



Individuell mätning och debitering eller Fjärrvärme Direkt?

Tekniska möjligheter och kostnader för implementering av individuell mätning och debitering samt Fjärrvärme Direkt på Koppargården i Landskrona.

Linnea Persson och Josef Kruber

Examensarbete på Civilingenjörsnivå
Avdelningen för Energihushållning
Institutionen för Energivetenskaper
Lunds Tekniska Högskola | Lunds Universitet



Individuell mätning och debitering eller Fjärrvärme Direkt?

Tekniska möjligheter och kostnader för implementering av
individuell mätning och debitering samt Fjärrvärme Direkt på
Koppargården i Landskrona.

Linnea Persson och Josef Kruber

Juni 2015, Lund

Föreliggande examensarbete på civilingenjörsnivå har genomförts vid Avd. för Energi-hushållning, Inst för Energivetenskaper, Lunds Universitet - LTH samt vid Landskrona Energi AB och AB Landskronahem i Landskrona.Handledare på Landskrona Energi AB: Ingvi Thorkelsson; handledare på AB Landskronahem: Thomas Sjöholm; handledare på LU-LTH: biträdande lektor Kerstin Sernhed; examinator på LU-LTH: prof. Jurek Pyrko.

Projektet har genomförts i samarbete med Green Hub Landskrona.

Examensarbete på Civilingenjörsnivå

ISRN LUTMDN/TMHP-15/5340-SE

ISSN 0282-1990

© 2015 Linnea Persson och Josef Kruber samt Energivetenskaper

Energi-hushållning

Institutionen för Energivetenskaper

Lunds Universitet - Lunds Tekniska Högskola

Box 118, 221 00 Lund

www.energy.lth.se

Sammanfattning

Detta examensarbete undersöker möjligheter för installation av Fjärrvärme Direkt (FVD) samt mätutrustning för individuell mätning och debitering (IMD) för uppvärmning och tappvarmvatten i befintliga flerbostadshus på Koppargården i Landskrona. Fjärrvärme Direkt innebär att fjärrvärmeförsörjningen sker via lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler. Examensarbetet har även som syfte att genom livscykelkostnadsanalys utvärdera kostnadseffektiviteten i de investeringar som krävs för Fjärrvärme Direkt och IMD. Målsättningen är att installation av lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler eller IMD ska ge en minskad energianvändning i bostäderna då de boende får större incitament att hushålla med energianvändningen för uppvärmning och tappvarmvatten när de blir medvetna om sin användning och sina kostnader.

Examensarbetet har genomförts på Green Hub Landskrona (GHL) som är ett samarbete mellan de tre kommunala företagen Landskrona Energi AB, AB Landskronahem och LSR AB, men även i samarbete med institutioner på Lunds Universitet, LTH. Samarbetet har utvecklats från en gemensam målsättning för ett hållbart Karlsrund genom innovativa lösningar för miljö- och energieffektiviseringar.

Som grund för examensarbetet ligger det energieffektiviseringsdirektiv EU införde år 2012 som ställer krav på individuell mätning och debitering av varmvatten och värme i byggnader. Direktivet är en del av de krav på energieffektivisering EU satte år 2008, som innebär att energianvändningen ska minska med 20 % fram till 2020 relativt 1990 års nivå.

För att utreda om det är tekniskt möjligt att installera Fjärrvärme Direkt och IMD i de befintliga bostadshusen studerades ett typhus. Med typhus avses ett hus med karaktärsdrag typiska för husen i området. I arbetet kartlades först typhuset genom platsbesök och studier av plan- och stamritningar för byggnaden samt CAD-ritningar för fjärrvärmesystemet. En litteraturstudie över den teknik som i dagsläget finns tillgänglig för Fjärrvärme Direkt och IMD genomfördes också. Inventering av den nuvarande fjärrvärmearvändningen för bostadshusen gjordes med hjälp av loggad data för fjärrvärmeleveranserna samt fördelningen av den använda fjärrvärmeenergin mellan värme och tappvarmvatten. Efter detta gjordes livscykelkostnadsanalyser för installation av Fjärrvärme Direkt och IMD där investeringsbedömning genomfördes med nuvärdesmetoden och annuitetsmetoden. En känslighetsanalys gjordes också för att studera hur de ingående parametrarna påverkar resultatet.

Resultatet visar att det inte i något fall är ekonomiskt lönsamt att införa FVD som en typ av individuell mätning, även om det är tekniskt möjligt. Dock skulle det kunna vara lönsamt om investeringen görs i samband med att det husinterna fjärrvärmesystemet samt fjärrvärmecentralen behöver bytas ut.

En investering i IMD är också tekniskt möjlig och kan vara lönsam beroende på vilken benägenhet de boende har att spara in på värme och varmvatten. Lönsamheten för en investering i IMD beror även på hur den faktiska fördelningen av fjärrvärmearvändningen mellan värme och varmvatten ser ut. Detta eftersom den procentuella besparingspotentialen är större för varmvatten än för värme. Det investeringsalternativ för IMD som har bäst potential ge ett lönsamt resultat är en kombination av varmvatten- och värmemätning. För att kunna säkerhetsställa att en investering i IMD är lönsam måste osäkerheterna i mätningen av energianvändningen vid fjärrvärmecentralen tas bort.

Abstract

This Master's thesis explores the possibilities for installation of "Direct District Heating" and measuring equipment for individual metering and billing for heating and domestic hot water in existing apartment buildings on Koppargården in Landskrona. "Direct District Heating" means that district heating is supplied through flat substations. The aim of this Master's thesis is also to evaluate the cost effectiveness of the investments required for "Direct District Heating" and individual metering and billing through life cycle cost assessment. The main goal when installing the flat substations or individual metering and billing is that it will provide a reduction in energy use in homes as the residents have greater incentive to economize on energy use for heating and domestic hot water, as they become aware of their consumption and their costs.

