att sedan transporteras till förbehandling (pretreatment). Materialet hissas sedan till andra våningen för torkning och kylning (dryer/cooling). Materialet målas sedan på bottenplan följt av härdning (curing oven) och avkylning (cooling zone) på andra våningen. Avhängning sker därefter på bottenplan. Källa: Toyota Material Handling Europe.



Figur 13. Måleri andra våningen. Här sker torkning och kylning (dryer/cooling), härdning (curing oven) och avkylning (cooling zone). Källa: Toyota Material Handling Europe.



Figur 14. Första avfettningssteget i förbehandlingen. Dysorna duschar detaljerna med avfettningsmedel som värms m.h.a. fjärrvärme. Källa: Toyota Material Handling Europe.

5.1.1 Utgångsläge

Utgångsläget var ett äldre måleri som skulle ersättas med ett nytt måleri med högre produktionskapacitet. Kapacitetsökningen var ca 25 000 enheter/år (från 45 000 enheter/år till 70 000 enheter/år, vid 2-skift). I det tidigare måleriet användes gasol som bränsle för värmning av avfettningsstegen. Värmen producerades med egen gasolpanna och via ett vattenburet system växlades värmen över till baden i avfettningsstegen.

Gasolen har, till skillnad från fjärrvärme, interna omvandlingsförluster kopplade till gasolpannans verkningsgrad (uppskattningsvis 90-94 %). Energikostnaden för värme, från gasol respektive fjärrvärme, med hänsyn tagen till verkningsgrad:

Gasol: $k_{\text{värme}} = k_{\text{gasol}}/\eta_{\text{panna}}$

Fjärrvärme: $k_{\text{värme}} = k_{\text{fjärrvärme}}$

k = energikostnad [kr/MWh]

η = verkningsgrad [-]

Tabell 10. Utgångsläge - före konvertering av förbehandlingen.

Utgångsläge		
Bränsle	gasol	
Verkningsgrad gasolpanna	90-94	%
Temperaturkrav i avfettningssteg	60	°C
Produktionskapacitet	45 000	enheter/år (2-skift)
Cykeltid	6,1	min

Inför investeringsbeslutet genomförde Toyota en investeringskalkyl för att jämföra fjärrvärme med gasol till det nya måleriet. Kalkylen som redovisas nedan är justerad med energianvändning enligt utfall för 2014, se Tabell 11. Måleriet användes då inte med full kapacitet vilket medför längre payback-tid. Payback-tiden är 5 år, men inkluderar även delinvestering för ytterligare två målerier som ännu inte är konverterade till fjärrvärme, samt fjärrvärmecentral för lokaluppvärmning.

En justering med hänsyn tagen till ej driftsatta målerier samt lokaluppvärmning ger uppskattningsvis en payback-tid på ca 3 år.

Tabell 11. Investeringskalkyl, payback från 2008 (före investeringsbeslut). Kalkylen är justerad med energianvändning enligt utfall för 2014. Investeringskostnaden för fjärrvärme inkluderar även investering för ytterligare två målerier som ännu inte är driftsatta samt fjärrvärmecentral för lokaluppvärmning. Drift-/underhållskostnaderna bedöms vara högre för gasol, men dessa är inte medtagna i kalkylen.

Energikostnader		
Utgångsläge, gasol		
Gasolpris (inklusive skatter)	475	kr/MWh
Energibehov inklusive omvandlingsförluster ($\eta=93\%$)	1 610	MWh/år
Årlig energikostnad	764 750	kr/år
Med fjärrvärme		
Fjärrvärmepris (inkl. flödesdel)	363	kr/MWh
Energibehov med fjärrvärme	1 498	MWh/år
Årlig energikostnad	543 774	kr/år
Differens energikostnader	220 976	kr/år
Investeringskostnader		
Utgångsläge		
Reinvestering gasolpanna	800 000	kr
Med fjärrvärme		
Ledning/servis, anslutningsavgift	750 000	kr
Fjärrvärmecentral, intern distribution	1 250 000	kr
Summa investering	2000 000	kr
Differens investeringsalternativ	1 200 000	kr
Payback (investering/besparing)	5	år

5.1.3 Genomförande av konvertering

Genomförandet av fjärrvärmeanslutning av ny förbehandling skedde i samarbete med flera parter. Samarbetet mellan Toyota, fjärrvärmeleverantör (Mjölby-Svartådalens Energi, MSE), leverantör av produktionsutrustning samt VVS-konsulten inleddes tidigt i projekteringsfasen. Gemensamt anpassades tekniklösningar som uppfyllde kraven från Toyotas och MSE:s sida. Ekonomiska beräkningar utfördes vid sidan av energi- och miljöberäkningar. Ett prisavtal, som premierar låga returtemperaturer från anläggningen, tecknades. Temperaturbehovet i avfettningsbadet är 60°C för att avfettningsmedlet ska vara verkningsfullt. Temperaturbehovet på 60°C i badet medför krav på 75°C som lägsta framledningstemperatur sommartid. Anslutningen krävde ny fjärrvärmeservis (ca 600 m, DN 200) samt ny fjärrvärmecentral.

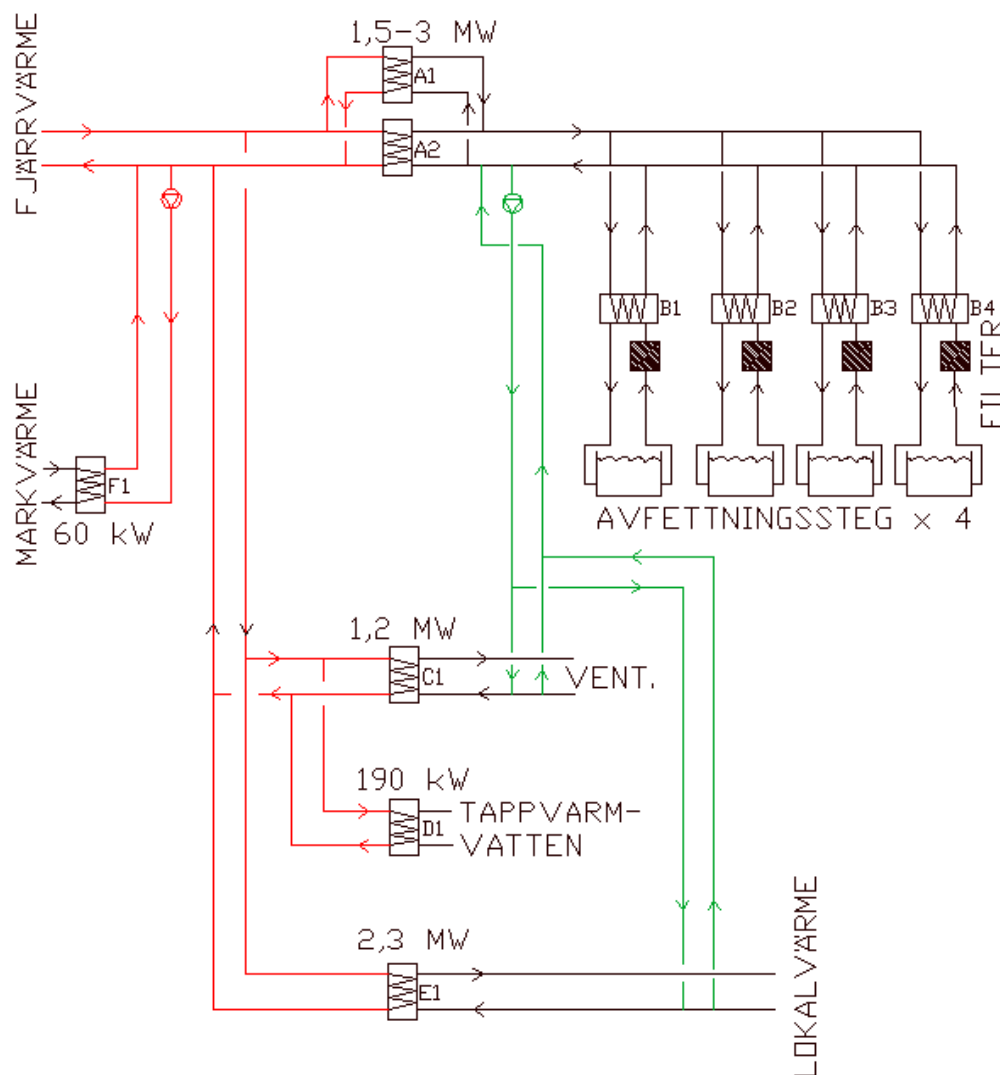
Nedan redovisas ett förenklat flödesschema över fjärrvärmeanslutningen, se Figur 15. Den totala effekten är ca 5 MW (1,5-3 MW avfettningssteg, 2,3 MW lokalvärme, 1,2 MW ventilation/luftbehandling, 190 kW tappvarmvatten och 60 kW markvärme). Effekten för avfettningssteget varierar beroende på fas: uppstartsfas eller plan driftfas. Uppstartsfasen kräver betydligt högre effekt än den plana driftfasen. Fjärrvärmecentralen är dimensionerad för anslutning av ytterligare två målerier samt mer lokaluppvärmning.

Avfettningsstegen har dubbla fjärrvärmevärmväxlare, A1-A2. Dels för att kunna utföra underhåll under drift, dels för att det krävs stor värmväxlaryta för att, sommartid, kunna överföra erforderlig effekt när framledningstemperaturen för fjärrvärme är 75°C.

Värmväxling mot avfettningsmedlet sker i ett andra steg där fjärrvärmens sekundärsida värmväxlas mot avfettningsmedlet. I badet med avfettningsmedel finns temperaturgivare (börvärde 60°C) som styr en styrventil placerad på fjärrvärmens sekundärsida efter de fyra värmväxlarna (B1-B4). Före värmväxlarna (B1-B4) filtreras avfettningsmedlet genom patronfilter, vilka byts ungefär varannan vecka. Värmväxlarna är packningsförsedda, men har under ca 5 års drift inte krävt något underhåll. I Figur 16 nedan visas värmväxlare samt filter.

En alternativ metod, som ibland tillämpas, är att direktansluta processens värmväxlare mot primär fjärrvärme, dvs. att ett steg med värmväxling slopas. Fördelen med detta är att temperaturförlusterna vid värmväxling minskas eftersom ett steg elimineras. Därmed fås högre framledningstemperatur till processen. För att undvika alltför hög fjärrvärmetemperatur till processen kan en shunt installeras för att späda fjärrvärmens framledningsflöde med returflöde.

Värmväxlare (C1, D1, E1) för ventilation, tappvarmvatten och lokalvärme är anslutna på konventionellt vis. Markvärme (F1, 60 kW) är retur-retur-ansluten för att sänka systemets totala returtemperatur. Pump för markvärme startar vid 0°C.



Figur 15. Principiellt flödesschema för fjärrvärmeanslutningen. Rött markerar fjärrvärme primärsida, svart markerar sekundärsida och grönt lösning för att sänka returtemperaturen. Effekten för värmepumpar A1-A2 är anpassad för ytterligare anslutningar av avfettningsssteg.

Eftersom baden håller 60°C, innebär det relativt hög returtemperatur från processen, vilket inte är gynnsamt för fjärrvärmens systemeffektivitet. Från processen är returtemperaturen för fjärrvärmens sekundärsida givetvis högre än badens temperatur, dvs. >60°C. Returtemperaturen från ventilation och lokalvärme i en fastighet är i regel betydligt lägre än så. Därför har Toyota valt att använda returflödet från avfettningssstegen till förvärmning av ventilation och lokalvärme i industribyggnaden. Lösningen är markerad med grönt i Figur 15 ovan. En andel (10 l/s) av returflödet från avfettningssstegen tappas av för att förse returledningarna för ventilation respektive lokalvärme med värme. Lika stort flöde pumpas tillbaka till avfettningssstegen. Detta innebär att det varmare returflödet från avfettningssstegen förvärmer retur-

ledning för värme och ventilation. I och med detta blir flödet tillbaka till avfettningstegens returledning kallare och därmed är avfettningstegens returtemperatur sänkt. Beräkningar/uppskattningar, baserade på uppmätt energi på sekundärsidan, visar att ca 60 % av fjärrvärmebehovet används till avfettning och 40 % till lokalvärme, ventilation, tappvarmvatten och markvärme. Detta innebär att den summerade returtemperaturen för systemet blir lägre tack vare lösningen.

Den valda lösningen för att sänka returtemperaturen är robust, eftersom en konventionell anslutningsprincip har kompletterats med ledningar för utnyttjande av returtemperatur från avfettningstegen. Det innebär att värmeförsörjningen är opåverkad om någon del av lösningen för sänkt returtemperatur inte fungerar. Därmed uppfylls industriprocessens krav på stabilitet och leveranssäkerhet. Vidare används retur-retur-ansluten markvärme för att sänka returtemperaturen för systemet ytterligare.

Vid drifttagning av anläggningen uppstod problem med högt flödesbehov för fjärrvärme när avfettningstegen skulle värmas, efter exempelvis helguppehåll. Högt flödesbehov och lågt ΔT innebar försämrad systemeffektivitet för fjärrvärmesystemet i stort. Problemet löstes med långsammare uppvärmning av avfettningsbaden. Med hjälp av timer startas uppvärmningen i god tid före produktionsstart. Vidare har fjärrvärmens sekundära framledningstemperatur till värmeväxlare för avfettningsmedel begränsats. Alltför hög framledningstemperatur leder till fastbränning av smuts i värmeväxlaren med dålig värmeöverföring och underhållsbehov som följd.