The work has been carried out at Green Hub Landskrona (GHL), which is a partnership between the three local companies Landskrona Energi AB, AB Landskronahem and LSR AB, but also in cooperation with institutions at Lund University, LTH. The partnership has evolved from a common goal of a sustainable Karlsrund through innovative solutions for environmental and energy efficiency.

The basis of the thesis is the energy efficiency directive, that was introduced by the EU in 2012 and that calls for individual metering and billing of domestic hot water and heating in buildings. The directive is part of the requirements for energy efficiency, that were established by the EU in 2008, which means that energy consumption should be reduced by 20% by the year 2020 relative to the level of 1990.

In order to investigate whether it is technically possible to install "Direct District Heating" or individual metering and billing in existing residential buildings a typical building was studied. At first the building was charted through site visits and by studying the blueprints of the building as well as CAD drawings for the district heating system. A study of literature of the technology available for "Direct District Heating" and individual metering and billing were also conducted. Inventory of the existing district heating use for the residential buildings was done using the logged data for district heating delivery and the distribution of the use of district heating energy from heating and domestic hot water. Following this, the life cycle cost assessment for the installation of "Direct District Heating" and individual metering and billing was conducted using the net present value and the equivalent annual cost. A sensitivity analysis was also used to study how the input parameters affect the result.

The result shows that it is not economically viable to install "Direct District Heating" as a type of individual metering in any case. Not even if it is technically possible. However, it can be profitable if the investment is made when the secondary district heating system and substation needs to be replaced anyway.

An investment in individual metering and billing is also technically possible and can be profitable depending on the tendency of the residents to reduce their energy use for heating and hot water. The profitability of an investment in individual metering and billing also depends on the actual distribution of district heating between heating and domestic hot water. This is because saving potential is greater for domestic hot water than for heating. Individual metering and billing of both domestic hot water and heating have the best potential to be a profitable investment. To make sure an investment is profitable, the uncertainties in the measuring of the energy use need to be removed.

Förord

Detta examensarbete har utförts som avslutning på våra studier på civilingenjörsprogrammet Teknisk Fysik vid Lunds Tekniska Högskola, en del av Lunds Universitet. Examensarbetet har genomförts vid avdelningen för energihushållning vid institutionen för Energivetenskaper och varit förlagt på Green Hub Landskrona. Green Hub är ett samarbete mellan AB Landskronahem, Landskrona Energi AB och LSR AB.

För hjälp under arbetets gång vill vi rikta ett särskilt tack till följande personer: Ingvi Thorkelsson, vår handledare på Landskrona Energi – för stöd och uppmuntran under arbetets gång; Kerstin Sernhed, vår handledare på institutionen – för handledning och bra feedback; Thomas Sjöholm, vår handledare på Landskronahem – för tusen idéer och hjälp att få fram den information vi behövde; Janusz Wollerstrand, avdelningen för energihushållning – för hjälp med de tekniska aspekterna i arbetet; Eli Blomberg, Landskronahem – för hjälp med mätdata avseende energianvändning och kostnader på Koppargården; Axel Johansson, Landskrona Energi – för hjälp med den nya fjärrvärmepriissetningen; Rickard Alexandersson, Landskrona Energi – för hjälp med timdata för Koppargårdens fjärrvärmeanvändning; Jan Andersson, bovärd på Koppargården – för hjälp med information om bostäderna och tillträde till byggnader.

Tack!

Lund, juni 2015

Linnea Persson och Josef Kruber

Förkortningar och ordlista

De förkortningar som används i rapporten presenteras nedan tillika med en begreppsförklaring.

FVD - Fjärrvärme Direkt

Med Fjärrvärme Direkt avses lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler för fjärrvärme kopplade direkt till fjärrvärmenätet.

IMD - Individuell mätning och debitering

Individuell mätning och debitering innebär att den faktiska energianvändningen i en bostad mäts och debiteras individuellt.

KV- Kallvatten

Kallvatten eller tappkallvatten är det kranvatten som inte värmts till tappvarmvatten.

LCC - Livscykelkostnad

”Livscykelkostnaden är totalkostnaden för en viss utrustning under hela dess livslängd, från att den installeras till att den slutligt tas ur bruk eller man gör sig av med den” [1].

VS – Värmesystem

Med värmesystem menas det slutna radiatorsystem som tillgodoser byggnadens uppvärmningsbehov.

VV – Varmvatten

Varmvatten eller tappvarmvatten är det kranvatten som i värmeväxlaren värmts till tappvarmvatten.

VVC - Varmvattencirkulation

Varmvattencirkulation innebär att det tappvarmvatten som finns i vattenledningarna hela tiden cirkulerar. Om vattnet inte används cirkulerar det tillbaka till värmeväxlaren och återvärms innan det skickas ut i ledningen igen. Varmvattencirkulation används för att minska den tid det tar att få varmvatten ur kranen samt minska risken för legionella.

Innehåll

1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund/Problemformulering.....	1
1.2 Syfte och mål.....	2
1.3 Frågeställning	2
1.3.1 Inventering av nuvarande värme- och vattenförsörjning.....	2
1.3.2 Individuell mätning och debitering	3
1.3.3 Fjärrvärme Direkt	3
1.3.4 Livscykelkostnadsanalys och känslighetsanalys	3
1.4 Avgränsningar	3
1.5 Disposition.....	3
2 Metod	5
2.1 Inventering av byggnader.....	5
2.2 Inventering av energianvändning och kostnader	5
2.2.1 Energianvändning.....	5
2.2.2 Kostnadsuppgifter	6
2.2.3 Besparing.....	6
2.3 Information om Individuell mätning och debitering	6
2.4 Fjärrvärme Direkt.....	7
2.5 Livscykelkostnadsanalys	7
2.6 Känslighetsanalys.....	7
3 Nulägesbeskrivning av Koppargården 13	9
3.1 Planritning och stammar.....	9
3.2 Uppvärmad inomhusarea	11
3.3 Fjärrvärmeanvändning.....	12
3.4 Fjärrvärmekostnad.....	13
4 Individuell mätning och debitering	15
4.1 Besparingspotential	15
4.2 Individuell mätning och debitering av tappvarmvatten.....	16
4.2.1 Mätutrustning	16
4.2.2 Installationsmöjligheter	17
4.3 Individuell mätning och debitering av värme.....	17
4.3.1 Flödesmätning	17
4.3.2 Radiatormätning	17
4.3.3 Komfortmätning	18
4.3.4 Installationsmöjligheter	19
4.4 Debiteringsmetoder	19

5 Fjärrvärme Direkt	21
5.1 Tidigare projekt för lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler	21
5.2 Förutsättningar för Fjärrvärme Direkt	21
5.3 Val av fjärrvärmecentral för fjärrvärme	22
5.4 System för Fjärrvärme Direkt på Koppargården	22
5.4.1 Primärledning för Fjärrvärme och tillopp för Tappvatten	23
5.4.2 Installation av Fjärrvärmecentraler.....	23
5.4.3 Tappvatten	23
5.4.4 Radiatorsystem	23
6 Investeringsanalys	25
6.1 Individuell mätning och debitering i nuvarande system.....	26
6.1.1 Grundinvestering	26
6.1.2 Energibesparing.....	27
6.1.3 Årliga kostnader	28
6.1.4 Resultat.....	28
6.2 Fjärrvärme Direkt.....	29
6.2.1 Grundinvestering	29
6.2.2 Energibesparing.....	31
6.2.3 Årliga kostnader	31
6.2.4 Resultat.....	31
7 Känslighetsanalys	33
7.1 Fördelning av varmvatten och värme	34
7.2 Energibesparing.....	35
7.3 Investeringskostnad	37
7.4 Underhållskostnad.....	38
7.5 Fjärrvärmepris	40
7.6 Kalkylränta	41
7.7 Livslängd.....	42
7.8 Sammanfattning av känslighetsanalysen.....	43
8 Diskussion	47
8.1 Felkällor.....	47
8.2 Individuell mätning och debitering i nuvarande system.....	47
8.2.1 Resultatet från LCC.....	47
8.2.2 Kostnadsberäkningar	47
8.3 Fjärrvärme Direkt.....	47
8.3.1 Resultatet från LCC.....	47
8.3.2 Kostnadsberäkningar	48

8.3.3 VVC-förluster.....	48
8.4 Rättviseaspekter.....	48
8.5 Allmänt om rapportens resultat	49
9 Slutsatser	51
10 Fortsatta studier	53
Referenser.....	55

1 Inledning

Detta examensarbete har utförts i samarbete med Green Hub Landskrona. Green Hub är ett samarbete mellan Landskronahem, Landskrona Energi och LSR (Landskrona Svalöv Renhållning) för att gemensamt driva utvecklingen mot ett hållbart samhälle. Förutom att sammankoppla olika samhällsnyttiga aktörer inom stadsutveckling, boende, energi, avfall och miljö tror de också starkt på anknytningen till forskning och studier vid universitet och högskola.

Green Hub samarbetar bland annat för att hitta innovativa lösningar för miljö- och energieffektivisering i Karlslundsområdet i Landskrona. Området som nu kommer att kallas Norr ska också utvecklas till ett attraktivare bostadsområde.

1.1 Bakgrund och Problemformulering

På 1960-talet stod starten för det svenska miljonprogrammet, som innebar att en miljon nya bostäder skulle byggas för att motverka den stora bostadsbristen i Sverige. En av städerna där det byggdes flitigt var Landskrona, där hela området Karlslund är ett miljonprogramsområde som stod klart i mitten på 70-talet [2]. Stora delar av husen ägs fortfarande av Landskronahem.

Idag jobbar Landskronahem med de så kallade 2020-målen. Målen är krav satta från EU och innebär bland annat att energianvändningen ska minska med 20 % relativt 1990 års nivå fram till 2020. Sedan Landskronahem startade sitt energieffektiviseringsarbete år 2007 har de lyckats minska den totala energianvändningen i sina hus med ca 14,5 %, och de letar nu efter fler sätt att minska sin energianvändning. I minskningen av den totala energianvändningen ingår en minskning av värmen med 15,5 % och en minskning av tappvarmvattnet med 19,9 %. Tidigare har Landskronahem lyckats minska energianvändningen i området Pilängen genom att öka antalet undercentraler för fjärrvärme. Innan försörjdes 5-6 hus från samma undercentral och nu försörjs istället 2-3 hus av en undercentral. Ombyggnationen på Pilängen innebar nya fjärrvärmecentraler, sekundärsystem och kulvertledningar i området för en kostnad på ca 67 000 kr/lägenhet och bidrog till en minskning av värmeanvändningen med 16,1 % och en minskning av vattenanvändningen med hela 34,4 % sedan 2010. En anledning till den stora minskningen är att det tidigare fanns stora förluster i det sekundära fjärrvärmenätet som gick mellan husen. Utifrån denna lyckade renovering uppkom en idé om att det kanske kunde vara värt att renovera ett annat bostadsområde i Karlslundsområdet och där sätta in en mindre fjärrvärmecentral till varje lägenhet (Fjärrvärme Direkt) för att minska förlusterna i sekundärnätet ännu mer.