En alternativ metod för sänkt returtemperatur har tillämpats vid liknande industriprocesser. Principiellt bygger metoden på att laster ansluts i serie efter varandra, industriprocessen ansluts först i serien, sedan lokalvärme osv. Det innebär att *allt* returflöde från processen går vidare till nästa last i serien (i exemplet ovan är det endast ett delflöde). Metoden kan, beroende på förutsättningar, bidra med ytterligare förbättrad returtemperatur jämfört med lösningen hos Toyota.



Figur 16. Värmeväxlare för värmning av avfettningssteg. Längst till höger ses svarta parallellkopplade patronfilter. Parallellkopplingen möjliggör service under drift. Källa: Toyota Material Handling Europe.

5.1.4 Resultat

Konverteringen från gasol till fjärrvärme har inneburit lägre kostnader, lägre CO₂-utsläpp och minskad energianvändning hos Toyota. Energianvändningen hos Toyota har minskat med 100 MWh/år på grund av att omvandlingsförlusterna vid förbränning av bränsle har flyttats till fjärrvärmeleverantören. De nya avfettningssorgen är även bättre isolerade än tidigare, vilket innebär lägre energianvändning. Energikostnaderna har minskat med 360 000 kr/år, tack vare lägre rörligt energipris (inkl. skatter och flödestaxa) samt minskad energianvändning. Även drift- och underhållskostnaderna är, jämfört med egen gasolpanna, lägre för fjärrvärme. CO₂-utsläppen har minskat med ca 340 ton/år tack vare att fjärrvärmens produceras med en stor andel förnybara bränslen. Fjärrvärmecentralen är förberedd för att ansluta ytterligare två målerier, vilket skulle innebära minskade CO₂-utsläpp med ytterligare 130 ton/år. Resultaten sammanställs i Tabell 12 och Figur 17 nedan.

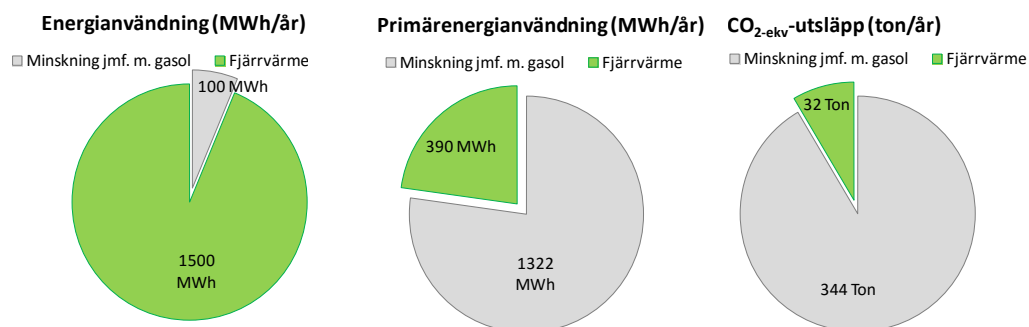
Tabell 12. Resultat - efter konvertering av förbehandling. Energipriser för 2014 har erhållits genom Toyota Material Handling Europe. Den årliga besparingen har ökat sedan investeringskalkylen utfördes 2008, se Tabell 11.

	Gasol	Fjärrvärme	Differens	
Verkningsgrad gasolpanna	93	-	-	%
Temperaturkrav i avfettningssorg	60	60	oförändrad	°C
Produktionskapacitet	45 000	70 000	+25 000	enheter/år (2-skift)
Cykeltid	6,1	1,8	-4,3	min
Energianvändning	1 600*	1 500*	-100	MWh/år
Årlig kostnad	1050 000*	690 000*	-360 000*	kr/år
Primärenergifaktor	1,07**	0,26**	-	MWh/MWh
Primärenergianvändning	1 712	390	-1 322	MWh/år
Emission av växthusgaser vid förbränning	234**	21**	-213	kgCO ₂ /MWh
Emission av växthusgaser vid förbränning, totalt	376	32	-344	ton/år

*Energianvändningen är beräknad/uppskattad då direkt mätning saknas. Kostnad baserad på 2014 års energianvändning för avfettningssorg samt energipriser för 2014/2015 (brutet år) och skatt för 2015 (energipriser har erhållits genom Toyota Material Handling Europe).

**Se kapitel Miljövärdering tidigare i rapporten.

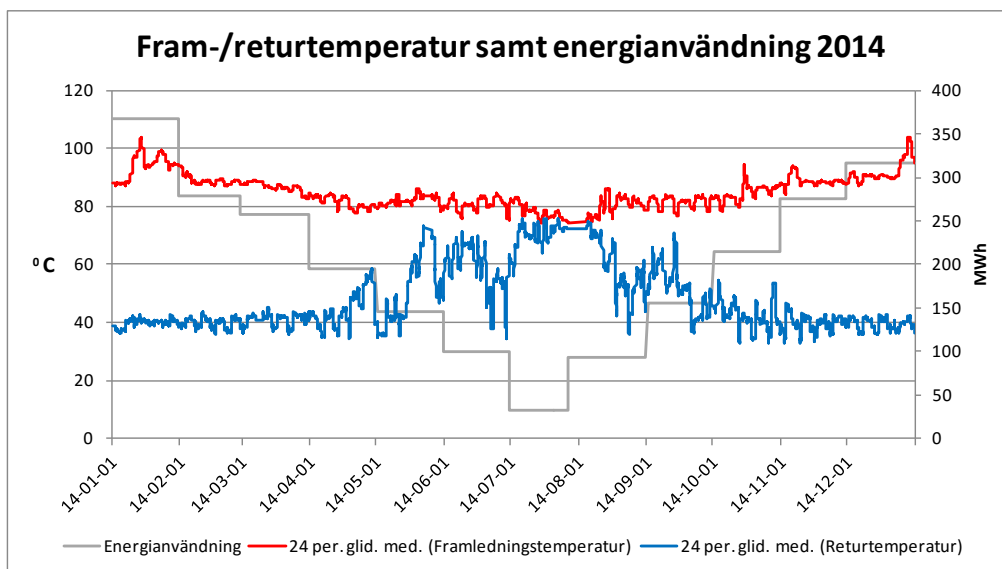
Figur 17. Resultat - efter konvertering av förbehandling.



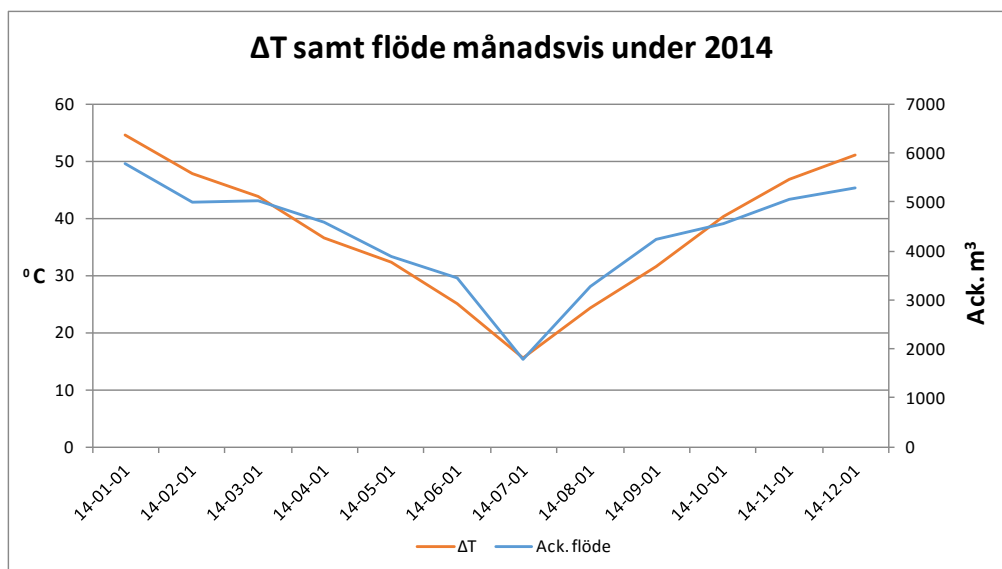
I Figur 18 redovisas fram- och returtemperatur samt energianvändning för 2014. I Figur 19 redovisas ΔT samt flöden månadsvis för samma period. Statistiken avser fjärrvärmecentralen för måleriet och inkluderar därmed även värme för ventilation, lokaluppvärmning och tappvarmvatten, se Figur 15 för schema. Energianvändningen är utomhustemperaturberoende då en del av fjärrvärmecentralen förser fastigheten med värme. Under juli, när produktionen är stängd, är energianvändningen mycket liten. Ur Figur 18 framgår att framledningstemperaturen aldrig understiger 75°C under året. Utöver att avfettningssorgen kräver 75°C framledningstemperatur finns det ytterligare anledningar till att temperaturen hålls uppe sommartid. Exempelvis krav på grund av fjärrvärmenätets ackumulator samt leveranser från annat fjärrvärmenät (Linköping).

Returtemperaturen håller sig kring 40°C under höst, vinter och vår. Sommartid (samt sen vår, tidig höst) ökar returtemperaturen däremot väsentligt, med mycket lågt ΔT som följd. Anledningen till detta är att lösningen för sänkt returtemperatur inte är verksam under sommartid på grund av mycket litet värmebehov för lokaluppvärmning och ventilation. Eftersom baden för avfettningssorgen ska hålla 60°C går det inte att få ned returtemperaturen lägre än så.

Kvalitet och produktivitet har inte påverkats negativt av konvertering till fjärrvärme. Under 5 års drift har inget driftstopp inträffat.



Figur 18. Fram- och returtemperatur samt energianvändning för 2014. Statistiken avser fjärrvärmecentralen för måleriet och inkluderar därmed även värme för ventilation, lokaluppvärmning och tappvarmvatten. Avfettningsbadet står för ca 60 % av energianvändningen enligt beräkningar/ uppskattningar.



Figur 19. ΔT samt flöde månadsvis under 2014. Under sommaren minskar ΔT p. g. a. att returtemperaturen inte sänks med hjälp av fastighetsuppvärmning. Samtidigt minskar även flödena sommartid eftersom produktionen stannar under semestern.

5.1.5 Samarbete

Redan innan projektet inleddes hade Toyota och fjärrvärmeleverantören (MSE) en god relation med kontinuerliga träffar²⁵. I och med att Toyota, av miljöskäl, ville utnyttja fjärrvärme i produktionen fanns en gemensam målbild för industrikunden och fjärrvärmeleverantören.

Erfarenheter från projektet visar att det är viktigt att alla inblandade parter (kund, leverantörer, konsulter, etc.) deltar så tidigt som möjligt i projektet. Inför projekteringen behöver alla parter samlas för att fastställa syftet med projektet och vilka förutsättningar som gäller. Förutsättningarna innefattar exempelvis temperaturnivåer och krav på produktionsprocessen, produktionsutrustning samt fjärrvärmesystemet.

Utifrån det gemensamma målet att ansluta industriprocessen till fjärrvärme utarbetades en fjärrvärmetaxa som innebär incitament för båda parter. Exempelvis premieras en låg returtemperatur.

En av svårigheterna var att kunna rymma en industrianpassad fjärrvärmecentral i den totala projektbudgeten för måleriet. Svårigheterna bestod även i att hushålla med temperaturnivåer. Det vill säga att få ut bästa möjliga resultat ur produktionsprocessen med så låga framledningstemperaturer för fjärrvärme som möjligt. Detta innebar att större värmeväxlare än normalt installerades, vilket ledde till ökad initial kostnad. Vid driftsättning av systemet uppstod höga fjärrvärmeflöden. Tack vare att Toyota och MSE samarbetade i projektet kunde de gemensamt ställa krav på leverantörer av styr-/reglerutrustning för att åtgärda problemet.

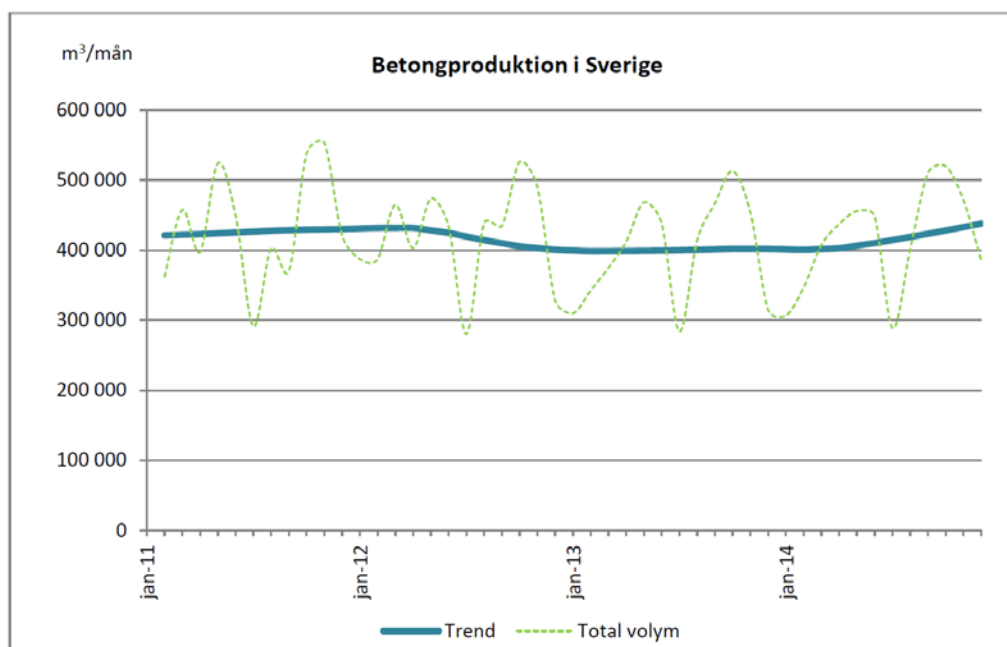
Arbetet har präglats av öppenhet och förtroende mellan Toyota och MSE, vilket har varit avgörande för att nå framgång i samarbetet.