År 2012 trädde energieffektiviseringsdirektivet (EED) från EU i kraft som en del i att nå EU-målet om en primärenergibesparing på 20 % till 2020. En del i EED innebär att medlemsländerna ska uppmuntra energikonsumenterna till att bättre övervaka användandet av energi. Detta genom enkel och gratis tillgång till data om användande genom individuell mätning [3]. Sveriges tolkning av direktivet ledde till ett lagförslag om obligatoriskt införande av individuell mätning och debitering (IMD) för värme, varmvatten och el vid nybyggnation och större ombyggnation. Det framtagna lagförslaget blev dock hårt kritiserat av branschorganisationer och omarbetades till ett nytt lagförslag där det endast blir krav på införande av IMD i de byggnader där det anses kostnadseffektivt och tekniskt genomförbart [4].

Med energibesparingsmålen och kravet på IMD från EED ligger det i Landskronahems intresse att undersöka möjligheterna med Fjärrvärme Direkt (FVD) som ger individuell mätning och debitering (IMD) samtidigt som det medför minskade energiförluster och därmed minskad energianvändning. Förekomsten av lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler i flerbostadshus är sällsynt i Sverige där det traditionellt sett är vanligare att husets värme- och varmvattenbehov sköts från en större fjärrvärmecentral som förser samtliga lägenheter med värme och varmvatten. I takt med att individuell mätning och debitering blir vanligare även i Sverige har möjligheterna med lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler börjat undersökas.

I Sverige har en lägenhetsinnehavare i ett flerbostadshus traditionellt sett varmhyra vilket betyder att värme och vatten ingår i hyran med ett belopp baserat på lägenhetens storlek, medan lägenhetsinnehavaren betalar för sin elanvändning genom ett separat abonnemang. Det betyder att de flesta lägenhetsinnehavare i Sverige har individuell mätning för el, men inte för värme eller varmvatten. Med IMD eller Fjärrvärme Direkt får man istället en kallhyra där värme- och vattenanvändningen debiteras separat efter den faktiska användningen. Detta är ett system som är vanligt förekommande i andra länder såsom till exempel Danmark och Tyskland, men det blir allt vanligare även i Sverige. Fördelen med IMD är att den boende betalar för sin egen användning vilket ger incitament att minska den egna energianvändningen och att därigenom spara pengar, samtidigt som större kontroll fås över den egna energianvändningen.

För Landskronahems del finns det ett intresse av att kunna jämföra den eventuella nyttan med Fjärrvärme Direkt med alternativet att endast installera IMD på det nuvarande systemet för värme- och varmvattenförsörjning.

Förutom Landskronahems intresse för ett eventuellt införande av Fjärrvärme Direkt är också energibolaget Landskrona Energi intresserade av ett förslag på hur detta kan genomföras. Är det t ex praktiskt möjligt? Och vad kommer det att kosta?

1.2 Syfte och mål

Syftet med rapporten är att undersöka möjligheten till att installera Fjärrvärme Direkt (FVD) i ett typiskt bostadshus på Koppargården i Landskrona (Koppargården 13) samt undersöka om det är en lönsam investering. Eftersom en stor del av poängen med att installera FVD är att det medför individuell mätning och debitering (IMD), kommer också andra sätt att införa IMD studeras. De andra sätt som kommer studeras är de vanligaste metoderna för individuell mätning och debitering idag. Målet med att införa FVD eller IMD är att minska energiförluster i värme- och tappvattensystemet, samt energianvändningen hos de boende. De boende i lägenheterna får då även ökade möjlighet att ha kontroll över den egna energianvändningen för varmvatten och uppvärmning samtidigt som de betalar för den energi de faktiskt använder.

Möjligheterna för installation av Fjärrvärme Direkt kommer utvärderas ur ett tekniskt perspektiv där syftet är att undersöka om ombyggnad till Fjärrvärme Direkt är en kostnadseffektiv investering i det befintliga typhuset. Den ekonomiska lönsamheten bedöms med avseende på vilka energikostnadsbesparingar som kan förväntas med det nya systemet. Med typhus avses de hus av miljonprogramstyp som byggdes under 1970 talet på Koppargården, ytterligare beskrivning av typhuset finns i kapitel 3.

Slutresultatet ska innehålla en beskrivning av hur Fjärrvärme Direkt kan implementeras i det utvalda typhuset samt en livscykelkostnadsanalys av förslaget. En beskrivning samt LCC-analys ska också göras av en installation av individuell mätning utan FVD, där det nuvarande värme- och varmvattensystemet bibehålls. Den individuella mätningen kommer därmed att sättas in i det nuvarande systemet utan att några ombyggnationer eller renoveringar behöver göras.

1.3 Frågeställning

1.3.1 Inventering av nuvarande värme- och vattenförsörjning

För att kunna ta reda på vilka tekniska lösningar som kan användas för att implementera Fjärrvärme Direkt eller IMD, behövs först en inventering göras av det nuvarande systemet med avseende på ett antal punkter, exempelvis:

- Hur ser byggnaderna ut?
- Hur ser planlösningarna ut?
- Vart finns schakt/stammar och vad har de för specifikationer?
- Hur många anslutningar finns det till stammarna?

- Hur är rören dragna och vilka dimensioner och längder rör det sig om för rören?
- Vad är byggnadens nuvarande energianvändning?
- Vad är byggnadens nuvarande energikostnader?

1.3.2 Individuell mätning och debitering

Följande punkter avses undersökas inför en eventuell implementering av IMD:

- Vilka olika lösningar finns på marknaden idag?
- Vad är besparingspotentialen/hur mycket kan fjärrvärmeanvändningen minskas?
- Vilken lösning lämpar sig bäst för Koppargården 13?
- Är individuell mätning och debitering rättvist?

1.3.3 Fjärrvärme Direkt

När det gäller eventuell installation av lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler behöver följande punkter undersökas:

- Var finns det plats för fjärrvärmecentraler i trapphus/lägenheter?
- Vilken fjärrvärmecentral uppfyller kriterierna för installation på Koppargården 13?
- Hur kan inkoppling av fjärrvärmecentraler till fjärrvärmenätet ske?
- Vilka delar av det befintliga husinterna värmesystemet kan återanvändas och vilka delar behöver bytas ut?
- Hur kopplas vatten och värme till lägenheten från fjärrvärmecentralen?
- Hur stora blir kostnaderna för ett system med FVD?

1.3.4 Livscykelkostnadsanalys och känslighetsanalys

Med utgångspunkt från ovanstående frågeställningar ska livscykelkostnaden och nuvärdet för de olika möjliga tekniska alternativen beräknas för att visa om de är lönsamma eller inte. En känslighetsanalys skall utföras för att utreda särskilda faktorerens roll för lönsamheten i investeringarna.

1.4 Avgränsningar

För IMD gäller att analyserna endast kommer att göras på varmvatten och värme, inte på el eller kallvatten.

Studien avgränsas till att titta på ett typfall för de bostadshus som förekommer i det givna området. Ett typhus på Koppargården har valts ut och implementering av IMD eller FVD undersöks alltså inte för något av de andra husen. Typhuset har fjärrvärme från Landskrona Energi.

Elanvändningen för pumpar i det nuvarande systemet har inte undersökts i rapporten.

1.5 Disposition

Kommande kapitel i rapporten är upplagda så att läsaren först får en beskrivning av de metoder som använts för att ta fram material till rapporten (Kapitel 2). Efter det kommer en beskrivning av det nuvarande läget (Kapitel 3) vad gäller planlösningar, stammar, energitillförsel och energikostnader för Koppargården 13. Denna information används sedan som en grund för att bestämma installationsmöjligheterna i de kommande två kapitlen som handlar om individuell mätning och debitering (Kapitel 4) samt Fjärrvärme Direkt (Kapitel 5). Dessa båda kapitel kommer ge en bakgrund till vad begreppen IMD respektive FVD innebär och vad det finns för olika lösningar att välja mellan. Installationsmöjligheterna för respektive system kommer också att utvärderas.

I Kapitel 6 presenteras en investeringsanalys av dels installation av individuell mätning och debitering och dels installation av Fjärrvärme Direkt. Kapitlet börjar med en beskrivning av de beräkningsmetoder som använts och sedan presenteras de olika möjliga lösningarna tillsammans med tillhörande kostnader.

Kapitel 7 innefattar en känslighetsanalys som har genomförts för att undersöka hur en förändring av olika nyckelparametrar påverkar lönsamhetsberäkningarnas resultat. I kapitel 8 diskuteras rapporten och de slutsatser som kunnats göra redovisas i kapitel 9. Som avslutning presenteras förslag på framtida studier inom ämnet (Kapitel 10).

2 Metod

Studiens syfte har varit att ta fram och utvärdera förslag för IMD och FVD som är anpassade för flerbostadshus på Koppargården. I studien har ingått att undersöka möjligheterna till energibesparingar i värme- och tappvattensystemet, samt att jämföra kostnadseffektiviteten i investeringarna för olika lösningsförslag genom LCC-beräkningar.

För att ta fram och utvärdera effekterna av förslagen för IMD och FVD ingick följande delar i studien:

- Inventering av byggnader på Koppargården
- Inventering av fjärrvärmeanvändning och -kostnader på Koppargården
- Studie av tillgänglig teknik och användande av IMD samt val av lämplig teknik
- Litteraturstudie av tillgänglig teknik och tidigare projekt för FVD samt val av lämplig teknik
- Kostnadsberäkningar för LCC
- Känslighetsanalys

2.1 Inventering av byggnader

För att kunna göra en inventering av aktuella byggnader letades först ritningar fram i Landskronahems arkiv. Vissa ritningar fanns även i digitalt format som CAD-ritningar. De digitala ritningarna kunde undersökas med hjälp av programmet DWG-viewer. Efter att ha studerat ritningarna konstaterades att det skulle krävas mycket jobb att utvärdera alla fem husen på Koppargården och därför valdes ett typhus ut för vidare studier. Koppargården 13 (KG 13) användes som typhus i rapporten. Med typhus menas att huset anses vara typiskt i området. Koppargården 13 anses vara typiskt i området eftersom det där finns två olika typer av hus; låghus med tre våningar och höghus med sju våningar. Alla låghus har nästintill identiska planritningar och detsamma gäller höghusen.

2.2 Inventering av energianvändning och kostnader

2.2.1 Energianvändning

Uppgifter om energianvändningen för Koppargården erhöles av Landskrona Energi. Dock kunde endast den primära fjärrvärmeanvändningen för Koppargårdens samlade energianvändning från hus 11, 13, 15, 17 och 19 år 2014 erhållas därifrån på grund av att dessa hus i dagsläget försörjs genom en gemensam fjärrvärmecentral. Med den primära fjärrvärmeanvändningen menas den energi som levereras till den gemensamma fjärrvärmecentralen på Koppargården 11 av Landskrona Energi. Utöver den primära användningen behövdes också fördelningen av den sekundära användningen (alltså i Landskronahems eget lokala nät för husen) mellan varmvatten, värme och VVC tas fram för att senare kunna räkna ut möjlig energibesparing vid installation av IMD eller FVD. Genom uträknade timmedelvärden för fjärrvärmeanvändningen från Landskronahem kunde denna fördelning beräknas. Fjärrvärmeanvändningen för varmvatten, värme och VVC hade enligt Landskronahem beräknats genom att använda mätvärden på flöde och temperatur i ledningarna precis i anslutning med fjärrvärmecentralen på KG 11. I informationen från Landskronahem fanns dock inte alla värden för hela 2014 representerade och därför beräknades ett timmedelvärde som sedan multiplicerades med antal timmar på ett år för att på så sätt få ett årsmedelvärde för varmvatten, värme och VVC. Detta förfarande resulterade i en sekundär fjärrvärmeanvändning som endast var hälften så stor som den primära.