²⁵ Klas Gustafsson, tidigare VD Mjölby-Svartådalens Energi, telefonsamtal den 2 februari 2015

5.2 Fjärrvärme till Swerocks betongfabrik i Länna

Betongindustrin i Sverige står för en relativt hög energianvändning. Branschen kan indelas i två huvudinriktningar: produktion av färdig (flytande) betong respektive produktion av prefabricerade betongelement. I Sverige produceras varje månad ca 400 000 m³ betong (färdig betong och prefab-element), se Figur 20, vilken ger en total produktionsvolym av betong på ca 5 miljoner m³ per år.

En del av den betongen tillverkas med varmt vatten, övrig betong blandas med kallvatten. Temperaturbehovet på vattnet beror bl.a. på vilken temperatur ingående ballast har och vad betongen ska användas till. Temperaturen på den färdiga betongen, som lämnar betongblandaren, kan variera mellan 5 och 20°C, beroende på årstid. Därmed varierar också den specifika energiåtgången (kWh/m³ betong). För vissa användningsområden krävs ingen uppvärmning alls av processvattnet till betongen, medan det för andra applikationer – i synnerhet vintertid – kan krävas temperaturer upp till 95°C för att betongen ska få de egenskaper som slutkunden efterfrågar. När utomhustemperaturen understiger 0°C ska betong, som levereras enligt Svenska Fabriksbetongföreningens (SFF) kvalitetsmanual, hålla minst +10°C. För prefab-tillverkning vill man oftast ha varm betong, för att hinna producera så mycket som möjligt under dagen. Ballasten kan vintertid även innehålla is och har stor termisk massa, vilket gör att energibehovet under vårvintern kan vara hög, trots relativt mildt väder.



Figur 20. Betongproduktion i Sverige (månadsmedel), jan 2011 t.o.m. dec 2014 (Källa: Betongindikatorn-december 2014)

Det finns, i dagsläget, ingen samlad nationell statistik över energianvändningen för betongtillverkning. En anläggning för fabrikstillverkad betong använder, enligt Heidelberg Cement (företagshemsida 2015²⁶), i snitt 22 kWh/m³ för själva produktionen i Sverige. Till detta kommer uppvärmning av byggnader och en del tappvarmvatten (samt driftel till bl.a. maskiner och pumpar); ca 7,5 kWh/m³ producerad betong. Statistik från Swerock, som vi fått tillgång till, visar på motsvarande förbrukningar. De flesta betongstationer får idag sin värmeförsörjning från el eller olja. Om man antar att denna genomsnittliga energianvändning gäller för betongstationer generellt och att alla skulle anslutas till fjärrvärme, så skulle det motsvara ca 110 GWh värme per år. Denna potential begränsas dock av att en del betongstationer har mer eller mindre tillfällig placering, med korta bygglov (1-5 år) samt att inte alla betongstationer ligger i fjärrvärmeområden.

De processer som används vid betongtillverkning finns även inom andra branscher som t.ex. har någon form av batchtillverkning. Lösningarna för användande av fjärrvärme kan därför tillämpas bredare.

5.2.1 Energiförsörjning till betongstationer

Swerock är en av Sveriges största betongleverantörer med betongfabriker på cirka 40 orter - från norr till söder. Swerock har två fjärrvärmeanslutna betongstationer; en i Länna och en i Uppsala. Betongfabriken i Länna är av betydande termisk storlek i det lokala fjärrvärmenätet²⁷. Övriga betongstationer värms, i huvudsak, med olja; antingen produceras lågtrycksånga, som sedan används i de olika processtegen, eller så har man en slags kombipanna; Turbomatic, för uppvärmning av ballastfickor samt processvatten- och spolvattenberedning.

Följande kretsar/processer kan återfinnas på en betongstation:

1. **Processvatten.** Denna last karaktäriseras av höga momentana effektuttag, vilket kräver ackumulering. Rätt inkoppling av denna är avgörande för att få en god avkylning av fjärrvärmen.
2. **Markvärmekrets.** Om betongstationen har en spolplatta utomhus för spolning av betongbilar så är ofta en markvärmekrets önskvärd för att undvika att spolplattan blir istäckt.
3. **Ballastvärme.** Genom att värma ballasten med varm ventilationsluft förhindras isbildning i ballasten och det blir lättare att få rätt temperatur på betongen.
4. **Spolvatten.** Betongbilarna spolas rena när de återkommer från leveransen. Det varierar dock mellan olika betongstationer om spolvattnet värms upp eller inte.
5. **Värmekrets till kontor och andra utrymmen.**
6. **Tappvarmvatten** till duschar och övriga tappställen.

²⁶ Heidelberg Cement, hemsida; <http://www.hcne-sustainability.nu>, den 5 mars 2015

²⁷ Fjärrvärmenätet i Länna är sammankopplat med SFABs nät i Skogås.

5.2.2 Utgångsläge Länna

Anläggningen anslöts till fjärrvärme i samband med att den byggdes 1980. Man har m.a.o. aldrig gjort någon konvertering från annan värmeförsörjning i Länna. I jämförande analyser i detta avsnitt ställer vi existerande fjärrvärmeanslutning mot alternativlösningen egen oljepanna, vilket är standardfallet för de flesta av Swerocks betongstationer.

Swerock vill, av konkurrensskäl, inte publicera uppgifter om producerad betongvolym eller energiåtgång. Vi har dock fått tillgång till dessa uppgifter, som vi använt i våra beräkningar, och därifrån dragit slutsatser. I detta avsnitts beräkningar kommer exempelvärden användas, i huvudsak. Inbördes förhållanden stämmer dock med det verkliga scenariot.

Det finns ingen tillgänglig statistik över fördelningen av producerad betongvolym för prefab-element respektive färdig betong. En grov uppskattning är att färdig betong står för ca 2/3 av volymen. Årsgenomsnittet, för de ca 160 betongstationer som finns i Sverige, blir då ca 21 000 m³ betong/station, vilket skulle motsvara en värmeförbrukning på 525 MWh²⁸/station. Utifrån Länna-fallet uppskattar vi att fjärrvärme kan täcka ca 5/6 av detta behov, resterande energi består av den elspets som krävs för att höja temperaturen till önskat börvärde (när fjärrvärmens framledningstemperatur är för låg); fjärrvärmebehovet blir alltså ca 440 MWh och elbehovet ca 85 MWh. Denna genomsnittsförbrukning kommer vi fortsättningsvis använda i beräkningsexemplen.

För att uppskatta skillnaden i energianvändning jämfört med om anläggningen skulle haft en ångoljepanna, så gjordes en beräkning med relativt konservativa antaganden om verkningsgrad och tomgångsförluster för en panna. Observera att denna beräkning endast tar hänsyn till den energiförlust som härrör direkt till pannan, och inte till övriga värmeförluster som anläggningen kan ha (och som heller inte direkt påverkas vid konvertering till fjärrvärme).

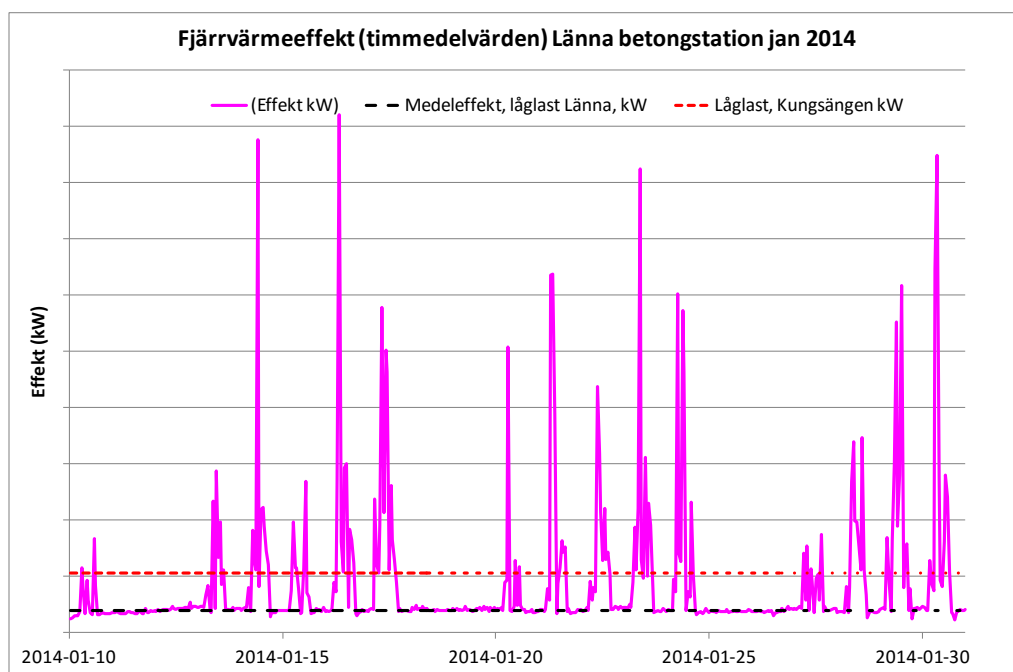
Två av Swerocks betongstationer som i utförande är relativt lika varandra, med undantag för uppvärmningsform, är Kungsängen och Länna. Kungsängen värms med en ångoljepanna och Länna värms med fjärrvärme, med elpanna för temperaturspets. Elpannespetsen används endast till processvattenberedning.

Under januari 2014 var Kungsängen ett par veckor utan betongtillverkning. Trots detta var pannan i drift, i "Stand by-läge". Figur 21 jämför energiåtgången i Kungsängen med timmedeleffekter för fjärrvärmeförbrukningen i Länna under samma period. I diagrammet framgår tydligt under vilka perioder som betongtillverkning skett, eftersom effektbehovet varit märkbart högre under dessa timmar. Kungsängen har ca 60 % högre förbrukning under låglast än vad Länna har, troligtvis beroende på tomgångsförluster från oljepannan.

Alla Swerocks betongstationer skiljer sig något i såväl utförande som verksamhet, vilket gör att det inte går att dra alltför stora slutsatser av ovanstående jämförelse, men en tomgångsförlust på i snitt 50 kW från en 1 MW oljepanna, vilket motsvarar behovet i Länna, är ett rimlig antagande. Tomgångsförlusterna består dels av låg

²⁸ Antagen genomsnittsanvändning, värme: 25 kWh/m³ betong (inkluderar lokaluppvärmning och tappvarmvatten)

verkningsgrad på pannan, samt värmeförluster; bl.a. i form av förångning av kondensat, där ångan släpps ut i luften (se även Figur 22).



Figur 21. Timmedelvärden för fjärrvärmeeffekt i Länaa betongstation 10-30 januari 2014, jämfört med medeleffekt för Kungsängens betongstation (oljepanna) samma period.



Figur 22. Utsidan av pannrummet till en betongstation med oljepanna. När ångbehovet är lågt ångas kondensatet bort.

Följande antaganden har gjorts (för en fiktiv oljepanna):

Pannverkningsgrad:	90%
Tomgångsförluster:	ca 50 kW (motsvarar 5 % av maxlast)
Producerad varm betong:	10 500 m ³ (motsvarar 50 % av total årsproduktion)
Energiåtgång, varm betong (värme)	40 kWh/m ³
Drifttimmar med pannan igång:	4344 h (nov-april)
Varav tomgångskörning:	2500 h

I Tabell 13 visas resultat från energiförlustberäkningar. Beräkningen ger en total pannförlust på ca 29 % (varav drygt en tredjedel kan härröras till pannans verkningsgrad; resterande förluster beror på pannans standby/tomgångsförluster). Då osäkerheten i indata är relativt hög, så får man snarast se beräkningarna som en indikation på förlusternas storleksordning. Om hela fjärrvärmesystemet tas med i beräkningen, finns där också förluster; dock är panneffektiviteten för fjärrvärmeproduktion betydligt högre, vilket medför att förlusterna blir lägre totalt sett.

Tabell 13. Värmeförluster för en ny oljepanna under ett år, om en sådan varit installerad vid Swerock Länna. Beräkningarna baseras på ovanstående antaganden.

Värmeförluster panna		
Tomgångsförluster	125	MWh
Pannförluster	47	MWh
Förluster Totalt	172	MWh
Totalt värmebehov	420	MWh
Summa energibehov och förluster	592	MWh
Procentuell förlust	29	%

5.2.3 Resultat

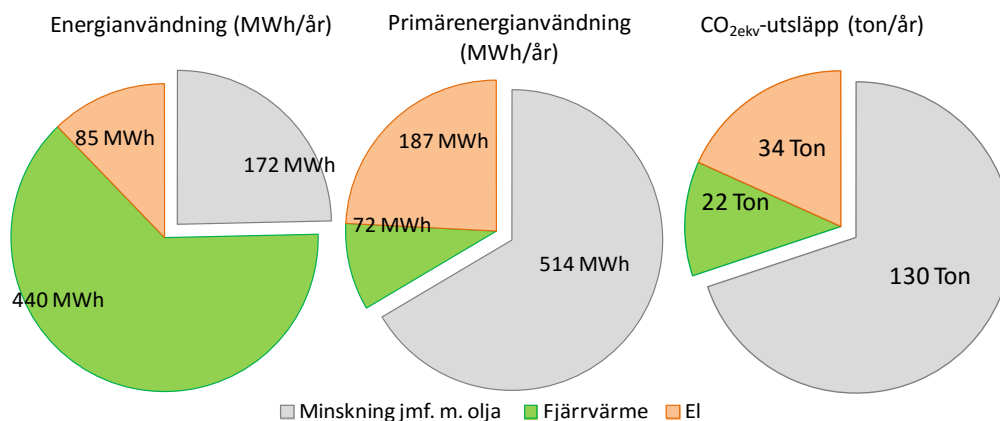
5.2.3.1 Miljövärdering; skillnad mellan oljepanna och fjärrvärme

med elspets

Använda faktorer för CO₂-utsläpp respektive primärenergi presenteras i avsnitt Miljövärdering. Med hjälp av energiberäkningarna ovan har årlig användning av primärenergi samt mängden fossilt CO₂-utsläpp från anläggningen beräknats. Resultatet presenteras i Tabell 14 samt Figur 23. CO₂-utsläppen är ca 70 % lägre och primärenergianvändning ca 65 % lägre än om olja använts för värmning.