På grund av osäkerheter i mätvärden då fördelningen av fjärrvärmeanvändningen för varmvatten och värme skulle bestämmas har fördelningen mellan varmvatten och värme varierats i känslighetsanalysen. Detta för att undersöka hur fördelningen av fjärrvärmeanvändningen mellan varmvatten och värme påverkar besparingspotentialen i den ekonomiska kalkylen.

Förutom timmedelvärdena på fjärrvärmeanvändningen erhöles även månadsvisa värden på fjärrvärmeanvändningen för undercentralen på KG 11 från Landskronahem. De erhöles både som

faktisk användning och som normalårskorrigerad användning för 2014. Den normalårskorrigerade användningen antogs som den normala användningen för ett år på Koppargården.

För att ta reda på hur stor del av fjärrvärmecentralens energi som används av KG 13 användes den uppvärmda inomhusarean som fördelningsbas. Information om hur stor denna area var erhöles från Landskronahem och KG 13s uppvärmda inomhusarea delades helt enkelt med den totala arean för KG 11, 13, 15, 17 och 19 för att få fördelningen.

2.2.2 Kostnadsuppgifter

Kostnaderna för den faktiska fjärrvärmearvändningen erhöles från Landskronahem. För att beräkna den normalårskorrigerade kostnaden användes prisuppgifter från Landskrona Energi. Eftersom de just hade bytt prissättningssystem för 2015 användes den normalårskorrigerade fjärrvärmearvändningen från 2014 samt 2015 års priser för att beräkna den årliga energikostnaden. Eftersom priserna för fjärrvärmearntas stiga studerades de föregående 10 årens prisstegring för fjärrvärmearntas och därifrån beräknades en årlig prisökning som sedan kunde användas vid investeringsbedömningen i livscykelkostnadsanalysen. Den historiskt årliga prisökningen kan inte sägas vara ett säkert värde eftersom det är svårt att förutsäga framtidens priser. Variationer i den årliga prisutvecklingen undersöktes därför i känslighetsanalysen.

2.2.3 Besparing

Energi och kostnadsbesparingen beräknades genom att använda den normalårskorrigerade användningen för 2014 och prislistan för 2015 samt värden på besparingspotentialen för IMD som fått från litteraturstudier och intervjuer. Eftersom inga värden på besparingspotentialen för FVD hittades, användes samma besparingspotential för FVD som för IMD. Detta kan eventuellt ge en felvisande bild eftersom det inte är säkert att FVD ger en besparing i samma storlek som IMD.

Förutom besparingen av värme och varmvatten så togs också VVC-förlusterna bort och räknades då som en besparing för FVD. Den siffra som användes för andelen VVC kom från de osäkra timvärden som fått av Landskronahem. Eftersom detta gav en stor osäkerhet dubbelkollades det i litteraturen att detta värde låg inom rimliga gränser.

2.3 Information om Individuell mätning och debitering

Inledningsvis gjordes en litteraturstudie av individuell mätning och debitering där syftet var att undersöka vilken besparingspotential som tidigare försök med IMD har gett samt att undersöka fördelar och nackdelar med olika typer av system för IMD av värme. De prisbilder som angavs i litteraturen var svårtydda och därför gjordes även två intervjuer med aktörer på marknaden för IMD. Utifrån den ena intervjun gavs en bra prisbild av IMD som kontrollerades med resultat från en undersökning av Boverket.

Förutom litteraturstudie och intervjuer gjordes också ett besök i en lägenhet på Koppargården 13, där en av de intervjuade branschaktörerna följde med och gav sin bild av hur möjligheterna att införa IMD såg ut i den specifika lägenheten.

De system som till sist valdes ut att göra beräkningar på var enligt rekommendation från ovan nämnda branschaktör och stämde också överens med de förutsättningar som observerats och ansågs vara det mest korrekta mätsättet utifrån studien av fördelar och nackdelar. Eftersom det var svårt att på annat sätt få tag på fullständiga prisuppgifter användes också priser från denna branschaktör. Efter att ha tittat på Boverkets rapport kunde det konstateras att branschaktören ligger i det lägre intervallet för kostnader för IMD, vilket togs i beaktande när slutsatser dras från resultatet av livscykelkostnadsanalysen.

I beräkningen av årliga kostnader och besparing för IMD räknades inte pumpenergin för det nuvarande fjärrvärmesystemet med, eftersom det antagits att den kommer vara densamma som innan IMD

infördes. Detta kan eventuellt också ge en lite skev bild om pumpenergin minskar mycket när fjärrvärmeanvändningen minskar, eftersom den årliga energibesparingen då blir större.

2.4 Fjärrvärme Direkt

För att ta fram ett förslag för Fjärrvärme Direkt genomfördes en inledande litteraturstudie. I litteraturstudien studerades tidigare projekt för lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler i flerbostadshus för att skapa en uppfattning om vilka fördelar och nackdelar som tidigare projekt påvisat, samt undersöka hur lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler påverkar energianvändningen jämfört med en gemensam fjärrvärmecentral. Ett par rapporter kunde hittas varav endast en hade mer detaljerad information om genomförandet av projektet (Slutrapport - Lägenhetsvisa Fjärrvärmecentraler) och utöver det erhöles viss information om ytterligare ett projekt via en kontakt från handledare på Landskronahem. De projekt som studerades i litteraturstudien behandlade dock inte ombyggnad i befintliga byggnader utan installation i samband med nybyggnation.