Tabell 14. Jämförelse mellan nuvarande uppvärmning i Länna (fjärrvärme+el) och om samma anläggning hade värmts med olja istället.

	Årlig energianvändning [MWh]	Primärenergi [MWh]	CO ₂ -utsläpp (ton)
Fjärrvärme	440	72	22
El	85	187	34
Totalt, fjärrvärme+el	525	259	56
Olja	697	773	186
Minskning energi, PEF resp. CO ₂	172	514	130



Figur 23. Energi- resp. primärenergianvändning och CO₂-utsläpp för Swerock betongstation, Länna. Den gråa tårtbiten representerar årlig minskning av energi- resp. primärenergianvändning samt CO₂-utsläpp, jämfört med om anläggningen skulle drivas med olja (hela cirkeln avser alltså scenariot med oljepanna).

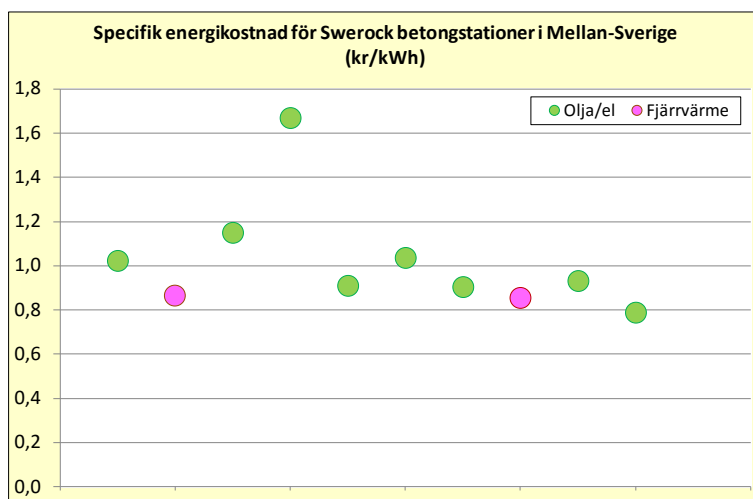
5.2.3.2 Ekonomi

Eftersom produktmix och produktionsvolym skiljer sig mellan olika orter, så är det svårt att göra en rättvis jämförelse mellan de olika anläggningarna, men i Figur 24 visas den specifika energikostnaden²⁹ (kr/kWh) för ett antal betongstationer, varav två är fjärrvärmeanslutna. Av figuren framgår tydligt att de fjärrvärmeanslutna anläggningarna ligger bland de lägsta. För vårt beräkningsexempel innebär skillnaden mot medelkostnaden en årlig besparing på ca 66 000 kr.

Om man dessutom räknar med att energianvändningen sänks, tack vare fjärrvärmeanslutningen, så blir besparingen ännu högre; om man antar att förlusterna

²⁹ Total energikostnad; inkl. verksamhetsel.

minskat i den storleksordning som beräkningarna i avsnitt Utgångsläge Länna kommer fram till (ca 172 MWh), så blir den årliga besparingen ca 150 000 kr³⁰.



Figur 24. Specifika energikostnader för betongstationer i Mellansverige. Fjärrvärmean-slutna anläggningar är markerade i magenta och övriga är grönmarkerade.

Eftersom fjärrvärmean slutningen skedde redan i början på 1980-talet, och vi dessutom inte har möjlighet att öppet redovisa Länna betongstations verkliga energianvändning, så redovisas i Tabell 15 en kalkyl, med värden för 2014 års energipriser och investeringskostnader. För investeringskostnaderna har vi utgått från genomförda installationer och budgetkalkyler för liknande anläggningar. Detta exempel ger en återbetalningstid på drygt 6 år.

³⁰ Med hänsyn tagen till att den el som behövs för temperaturspets har ett högre energipris än oljan.

Tabell 15. Investeringskalkyl för anslutning av en betongstation till fjärrvärmenätet.

Energikostnader		
Utgångsläge		
Energipris, olja (inklusive skatter)	750	kr/MWh
Energipris, el (inklusive skatter)	800	kr/MWh
Energibehov olja inklusive ev. omvandlingsförluster	612	MWh/år
Energibehov el inklusive ev. omvandlingsförluster	180	MWh/år
Årlig energikostnad	603 000	kr/år
Med fjärrvärme		
Fjärrvärmepris (säsongsbaserat); inkl. fasta avgifter	600	kr/MWh
Energibehov, fjärrvärme	440	MWh/år
Energibehov, el	265	MWh/år
Årlig energikostnad	476 000	kr/år
Differens energikostnader	-127 000	kr/år
Drift-/underhållskostnader		
Utgångsläge		
	10 000	kr/år
Med fjärrvärme		
	500	kr/år
Differens drift-/underhållskostnader	-9 500	kr/år
Differens av årlig energi- och drift-/underhållskostnad	-136 500	kr/år
Investeringskostnader		
Alternativ Olja		
Ny oljepanna	750 000	kr
Med fjärrvärme		
Ledning/servis, anslutningsavgift	100 000	kr
Fjärrvärmecentral	1 500 000	kr
Summa investering (extrakostnad jmf oljepanna)	850 000	kr
Payback (investering/besparing)	6,2	år

5.2.4 Fjärrvärmeanslutning; utmaningar

Nedan följer en mer ingående beskrivning av de olika kretsarna, där vi även beskriver en del av de problem man mötte inledningsvis med installationen, vilket åtgärdades vid en ombyggnation 2006. Ombyggnationen skedde i nära samarbete med fjärrvärmeleverantören SFAB, som konstaterat att fjärrvärmeanläggningen i Länna betongfabrik hade haft en bristfällig funktion under långa perioder. Vid kontakt med Björn Karlsson på Swerock AB, visade det sig att inte heller Swerock var nöjda med anläggningens funktion. För att kunna erbjuda Swerock en bättre fungerande anläggning, med en godtagbar avkylning av fjärrvärmevattnet, tog SFAB fram ett åtgärdsförslag och en offert på ombyggnationen. Hans Andersson (dåvarande marknadschef vid SFAB) såg fördelarna utifrån SFABs perspektiv, och var drivande i processen. Förslaget togs fram m.h.a. ZW Energiteknik³¹ (projektledare Håkan Walletun). Sandor Bogo, servicetekniker på SFAB hjälpte till med byggledning och driftsättning.

5.2.4.1 Processvatten

På betongstationen i Länna tillverkas färdig betong. Betongen blandas i en våg, och hålls därefter i betongbilen. Vågen fylls under ca 45-60 sekunder med det processvatten som går åt för betongtillverkningen; ca 800-1000 l, tillsammans med cement och ballast. Därefter tar det ca 4-5 minuter att fylla betongbilen; sedan är det möjligt att blanda en ny batch. Under höglast-perioder kan denna procedur upprepas 10-15 gånger i följd. Betongens sammansättning och temperatur bestäms av kundens behov, vilket innebär att vattnets temperatur kan variera med såväl utomhustemperatur som användningsområde för betongen. Den momentana värmeeffekten kan bli mycket hög; uppemot 6-7 MW.

Fjärrvärmeinstallationen i Länna hade en liggande 5 m³ ackumulatortank, med dålig skiktning och bristfällig styrning av ackumulatorladdningen. Eftersom ackumuleringen inte fungerade togs nästan allt vatten direkt genom fjärrvärmeväxlaren, som inte hade tillräckligt hög kapacitet för att klara de höga effekttopparna. Även fjärrvärmeservis-ledningen innebar en begränsning, i och med att fjärrvärmecentralen inte kunde få det efterfrågade flödet. Detta ledde till problem både för fjärrvärmeleverantören SFAB och för kunden, Swerock. För SFABs del uppstod stora pendlingar i effekt och flöde, vilket även gav tryckstötter i nätet. Man fick även mycket höga returtemperaturer från anläggningen. Kunden fick problem i produktionen av betong, i och med att det inte gick att hålla börvärdet på processvattnets framledningstemperatur. Det fanns även problem med att få tillräckligt högt processvattenflöde.

5.2.4.2 Spolvatten

Spolvattnet används för att spola rent betongbilarna från betongrester, när de återkommer från leveranser. Man har därför rätt så högt tryck på vattnet som kommer ur

³¹ Numera uppköpta av FVB Sverige ab; utgör nuvarande Nyköpingskontoret

munstyckena. Varmvatten krävs egentligen inte för rengöringen, men ger en bättre arbetsmiljö för förarna. Ca 25°C är tillräcklig temperatur.

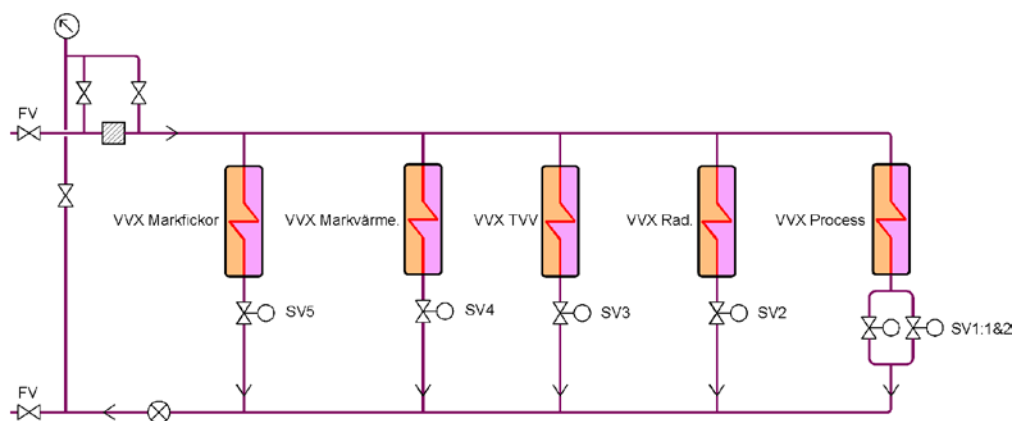
Före ombyggnationen av betongstationen togs spolvattnet ur den ackumulator som höll processvattnet. Man varmhöll därför ackumulatoren även sommartid, vilket innebar en hel del värmeförluster.

5.2.4.3 Övriga kretsar

De övriga kretsarna fungerade, i stort sett, bra, men en del äldre värmeväxlare behövde bytas ut, och några smärre justeringar i reglerfunktionerna gjordes. I samband med ombyggnationen passade man även på att ansluta en radiatorkrets och tappvarmvatten till kontor och omklädningsrum samt utöka markvärmeytan. Dessa kretsar beskrivs mer ingående i nedanstående avsnitt.

5.2.5 Fjärrvärmeanslutning; lösningar

Fjärrvärmecentralen på betongfabriken i Länna består av fem parallella kretsar (Figur 25): processvatten, markvärme, ballastvärme (markfickor), lokaluppvärmning respektive tappvarmvatten och spolvatten (TVV). Stor vikt lades vid att få en enkel inkoppling, med tydlig styrning och reglering av kretsarna. Parallellkopplingen ger god termisk effektivitet; man får m.a.o. en god avkylning på fjärrvärmevattnet och undviker övertemperaturer i sekundärsystemet. För andra applikationer kan en seriekoppling av kretsar vara motiverat; där returvattnet från den ena kretsen helt eller delvis värmer efterföljande krets. I detta fall var dock risken för suboptimering uppenbar, eftersom varaktigheterna för effektuttaget i respektive krets varierar starkt (med undantag för radiatorkretsen, som dock har förhållandevis lågt energibehov jämfört med övriga kretsar).



Figur 25. Förenklat principalschema för fjärrvärmecentral, med de fem kretsar som är inkopplade på fjärrvärmen vid Länna betongstation.

Nedan följer en kortfattad beskrivning av kretsarna, med principskisser. Uppvärmningskretsen är inkopplad och fungerar på samma sätt som standardinstallationer i bostadshus, och beskrivs därför inte närmare. För kopplingsprinciper på typiska upp-

värmningsinstallationer hänvisas till Tekniska bestämmelser F:101 Fjärrvärme-centralen - Utförande och installation (2014).

5.2.5.1 Processvatten till betongberedning

På betongstationen i Länna tillverkas färdig betong. Utifrån beskrivningen i avsnitt 5.2.4.1 Processvatten, framgår att den momentana fjärrvärmeeffekten kan bli mycket hög; 6-7 MW, för att därefter vara närmare noll, med stora flödespendlingar som följd. Genom att installera fungerande ackumulering av processvattnet åstadkoms en stabilare drift, både för Swerock och för fjärrvärmeleverantören SFAB.

Vid nyanslutningar bör den kostnad som ackumulatortanken medför vägas mot fördelarna; dels de driftmässiga fördelar som beskrivs ovan, men dessutom kan man ansluta anläggningen med mindre dimensioner på fjärrvärmerör och värmeväxlare; något som ger lägre installationskostnader, men även lägre kulvertförluster.

5.2.5.2 Ackumulering av processvatten

Fjärrvärmeväxlaren³², FV-VVX1/ VVX2, fungerar som laddningsväxlare till ackumulering av processvatten, se Figur 3. Tre ackumulatortankar ger en total buffert på 7500 liter processvatten, vilket motsvarar ca 7 betongblandningar, eller drygt en halvtimmes drift, under maxlastfallet. Börvärdet på processvattnet är satt till 5°C lägre temperatur än fjärrvärmenätets framledning³³, dock högst 85°C³⁴, och regleras av en DUC/PLC. När utgående temperatur från fjärrvärmeväxlaren är otillräcklig startar elpannan och spetsar processvattentemperaturen till önskat börvärde.

En trestegs cirkulationspump (P3) återcirkulerar processvattnet (VVC), vilket säkerställer temperaturen vid betongvågen, även då ingen tappning sker. Återcirkulation av processvatten (VVC) kopplas in på "mitten" av värmeväxlaren och kallvattenanslutningen görs i "kalla änden" på värmeväxlaren (före VVX 2).

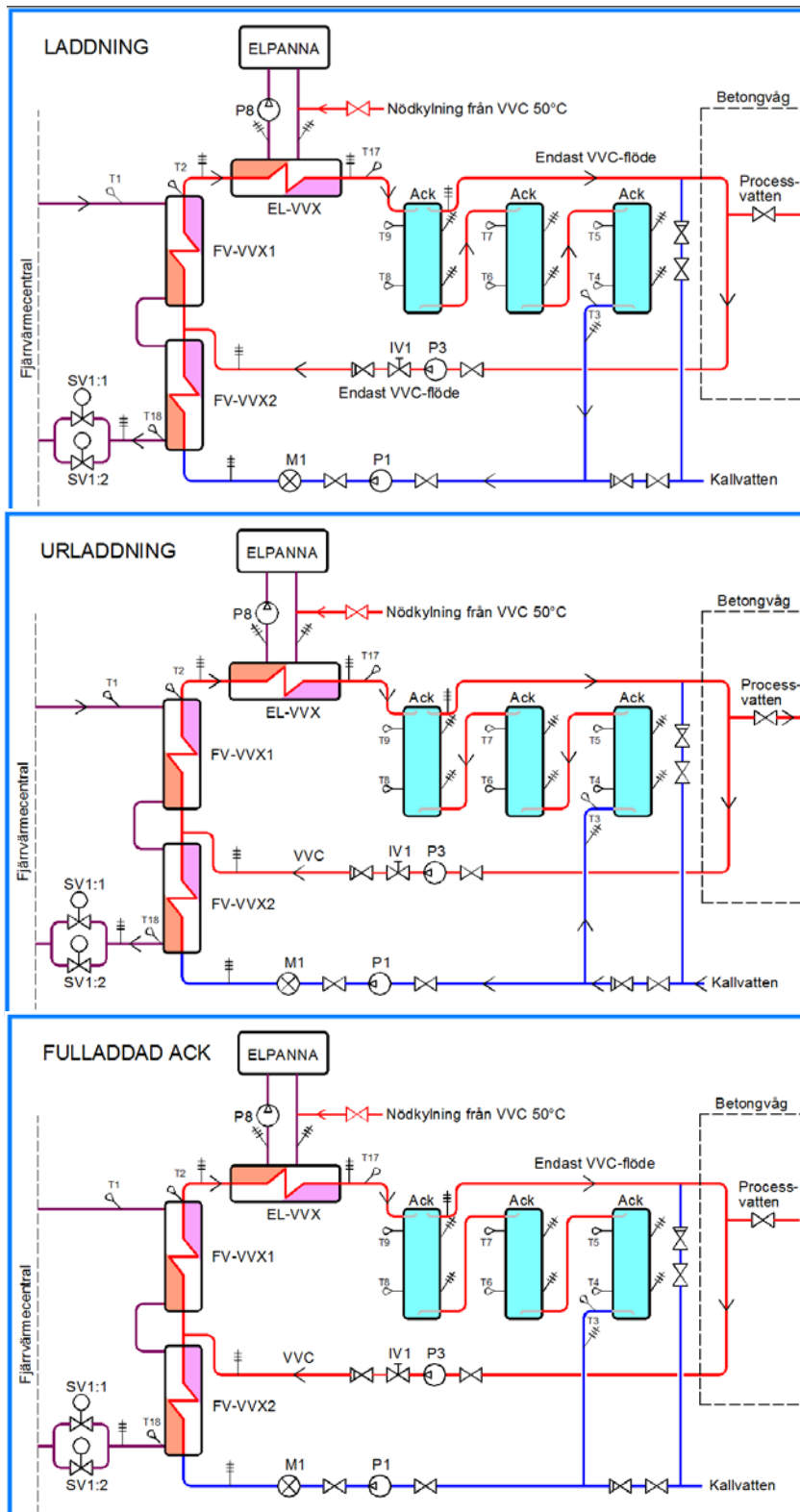
Två parallellkopplade styrventiler (SV1:1, SV1:2) reglerar fjärrvärmeflödet genom värmeväxlarna. Ventilerna är olika stora och styrs i sekvens, där minsta ventilen går in först.

Kallvatteninkopplingen står för systemets tryckhållning. Vid tappning fylls ackumulatorerna på från botten. En varvtalsstyrd pump (P1) styr laddningsflödet för processvatten. Pumpen startar när temperaturen nära ackumulatortoppen blir för låg. Den stannar när ackumulatorerna är fulladdade. Detta är viktigt för att inte få onödigt hög returtemperatur på fjärrvärmen.

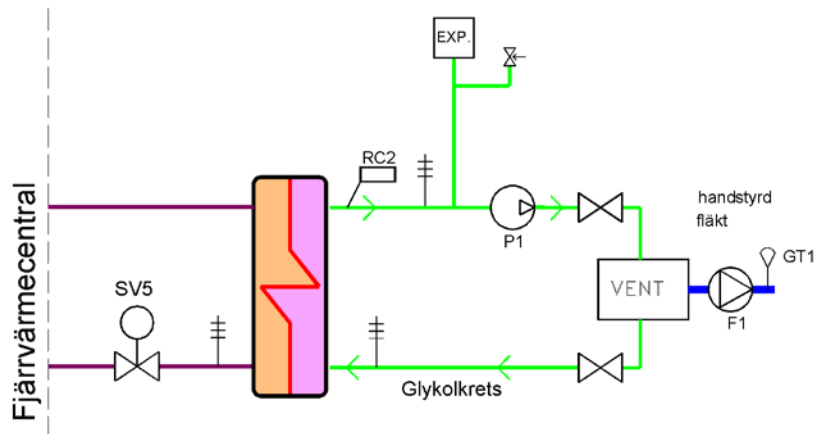
³² Egentligen två seriekopplade värmeväxlare, som är sammankopplade, med gemensam mantel

³³ Om sekundära börvärdet på framledningstemperaturen ligger för nära den inkommande fjärrvärmetemperaturen, kommer styrventilen att öppna fullt, även vid låglast, vilket medför att ventilen fungerar som en rundgång (fjärrvärmevattnet återvänder, i det närmaste, okylt)

³⁴ Temperaturen är vald med tanke på Swerocks normalbehov av processvattentemperatur. I samband med ombyggnationen reviderades temperaturnivån från 95°C till 85°C, vilket bedömdes vara tillräckligt i de allra flesta driftfall.



Figur 26. Principschema för beredning av processvatten på Swerocks betongstation i Länna. Pilar indikerar flöde för tre olika driftfall.

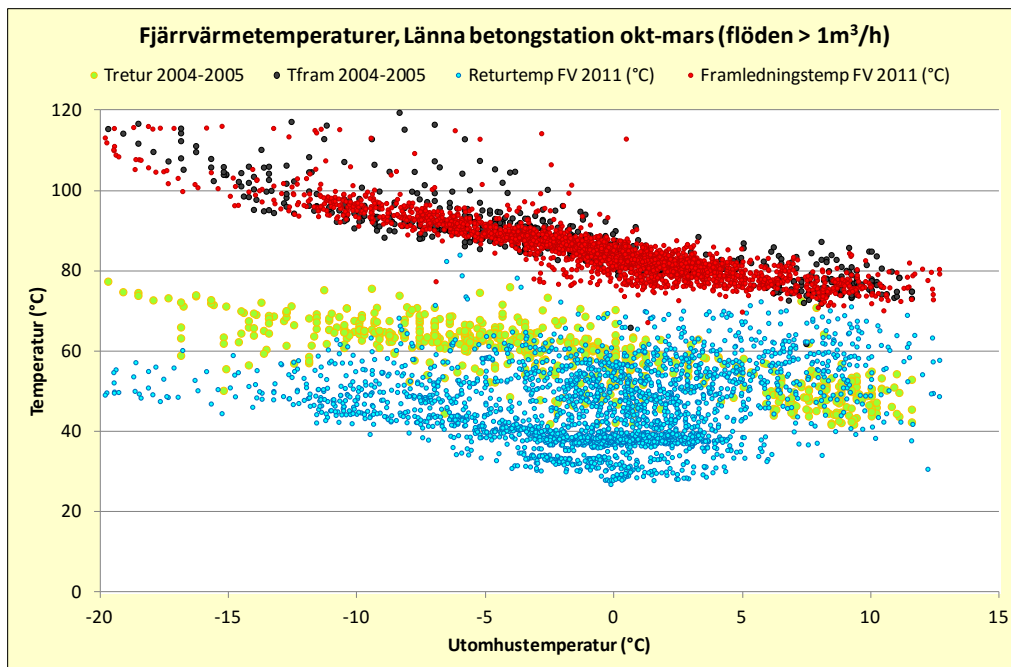


Figur 28. Uppvärmning av ballast, Uppsala

5.2.5.5 Returtemperatur

För att utvärdera hur returtemperaturen från betongstationen påverkats jämfördes betongstationens returtemperatur under perioden okt 2004-mars 2005 med motsvarande månader 2011, se Figur 29 (ombyggnationen utfördes under 2006). I figuren kan man tydligt se en sänkning av returtemperaturen, särskilt vid låga utomhustemperaturer. Årsmedeltemperaturerna för de två perioderna beräknades också. För att inte höga returtemperaturer vid låga flöden skulle få för stor vikt, beräknades flödesviktade medelvärden för returtemperaturerna. Den flödesviktade returtemperaturen var, 2004-2005, 64,8°C och 2011 var den 49,4°C; d.v.s. en sänkning på drygt 15°C.

Denna förbättring har haft stor inverkan även på den totala returtemperaturen i hela Skogåsnätet. 2002 hade Skogåsnätet en returtemperatur på 43°C (oviktat årsmedel). 2006 var årsmedel 40°C. Swerocks ombyggnation har varit en bidragande orsak till den positiva utvecklingen.



Figur 29. Jämförelse mellan returtemperaturer före, resp. efter ombyggnation av Länna betongstation. Värden hämtade från SFABs mätdata i iFix. I diagrammet presenteras endast returtemperaturer när flödet varit högre än 1 m³/h.

5.2.6 Kommentarer

Beräkningarna bygger, till stora delar, på antaganden. Felmarginalen får därmed anses vara relativt hög. Pannförlusterna är dock relativt lågt uppskattade. Beräkningarna omfattar endast energibesparingar som kan kopplas till byte av energislag. Ytterligare energibesparingsåtgärder kan också gå att finna.

5.3 Avfuktning genom varmkondensering

Företaget Airwatergreen har utvecklat en produkt för avfuktning genom så kallad varmkondensering (även kallad CMCR). Produkten är nyutvecklad och används, än så länge, främst för avfuktning i byggnader (lager, kyrkor, krypgrunder etc.). Produkten är skalbar och kan därmed utvecklas även för industriella applikationer. Avfuktningssprocessen är värmedriven och nuvarande produkt använder el för värmning. Genom utvecklingsarbete är det möjligt att kunna ersätta den direkta el-värmen med fjärrvärme som kombineras med högtemperaturvärmepump.

Avfuktning genom varmkondensering är därmed en ny möjlig last för fjärrvärme. Avfuktningens behov finns inom fastighet och många industribranscher: exempelvis livsmedelsindustrin, trävaruindustrin, läkemedelsindustrin eller annan tillverkningsindustri med specifika klimatkrav. Högt avfuktningens behov sommartid, i kombination med lägre fjärrvärmepriser under perioden, kan medföra gynnsam driftekonomi med fjärrvärme. Avfuktarens energieffektivitet är konkurrenskraftig jämfört med andra avfuktningssmetoder på marknaden, både vad gäller insatt energi och möjlighet till värmeåtervinning.

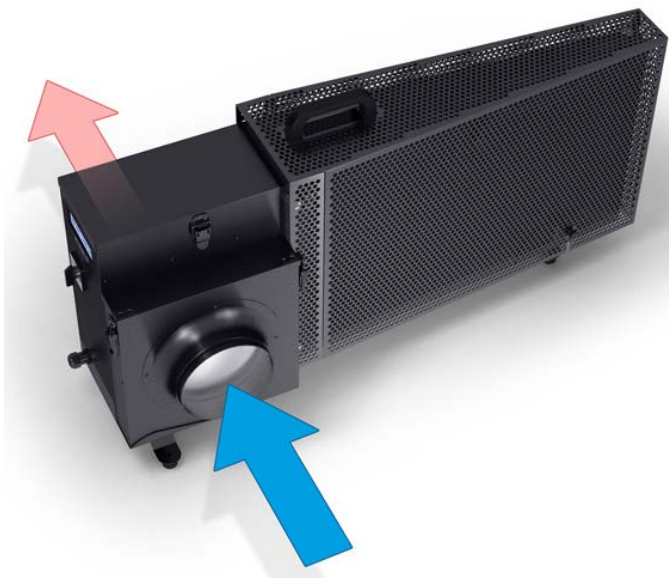
Kombinationen av avfuktningens behov i flera branscher, gynnsam sommarlast för fjärrvärme samt metodens energieffektivitet gör att denna nya metod är intressant att studera vidare som ny tillämpning för fjärrvärme.