Information om tillgänglig teknik för FVD hämtades främst från kända tillverkare av fjärrvärmecentraler som erbjuder färdiga system för lägenhetsbruk. De produkter som undersökts närmare är produkter från tillverkare som är väl etablerade på den svenska marknaden. Då tekniken med lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler är vanligare i andra europeiska länder som Tyskland och Danmark hade möjligen andra alternativ blivit aktuella om sökfältet för produkter vidgats till andra länder.

Planritningar från Landskronahem AB över de aktuella huskropparna studerades för att ta fram ett möjligt förslag till installation av fjärrvärmecentraler till Fjärrvärme Direkt. Vidare genomfördes undersökning av nödvändiga förändringar i rörstrukturen i byggnaden för att klargöra om delar av det nuvarande systemet kunde bibehållas i sin nuvarande form och vilka delar som behövdes förändras.

Kostnader för VVS-installationer som rördragning, dimensionering av rör och material i byggnaderna hämtades från Wikells sektionfakta för VVS-installationer [5]. Information om dimensionering av fjärrvärme och VVS-installation har även hämtats från District Heating and Cooling [6] och personal från Lunds Tekniska Högskola, Landskronahem och Landskrona Energi.

2.5 Livscykelkostnadsanalys

Livscykelkostnadsanalysen genomfördes med nuvärdesmetoden och annuitetsmetoden som investeringsbedömningsmetoder. Nuvärdesmetoden används främst då investeringar med samma livslängd ska jämföras. De investeringar som undersökts anpassades därför för en uppskattad livslängd på 20 år vid användningen av nuvärdesmetoden, baserat på att fjärrvärmecentralerna för Fjärrvärme Direkt har en livslängd på minst 20 år. För investeringen i konventionell IMD krävs dock en återinvestering efter 10 år för att systemets livslängd ska bli 20 år. För annuitetsmetoden har lönsamheten för en investering i IMD beräknats dels för en livslängd på 10 år och dels för 20 år, då livslängden utan återinvestering för IMD är 10 år. Kalkylräntan som används vid beräkning av LCC är satt till 8 %, vilket är den kalkylränta som vanligtvis används av Landskronahem vid investeringskalkylering.

2.6 Känslighetsanalys

En känslighetsanalys av LCC-beräkningarna för de olika investeringsalternativen genomfördes. Känslighetsanalysen utgick från det basscenario som beräknats för investeringarna varpå olika nyckelparametrar för investeringarnas lönsamhet varierades. De parametrar som varierades var fördelningen av fjärrvärmeanvändningen mellan varmvatten och värme, besparingspotentialen för fjärrvärmeanvändningen, investeringskostnad, underhållskostnad, fjärrvärmepris, kalkylränta samt investeringens livslängd.

3 Nulägesbeskrivning av Koppargården 13

De fem lägenhetshus på Koppargården som behandlas i rapporten förses med värme och varmvatten från en fjärrvärmecentral belägen i källaren på koppargården 11. Av de fem huskropparna är två höghus med sju våningar samt källare (Koppargården 11 och 15) och tre hus är låghus med tre våningar samt källare (Koppargården 13, 17 och 19). En satellitbild över bostadshusen kan ses i Figur 1.

För att underlätta undersökningen har ett av låghusen valts ut för studien eftersom låghusen har en enklare planritning då alla lägenheter har samma storlek och antal rum, och endast blir spegelvända då de ligger på de olika sidorna i trappuppgången. Det hus som har valts ut för studien är Koppargården 13 (KG 13).



Figur 1. Satellitbild på Koppargården [7].

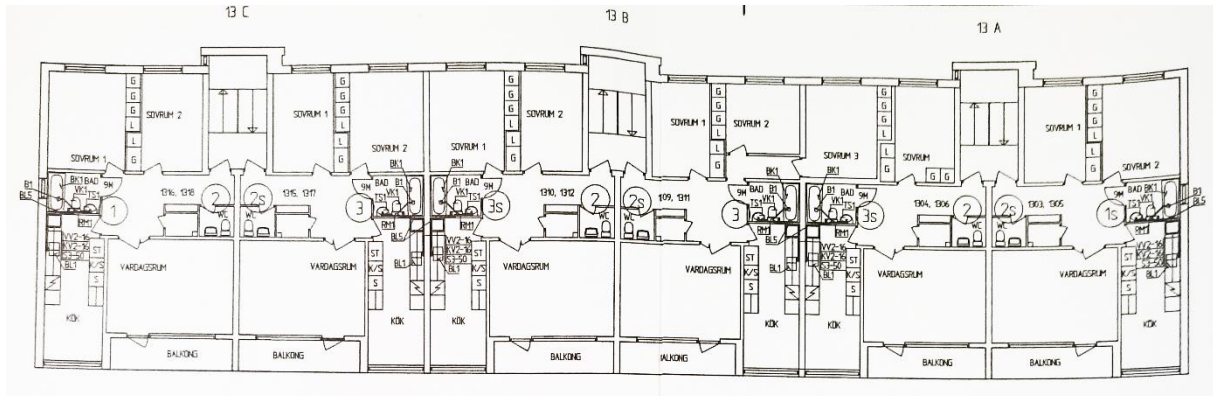
Fjärrvärmecentralen på KG 11 förser de fem husen KG 11, 13, 15, 17 och 19, med värme genom ett sekundärsystem uppdelat på två delar. En del förser hus 11 och 13 och den andra förser hus 15, 17 och 19. Även sekundärsidan för varmvattenförsörjningen är uppdelad i två liknande delar som utgår ifrån fjärrvärmecentralen. Att sekundärsidan är uppbyggd som två system beror på att byggnaderna tidigare hade två olika fjärrvärmecentraler, en för hus 11 och 13 och en annan för hus 15, 17 och 19. När fjärrvärmesystemet renoverades år 1998 byttes de båda fjärrvärmecentralerna ut mot en ny central, den befintliga fjärrvärmecentralen på KG 11. I samband med renoveringen byttes även stora delar av rörledningarna mellan husen ut. I varmvattensystemet finns även en VVC-slinga dragen till varmvattenledningen som cirkulerar tappvarmvattnet till värmeväxlarna för en bibehållen temperatur på ca 55°C.