Figur 30. Figur 1. Avfuktare baserad på varmkondenseringsmetod, Airwatergreen AWD450. Bildkälla: Airwatergreen.

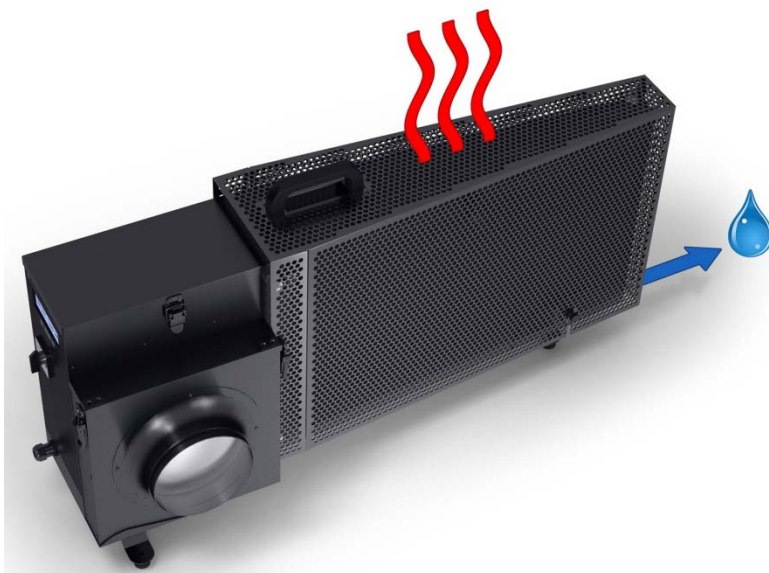
5.3.1 Varmkondensering (CMCR)

Varmkondensering eller CMCR (controlled moisture capture and release) är en metod för att kondensera vattenånga med hjälp av värme. CMCR-processen är uppdelad i två faser; adsorption och kondensering. I den första fasen blåses fuktig luft genom en volym med ett högadsorberande material (hygroskopiskt), se Figur 31. Vattenångan i luften adsorberas då i materialet och torrare luft lämnar utblåset. Detta sker tills att det hygroskopiska materialet är mättat och inte kan ta upp mer fukt.



Figur 31. Första fasen: adsorption. Bildkälla: Airwatergreen.

Då inleds andra fasen, regenereringsfasen, varvid volymen sluts och värms, se Figur 32. När det hygroskopiska materialet värms förångas vattnet i materialet och övergår till luften i volymen. Volymen är begränsad och därmed kan luften inte ta emot allt vatten vilket innebär att vattnet kondenseras inuti volymen, så kallad varmkondensering. Eftersom kondenseringen sker inom volymen återvinns mycket av ångbildningssvärmets värme. Kondensvattnet dräneras och cykeln kan börja om med adsorptionsfasen.



Figur 32. Andra fasen: regenerering. Bildkälla: Airwatergreen.

Tack vare att fukten lämnar det hygroskopiska materialet som kondensvatten så krävs ingen ventilering med utomhusluft. Detta innebär att all tillsatt värmeenergi kommer det avfuktade utrymmet tillgodo. Latent ångbildningsvärme utvinns/frigörs ur den fuktiga luften och värmeenergin som avges till det avfuktade utrymmet är därför 30 % högre än tillförd energi (jämför COP 1,3). 1 kWh el-energi för drift ger 1,3 kWh värme till utrymmet.

I nuläget används främst två andra metoder för avfuktning: kondensavfuktare och sorptionsavfuktare.

Kondensavfuktaren använder eldriven värmepump för att skapa en varm och en kall sida. Luften passerar den kalla sidan och kyls tills fukten i luften kondenserar. Luften värms sedan med hjälp av den varma sidan och har därefter lägre relativ fukthalt än före avfuktningen. Metoden begränsas av att kondensavfuktaren tappar effektivitet med kallare omgivningstemperatur. Effektiviteten minskar även vid lägre relativ fuktighet på luften som ska avfuktas.

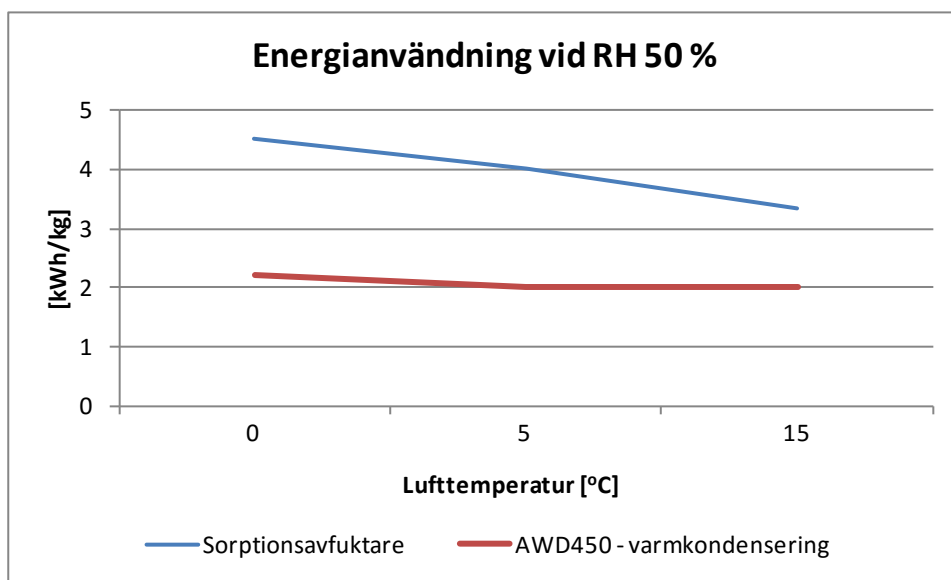
Sorptiv avfuktning använder, likt varmkondensering, också hygroskopiskt material. Nedan beskrivs sorptiv avfuktning generellt, andra varianter kan förekomma. Luften som avfuktas passerar förbi material som adsorberar fukt och den torra luften leds sedan *till* det avfuktade utrymmet. När det hygroskopiska materialet är mättat regenereras materialet med värmd luft *från* det avfuktade utrymmet eller med uteluft. Den fuktiga regenereringsluften avlämnas sedan utanför det avfuktade utrymmet. Sorptiv avfuktning innebär att det avfuktade utrymmet ventileras med energiförluster som följd. Det finns även sorptiva avfuktare för slutna utrymmen. En luftkyld kondensor kondenserar då regenereringsluften och avlämnar därmed luften inom det avfuktade utrymmet. Dessa avfuktare återger därför energi till utrymmet där de finns placerade.

Airwatergreen har låtit SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut göra jämförelsetester mellan avfuktning som bygger på varmkondensering respektive sorptionsavfuktning, se Figur 33. Produkterna som testas är Airwatergreens AWD450 respektive en sorptiv avfuktare med luftkyld kondensor. Båda är nya produkter och tillverkade 2013. Testerna är utförda vid relativ fuktighet på 50 % och vid temperaturerna 0°C, 5°C respektive 15°C. Jämförelsen visar att varmkondensering använder hälften av energin för avfuktning vid 0°C, 2,2 kWh/kg vatten jämfört med 4,5 kWh/kg vatten. Vid ökande temperatur minskar skillnaden men den är fortfarande väsentlig.

Sorptionsavfuktaren i testet har luftkyld kondensor, vilket innebär att regenereringsluften inte ventileras ut. Avfuktaren från Airwatergreen behöver inte heller ventileras ut regenereringsluften. Detta innebär att båda produkternas driftenergi tillförs som värme i utrymmet där de är placerade.

Avfuktaren med varmkondensering är mer energieffektiv än sorptionsavfuktaren på grund av att mindre luftvolym behöver värmas och eftersom granulatet direktvärms med bättre styrmöjligheter. Varmkondensering innebär också att ångbildningsvärmes återvinns direkt och nyttiggörs i processen.

Slutsatsen är att varmkondensering är en energieffektiv avfuktningsmetod som lämpar sig speciellt väl i otempererade eller kylda utrymmen. Potentiell energianvändning för avfuktning med varmkondensering är 0,3 kWh/kg vatten (d v s lägre än ångbildningsvärmes 0,6 kWh/kg) enligt utvecklaren Airwatergreen.



Figur 33. Jämförelse av energianvändning för avfuktning med sorptiv avfuktning respektive varmkondensering. Vid 0°C är varmkondensering dubbelt så effektiv som sorptiv avfuktning. Testet är utfört av SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. Den sorptiva avfuktaren har luftkyld kondensor.

5.3.2 Är varmkondensering tillämpbar för fjärrvärme?

En ny värmedriven och energieffektiv metod för avfuktning som dessutom har stort värmebehov sommartid förefaller idealiskt för fjärrvärme. Nedan görs en analys av huruvida avfuktning med hjälp av varmkondensering är lämplig att driva med fjärrvärme.

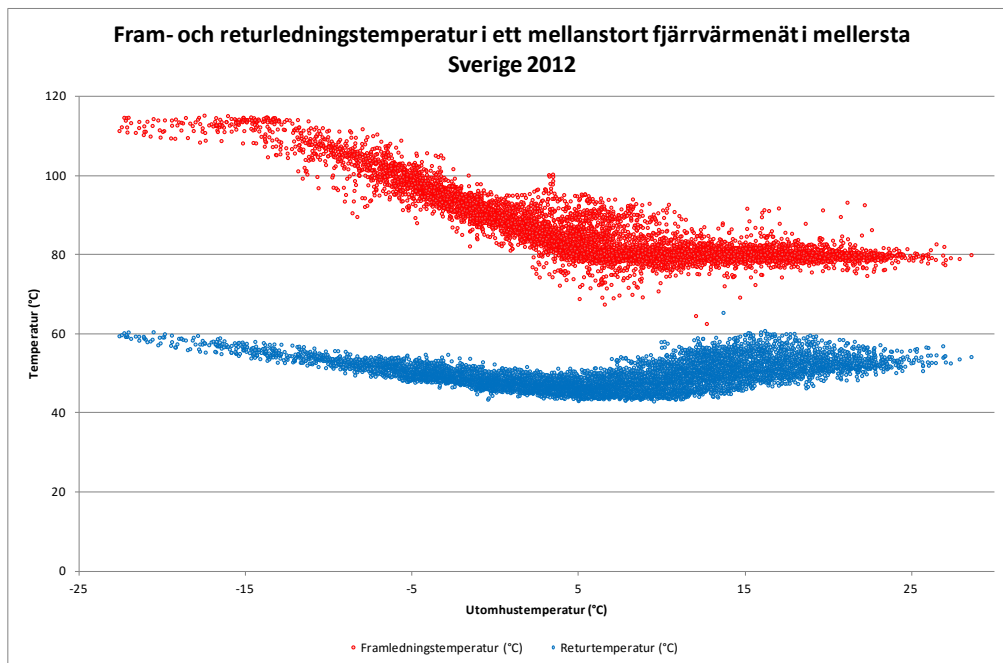
Som nämnts tidigare ökar den specifika ånghalten (luftfuktigheten) i utomhusluft under sommaren. Industriella processer som påverkas av luftfuktigheten utomhus har därför ökat behov av avfuktning sommartid samtidigt som underlaget för försäljning av fjärrvärme är litet under perioden. Fjärrvärmedrivna avfuktare är därför gynnsamt ur fjärrvärmeleverantörens perspektiv samtidigt som fjärrvärmepriserna till industrikunden kan anpassas och medföra gynnsammare driftkostnader för avfuktning. *Varaktigheten* för avfuktning i många industriella processer sträcker sig över hela året, vilket ger lång utnyttjandegrad för fjärrvärme samt betydande energibehov. Det totala *energibehovet* för avfuktning inom industrin är inte sammanställt, men som exempel kan nämnas att inom sågverksindustrin används 80 % av den totala energianvändningen till torkning³⁵. *Effektbehovet* för avfuktning är beroende av luftflöde, krav på fukthalt samt temperatur.

Tillgänglighet och *leveranssäkerhet* för avfuktning med varmkondensering bedöms inte avvika från andra avfuktningsmetoder. Med varmkondensering kan luft avfuktas även vid låga fukthalter (under 5 g/kg), vilket skulle kunna möjliggöra för andra eller nya *tillverkningsmetoder* för en industriprocess.

Den avfuktningsprodukt som är baserad på varmkondensering som finns på marknaden idag (Airwatergreen, AWD450) använder el för värmning (resistivt värmeelement, 400 W). Avfuktaren kan regenereras vid 105°C men har som störst kapacitet vid 120°C.

Avfuktning genom varmkondensering kräver alltså minst 105°C, gärna 120°C, vid regenereringen. Kravet på *framledningstemperatur* (>120 °C) är således betydligt högre än vad fjärrvärme normalt levererar sommartid, se Figur 34. För regenerering av det hygroskopiska materialet med vätskeburen *värmeöverföring*, via rör med värmeflansar, uppskattas *returtemperaturen* till ca 95°C. Därmed är *differenstemperaturen* (ΔT) ca 10-25°C för processen, vilket är alldeles för lågt för att en god *systemeffektivitet* ska uppnås för fjärrvärmenätet. Direkt fjärrvärmeanslutning av avfuktare som använder varmkondensering uppfyller alltså inte temperaturkrav, flödeskrav (litet ΔT) eller krav på systemeffektivitet.

³⁵ J-E Andersson et al, 2011



Figur 34. Framlednings-/returtemperatur för mellanstort fjärrvärmenät i mellersta Sverige. Framledningstemperaturen skiljer sig åt mellan olika nät.

5.3.3 Lösning med högtemperaturvärmepump

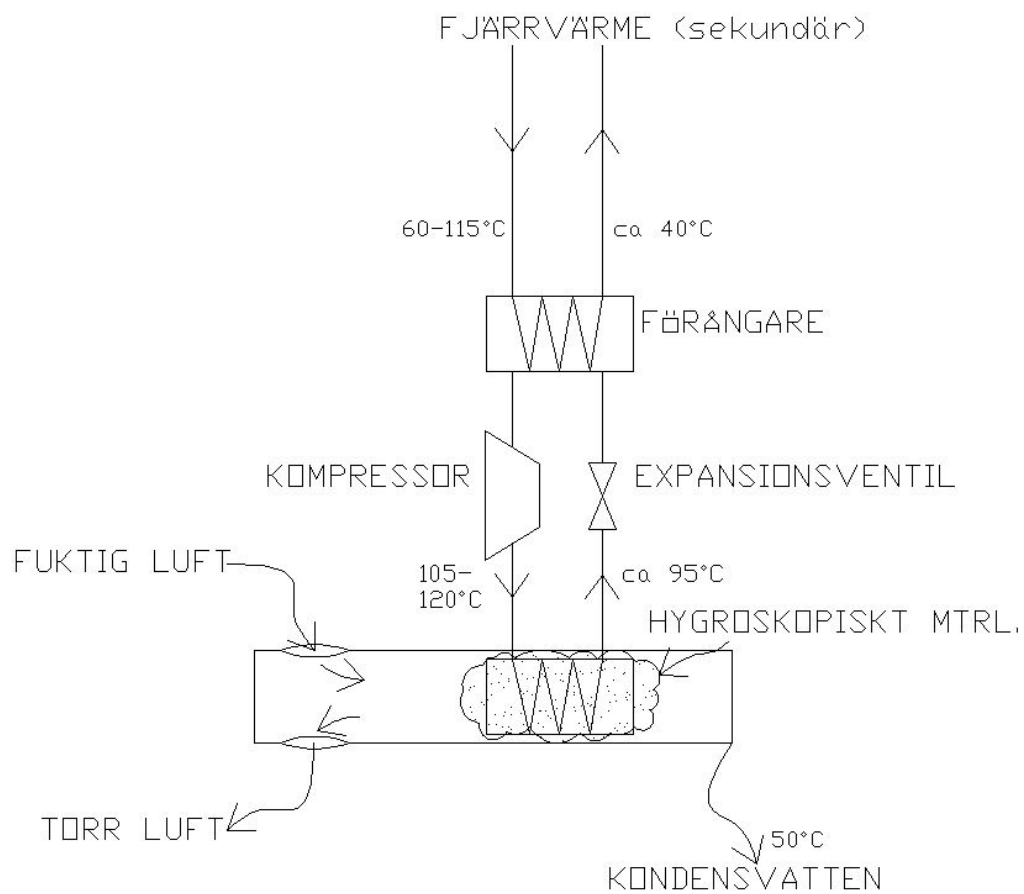
Eftersom kraven på temperatur, flöde (litet ΔT) eller systemeffektivitet *inte* uppnås med direkt fjärrvärmeanslutning har lösningar diskuterats med Fredrik Edström och Per Dahlbäck på Airwatergreen³⁶.

En möjlig lösning är att använda högtemperaturvärmepump för att höja temperaturen på fjärrvärmen till ca 105-120°C, beroende på kapacitetsbehov i avfuktaren. Det finns värmepumpar på marknaden som klarar önskad temperaturnivå³⁷.

Värmepumpens förångare värmväxlas då mot fjärrvärme, se Figur 35. Kondensorn placeras i avfuktaren för att överföra värme till hygroskopiska materialet vid regenerering. Temperaturnivåerna i figuren är uppskattade. Värmepumpen anpassas för fjärrvärmens framledningstemperatur (typiskt 60-115°C). Returtemperaturen för fjärrvärme bör hamna på ca 40°C. COP för värmepumpen uppskattas till 3-4. Mycket utvecklingsarbete återstår dock för att ta fram en färdig produkt.

³⁶ Fredrik Edström och Per Dahlbäck, teknisk utveckling Airwatergreen, möte den 15 januari 2015

³⁷ L Hamberg et al, 2014



Figur 35. Principiellt förslag till fjärrvärmeanslutning av avfuktare med högtemperaturvärmepump. Värmepumpens temperaturer behöver designas för processen.

5.3.4 Ekonomi

Översiktliga ekonomiska beräkningar har utförts för att jämföra förutsättningar för olika avfuktningmetoder. Hänsyn har inte tagits till investerings-/kapitalkostnad eller drift-/underhållskostnad.

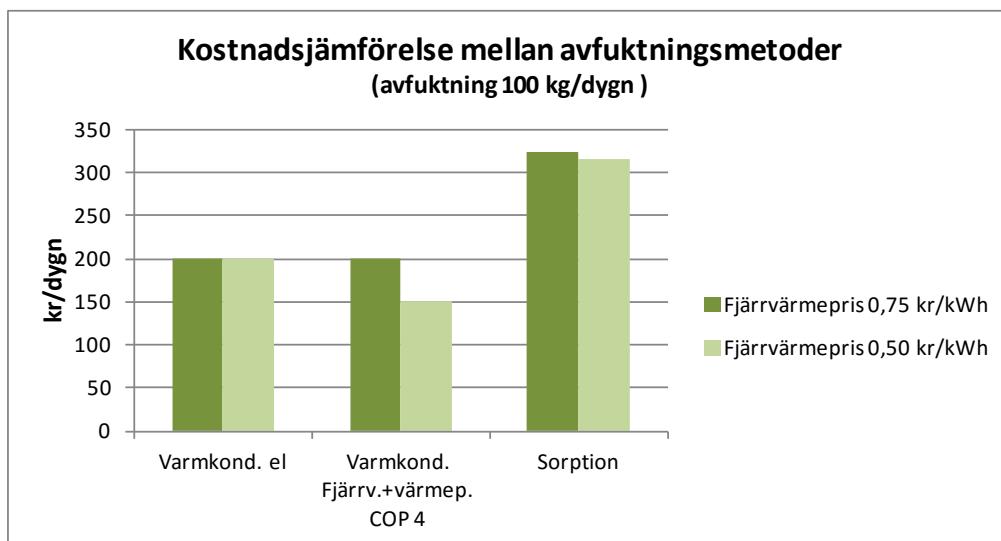
Metoderna som jämförs är varmkondensering med direkt-el, varmkondensering med fjärrvärme+värmepump (COP 4) samt sorptionsavfuktare. Förutsättningarna som ansatts är 15°C, RH 50 %, avfuktning 100 kg/dygn, elpris 1 kr/kWh, fjärrvärmepris 0,75 kr/kWh alternativt 0,5 kr/kWh. Metodernas effektivitet bygger på testresultat: 2,0 kWh/kg fukt för varmkondensering respektive 3,35 kWh/kg fukt för sorptionsavfuktning (se Figur 33). Andelen fjärrvärme som används vid varmkondensering med värmepump (COP 4) är 80 % (20 % el). Beräkningarna har förenklats genom antagande om att kompressorns elanvändning innebär värmeförluster som inte nyttiggörs i processen. Andelen fjärrvärme för sorptionsavfuktare är 12 %, resten el.

Resultaten visar att, jämfört med, sorptionsavfuktning har varmkondensering lägre energikostnader oavsett om värmepump används eller inte, se Figur 36.

Energikostnaden för varmkondensering med fjärrvärme+värmepump respektive med endast direkt-el har jämförts. Brytgränsen för lönsamhet med fjärrvärme+värmepump jämfört med direkt-el inträffar när fjärrvärmepriset är 75 % av elpriset.

Om fjärrvärmepriset däremot är 50 % av elpriset visar exemplet att energikostnaden blir 25 % lägre vid varmkondensering med värmepump (COP 4) jämfört med direkt-el. Det krävs alltså att fjärrvärmepriset är väsentligt lägre än elpriset för att varmkondensering med fjärrvärme+värmepump ska vara lönsammare än med direkt-el. Samtidigt tillkommer högre kostnader för investering/kapital och drift/underhåll när avfuktaren förses med värmepump.

För fallet där fjärrvärmekostnaden är 50 % av elkostnaden blir årsbesparingen för energikostnaden ca 18 000 kr, vilket inte ger stort investeringsutrymme för fjärrvärmeväxlare och värmepump, även om det antas att fastigheten redan har fjärrvärmeanslutning.



Figur 36. Kostnadsjämförelse mellan avfuktningssmetoder. Jämförelsen avser varmkondensering med direkt-el, varmkondensering med fjärrvärme+värmepump (COP 4) respektive sorptionsavfuktare. Elpris 1 kr/kWh, fjärrvärmepris 0,75 kr/kWh respektive 0,5 kr/kWh. (Beräkningarna har förenklats genom antagande om att kompressorns elanvändning är värmeförluster som inte nyttiggörs i processen).

Några faktorer som skulle kunna bidra till att göra fjärrvärmebaserad avfuktning med varmkondensering mer lönsam än i räkneexemplet ovan är:

- Genom att tillgodogöra värme från kompressorn till processen minskar energikostnaden.
- COP för värmepumpen ökar med högre framledningstemperatur och lägre regenereringstemperatur. När avfuktningssbehovet är mindre än avfuktarens kapacitet kan regenereringstemperaturen sänkas till exempelvis 105°C. Om framledningstemperatur vid det tillfället är exempelvis 95°C uppskattas COP vara betydligt högre än 4.
- Effektiviteten i avfuktningssprocessen bedöms kunna förbättras ytterligare.

Säsongsbaserat fjärrvärmepris som är lägre sommartid, när avfuktningssbehovet är som störst, kan bidra till att skillnaden mellan fjärrvärme- och elpris ökar. Vidare kan fjärrvärmeleverantören vara intresserad av att bidra vid investering i utrustning som bidrar till gynnsam fjärrvärmelast. Exempelvis kan ökad sommarlast för fjärrvärme bidra till utnyttjande av överskottsvärme.

Slutsatsen är att avfuktning genom varmkondensering, efter utvecklingsarbete, bör kunna drivas med fjärrvärme till lägre kostnad jämfört med enbart el. Eftersom metoden i sig är energieffektiv blir det en konkurrenskraftig avfuktningssmetod.

5.3.5 Miljö

Utifrån exemplet ovan (15°C, RH 50 %, avfuktning 100 kg/dygn) har energi- och miljöberäkningar genomförts. Varmkondensering med direkt-el jämförs med fjärrvärme+värmepump. Miljönyckeltal för fjärrvärme har hämtats från Stockholm (Fortum) som ett exempel. Miljönyckeltalen för el avser europeisk elmix, vilken kan anses som marginal-el ur ett europeiskt perspektiv. (Se kapitel Miljövärdering för nyckeltal). Görs jämförelser med så kallad Grön el eller Grön fjärrvärme fås givetvis helt andra resultat.

Jämförelsen redovisas i Tabell 16. Resultaten visar att lösningen med fjärrvärme+värmepump använder 25 % mer inköpt energi men 65 % mindre primärenergi jämfört med direkt-el. Fjärrvärmelösningen bidrar även med 55 % lägre emissioner av växthusgaser. Avfuktning genom varmkondensering är betydligt mer energieffektiv än andra avfuktningssmetoder vilket innebär att metoden medför betydligt lägre CO₂-utsläpp och lägre primärenergianvändning oavsett om fjärrvärme utnyttjas eller ej. Utnyttjandet av fjärrvärme ger dock ännu bättre miljövärden.

Tabell 16. Energi- och miljömässiga skillnader mellan att använda varmkondensering med direkt-el jämfört med fjärrvärme+värmepump.

	Varmkondensering el	Varmkondensering fjärrvärme+ värmepump COP 4	Diff.	
Effektivitet (15°C, 50 % RH)	2,0	2,5*	-	kWh/kg
Kapacitet	100	100	-	kg/dygn
Energianvändning el**	73	18	-55	MWh/år
Energianvändning fjärrvärme**	0	73	+73	MWh/år
Total energianvändning	73	91	+18	MWh/år
Primärenergianvändning***	161	55	-106	MWh/år
Emission av växthusgaser***	29	13	-16	ton/år CO ₂

* Beräkningarna har förenklats genom antagande om att kompressorns elanvändning innebär värmeförluster som inte nyttiggörs i processen, därför erhålls sämre effektivitet med värmepump.

**Förutsättningar: samma som under avsnittet Ekonomi ovan, 15°C, RH 50 %, avfuktning 100 kg/dygn.

***Nyckeltal för Europeisk elmix respektive fjärrvärme i Stockholm, Fortum Värme, AB s. m. Stockholms stad, 2013 (se avsnitt Miljövärdering för nyckeltal).

6 SLUTSATSER

Fjärrvärme står för 3 %, motsvarande 4 TWh/år (2012), av industrins energianvändning. Inga väsentliga förändringar av industrins fjärrvärmeanvändning har skett de senaste åren. Samtidigt visar två tidigare projekt inom Fjärrsyn på en potential att öka fjärrvärmeanvändningen med 200 % för ett hundratal stoderade industrier. I kommande avsnitt diskuteras anledningen till att fjärrvärmeanvändningen i industrier, trots detta, inte nått upp till den potentialen.

6.1 Hinder för fjärrvärmeanslutning av industrier

Det finns flera anledningar till varför industrier inte använder mer fjärrvärme. Många industrier ligger exempelvis utanför fjärrvärmeområden. Vidare är fjärrvärme en storskalig systemlösning, vilket innebär att fjärrvärmens villkor är begränsade inom ramar som är anpassade för systemet i stort. Industriprocesser har individuella och specifika krav som måste passa inom ramarna för fjärrvärmens villkor (exempel på villkor: flöde, framlednings-/returledningstemperatur, differensstemperatur (ΔT), värmeöverföring, effekt och varaktighet).

Att ansluta till fjärrvärme innebär en anseilig investeringskostnad för anslutning och fjärrvärmecentral. Investeringen kan även omfatta fjärrvärmeanpassning av fastighetens värmesystem (sekundärsystem), vilket kan vara kostsamt.

Skatter på fossila bränslen har dessutom varit relativt låga för industriföretag, vilket medför att exempelvis oljepannor fortfarande används. När en oljepanna används för värmeförsörjning i en industriprocess förser pannan i regel även fastigheterna med värme, dvs. en oljepanna kompletteras sällan med fjärrvärme för lokaluppvärmning.

Även kunskapsläget gällande fjärrvärme hos industrikunder kan förbättras, vilket är syftet med detta projekt samt projektets handbok.

6.2 Industriprocesser som lämpar sig för fjärrvärme

Alla industriprocesser är inte lämpliga för fjärrvärme, eftersom processernas krav inte alltid uppfylls av fjärrvärmens tekniska villkor. Tidigare studier visar dock på stor potential för fjärrvärme inom vanligt förekommande industriprocesser: värmning, diskning, tvättning och torkning. Vidare förekommer andra specifika industriprocesser där fjärrvärme också används. Detta projekt redovisar exempel på industriprocesser där fjärrvärme används framgångsrikt.

Teknikutveckling kommer även att innebära att fjärrvärme, i framtiden, kan få fler tillämpningar inom industrier. Som ett exempel på detta lyfter vi i projektet fram energieffektiv avfuktning genom s.k. varmkondensering. Denna applikation har potential att kunna drivas med fjärrvärme i framtiden.

6.3 Fördelar med fjärrvärme i industrin

Miljövinster: Vid anslutning av en industriprocess som passar inom ramen för fjärrvärmens villkor kan stor nytta dras av de fördelar som storskalighet medför. Fjärrvärme innebär stor miljöförbättring jämfört med småskalig värmeproduktion med fossila bränslen, något som visats tydligt för de studerade industriprocesserna. För Swerock och Toyota Material Handling Europe innebär fjärrvärme 70-90 % lägre CO₂-utsläpp jämfört med olja respektive gasol.

Även energianvändningen kan minska betydligt tack vare fjärrvärme, både för industrikunden men även i ett större systemperspektiv, se exempel från Toyota Material Handling Europe och Swerock. Vid Swerock är energianvändningen 25 % lägre jämfört med om en ny oljepanna använts istället för fjärrvärme. Primärenergianvändningen är ytterligare väsentligt mycket lägre.

Ekonomisk besparing: Storskalig värmeproduktion innebär även ekonomiska fördelar som industrikunden i många fall kan dra nytta av. För de båda studerade industriprocesserna vid Toyota Material Handling Europe respektive Swerock har det varit ekonomiskt lönsamt att ansluta till fjärrvärme. Återbetalningstiden för fjärrvärme varierar från ett par år till några år. Vid Toyota Material Handling Europe är den årliga besparingen 360 000 kr per år.

Leveranssäkerhet: Fjärrvärme håller hög leveranssäkerhet, vilket är mycket viktigt för industriföretag.

6.4 Råd vid konvertering till fjärrvärme

Det finns många skilda drivkrafter för industriföretag att konvertera till fjärrvärme. Ett urval av industrins drivkrafter är: ekonomi, uttjänt befintlig panna, miljöprofilering samt tillsynskrav från myndigheter.

För att göra en första utredning över lämpligheten att använda fjärrvärme i industriprocessen behöver endast ett fåtal faktorer beaktas. Exempelvis temperaturkrav, returtemperatur, effektkrav, energianvändning och investeringsutrymme, se avsnitt Arbetsmodell. Fjärrvärmeleverantören kan i vissa fall leda utredningsarbetet och föreslå tekniska lösningar.

Att ansluta en industriprocess, med specifika krav på temperatur och värmeeffekt, till ett storskaligt fjärrvärmesystem, vars egenskaper främst är anpassade för fastighetsuppvärmning och tappvarmvatten, kräver handpåläggning. Varje industriprocess har skilda förutsättningar och att presentera paketlösningar som kan användas rakt av är därför inte möjligt. Däremot finns en hel del etablerade tekniska lösningar som kan kombineras för att erhålla en fungerande helhetslösning. (Exempel på tekniska lösningar: temperaturspetspanna, ackumulator, primäranslutning mot fjärrvärme, fram/fram-anslutning, retur/retur-anslutning, etc.) I de studerade fallen inom projektet har det krävts en del injusterings- och anpassningsarbeten för att erhålla goda driftdata, exempelvis låg returtemperatur.

Förutom att det finns flera tekniska lösningar att tillgå, är en av projektets viktigaste slutsatser att arbete med konvertering till fjärrvärme kräver nära samarbete för att lyckas. Erfarenheter visar att det är viktigt att alla inblandade parter (kund, leverantör-

rer, konsulter, etc.) deltar så tidigt som möjligt i projektet. Gemensam målbild för industrikund och fjärrvärmeleverantör är en viktig utgångspunkt i arbetet med att konvertera industriprocesser till fjärrvärme. Inför projekteringen behöver alla parter samlas för att fastställa syftet med projektet och vilka förutsättningar som gäller.

Det är även viktigt att fjärrvärmeleverantören är öppen och flexibel i kontakten med industrikunden. Fjärrvärmeleverantören behöver lyssna till vad industrikunden önskar och återkomma med specifikt avtalsförslag och pris³⁸. Industriföretagen vill gärna ha anpassade priser, minimerade osäkerhetsfaktorer och inte ta investeringskostnaden³⁹. Kostnader kan istället bakas in i löpande pris till industrikunden. En fjärrvärmes taxa som är anpassad efter leverantörens marginalkostnad för värmeproduktion gynnar industrikunder med jämnt lastuttag. Taxan bör även vara enkel och överskådlig. Ekonomiska risker kan hanteras genom att anpassa avtalslängden.

Industrikunder ger ibland högre returtemperatur. Fjärrvärmeleverantören behöver arbeta tillsammans med kunden för att lösa problematik med hög returtemperatur.

6.5 Projektets slutsatser i korthet

- Alla industriprocesser kan inte anpassas för fjärrvärme. Däremot finns många processer som, med hjälp av olika tekniska lösningar, framgångsrikt kan anslutas till fjärrvärme.
- Vinsterna är, i många fall, stora. Miljönyttan är stor, vid konvertering från fossila bränslen, tack vare lägre CO₂-utsläpp samt att energianvändningen kan minskas betydligt. Det har även visat sig vara ekonomiskt lönsamt att konvertera till fjärrvärme vid de studerade industriprocesserna.
- Det är oerhört viktigt med tidigt och nära samarbete mellan fjärrvärmeleverantör, industrikund och andra inblandade deltagare i konverteringsprojekt.
- Fjärrvärme konkurrerar med f.n. låga el- och oljepriser, samtidigt som skatterna på fossila bränslen fortfarande är relativt låga. Detta innebär att fjärrvärmeleverantören behöver kunna erbjuda avtal med tillräckligt goda villkor, både vad gäller pris, investering och risk.

³⁸ Jonas Dyrke, energiingenjör Värmevärden, telefonsamtal den 14 oktober 2014

³⁹ Margareta Eriksson, Distributionschef Falu Energi & Vatten, telefonsamtal den 13 oktober 2014

7 REFERENSER

7.1 Rapporter

- Lygnerud K: "*Minskad efterfrågan på fjärrvärme - en utmaning framöver*" Handels-
högskolan i Göteborg, Sverige, ISBN 978-91-7381-074-6, 2011
- P. Thollander, I.L. Svensson, L. Trygg: "*Analyzing variables for district heating col-
laborations between energy utilities and industries*" Linköpings Universitet, Sve-
rige, Energy 35(9): 3649-3656, 2010
- Difs K, Danestig M, Trygg: "*Increased use of district heating in industrial processes
– impacts on heat load duration*" Linköpings Universitet, Sverige, Applied Ener-
gy, 86 2327-2334, 2009
- Werner S: "*Ecoheatcool, work package 1*" Chalmers University of Technology, Swe-
den, 2006
- Göransson A, Johnson J, Sköldberg H, Stridsman D, Unger T, Westholm E: "*Fjärr-
värmens i framtiden - behovet*" Profu, Sverige, ISBN 978-91-7381-036-4, 2009
- Energimyndigheten: "*Energimyndighetens Långsiktsprogno 2012*", Sverige, ISSN
1403-1892, 2013
- Trygg L, Difs K, Wetterlund E, Thollander P, Svensson I-L: "*Optimala fjärrvärmes-
system i symbios med industri och näringsliv*" Linköpings Universitet, Sverige,
ISBN 978-91-7381-028-9, 2009
- Ilic D, Trygg L: "*Ökad fjärrvärmeleverans till industrier*" Linköpings Universitet,
Sverige, 2014
- Svensk Fjärrvärme: "*Tekniska bestämmelser F:101, Fjärrvärmecentralen utförande
och installation*" Sverige, ISBN 978-91-85775-22-4, 2014
- Rydén B, Sandoff A, Sköldberg H, Williamsson J, Stridsman D, Hansson N, Görans-
son A, Holmberg U, Sahlin T, Gunnarsson A: "*Fjärrvärmens affärsmodeller
Sverige*" Profu, Sverige, ISBN: 978-91-7381-105-7 , 2013
- Svensk Fjärrvärme: "*Miljövärdering 2012, guide för beräkning av fjärrvärmens mil-
jövärden*", ISBN 978-91-85775-06-4, Sverige, 2012
- Gode J, Martinsson F, Hagberg L, Öman A, Höglund J, Palm D: "*Miljöfaktaboken
2011*" Värmeforsk, Sverige, ISSN 1653-1248, 2011
- Persson T: "*Koldioxidvärdering av energianvändning*" Energimyndigheten, Sverige,
2008
- Gode J, Byman K, Persson A, Trygg L: "*Miljövärdering av el ur ett systemperspek-
tiv*", IVL Svenska Miljöinstitutet, Sverige, 2009

- Pout C: *"Proposed Carbon Emission Factors and Primary Energy Factors for SAP 2012"*, BRE, England, 2011
- Svensk Fjärrvärme: *"Lokala Miljövärden 2013"* , Sverige, 2014
- Statens energimyndighet och SCB: *"Industrins årliga energianvändning 2012"* Sverige, ISSN 1654-367X Serie EN - Energi, 2014
- del Pilar Castillo M, Olsson M, Henriksson G, Ascue J, Nordman R: *"Högtemperaturförbehandling av biogassubstrat med fjärrvärme för ökad biogasproduktion"* Värmeforsk, Sverige, ISSN 1653-1248, 2011
- Andersson J-E, Lycken A, Nordman R, Olsson M, Räftegård O, Wamming T: *" State of the art – Energianvändning i den svenska sågverksindustrin"*, Sverige, SP Rapport 2011:42 , 2011
- L Hamberg, P Gervind, R Nordman, J Lindau: *"Koncept och kompetensuppbyggnad för systematisk användning av högtemperatur-värmepumpar inom mejeriindustrin"*, Effsys, Sverige, 2014

7.2 Möten/telefonintervjuer

- Referensgruppsmöte 1, den 7 oktober 2014
- Referensgruppsmöte 2, den 19 februari 2015
- Ring, Agneta, Miljöchef Toyota Material Handling Europe i Mjölby, möte/platsbesök den 3 oktober 2014
- Eriksson, Margareta, distributionschef Falu Energi & Vatten, telefonsamtal den 13 oktober 2014
- Martin, Andrew, professor Energiteknik KTH, telefonsamtal den 15 oktober 2014
- Edström, Fredrik och Dahlbäck Per, teknisk utveckling Airwatergreen, möte den 15 januari 2015
- Gustavsson, Klas, tidigare VD Mjölby-Svartådalens Energi, telefonsamtal den 2 februari 2015
- Dyrke, Jonas, energiingenjör Värmevärden, telefonsamtal den 14 oktober 2014

7.3 WWW

- Heidenberg Cement, hemsida; <http://www.hcne-sustainability.nu>, den 5 mars 2015

ATT ANVÄNDA FJÄRRVÄRME I INDUSTRIPROCESSER

De här resultaten visar att det är viktigt med ett tidigt och nära samarbete mellan fjärrvärmeleverantören, industrikunden och andra inblandade deltagare i projekt kring konvertering av industriprocesser till fjärrvärme. Som ett led i att minska energianvändningen är det angeläget att underlätta för fjärrvärme- och industriföretag att förverkliga den stora potential som finns för fjärrvärme i industrin.

Två konverteringar till fjärrvärme har studerats. En där gasol har ersatts av fjärrvärme. Reduceringen av koldioxidutsläpp är 90 procent och besparingen är 360 000 kr per år, vilket innebär att fjärrvärmeinstallationen kunde återbetalas på ett par års sikt.

En annan är en betongstation där studien har jämfört fjärrvärme plus elpanna med en ny oljepanna. Resultatet är att energianvändningen minskade med cirka 25 procent, och att användningen av primärenergi och koldioxidutsläppen minskade med cirka 70 procent vardera.

Alla industriprocesser kan inte anpassas för fjärrvärme. Däremot finns det många processer som, med hjälp av befintliga tekniska lösningar, framgångsrikt kan anslutas till fjärrvärme.

Vinsterna är i många fall mycket stora. Miljönyttan är stor, vid konvertering från fossila bränslen, tack vare lägre koldioxidutsläpp och att energianvändningen minskar betydligt. Det har även visat sig vara ekonomiskt lönsamt att konvertera till fjärrvärme vid de studerade industriprocesserna.

Studien visar att det är oerhört viktigt med tidigt och nära samarbete mellan fjärrvärmeleverantör, industrikund och andra inblandade deltagare i den här typen av projekt.

Ett nytt steg i energiforskningen

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