3.1 Planritning och stammar

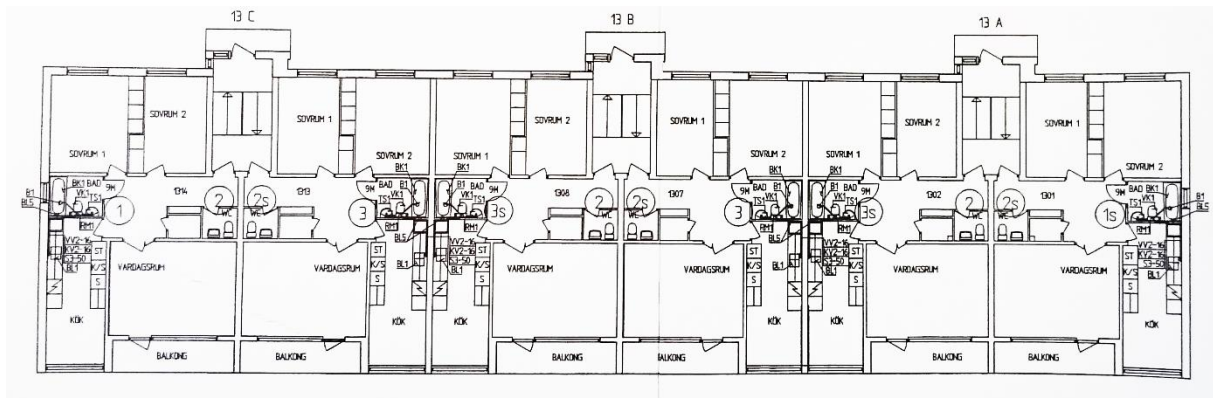
Byggnaderna, som stod färdiga under 1970-talet, är en del av miljonprogrammet vilket medför att byggnaderna är konstruerade väldigt tidstypiskt för 60- och 70-talet. På Koppargården 13 finns det 18 lägenheter och de har alla liknande planlösning på tre rum och kök med ett badrum och en gästtoalett. Planlösningar för byggnaden kan ses i Figur 2, Figur 3, Figur 4 och Figur 5. Huset är byggt så att det ligger två schakt för stamledningar i anslutning till varje lägenhet. Ett större schakt i nära anslutning till kök och badrum, och ett mindre schakt i anslutning till gästtoaletten. Byggnaden har stora och raka schakt för stamledningar som går från källarplan upp till vinden. I schakten går stammar för vattenledningar (VV, KV och VVC) samt avlopp som byttes ut år 2011. När det kommer till lägenheternas värmeförsörjning är det mer komplicerat. Då det saknas specifikationer för värmesystemet i stammar och inom lägenheterna antas det att systemet är konstruerat tidstypiskt för miljonprogramshus. Det innebär lodräta ledningar i väggarna upp från källarplan genom byggnaden till radiatorerna, vilket stämmer bra med de anslutningspunkter som går att finna i de CAD ritningar

för källarplanen som finns från bytet av fjärrvärmecentralen 1998. De lodräta värmeledningarna medför att det inte går att skilja på de olika lägenheternas uppvärmning i det nuvarande systemet.

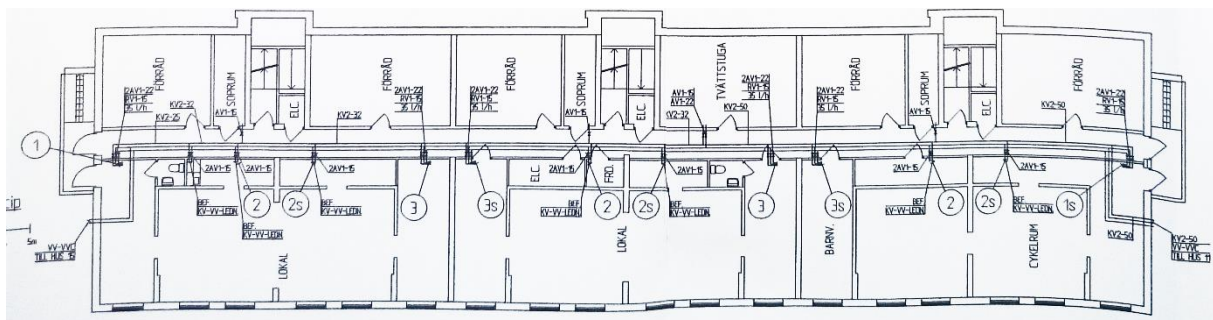
Koppargården 13 har tre trappuppgångar med tre bostadsvåningar samt en källare. I varje trappuppgång finns det två lägenheter per våning, alltså sex lägenheter totalt per trappuppgång eller 18 lägenheter totalt i hela huset. I varje lägenhet finns sex radiatorer.



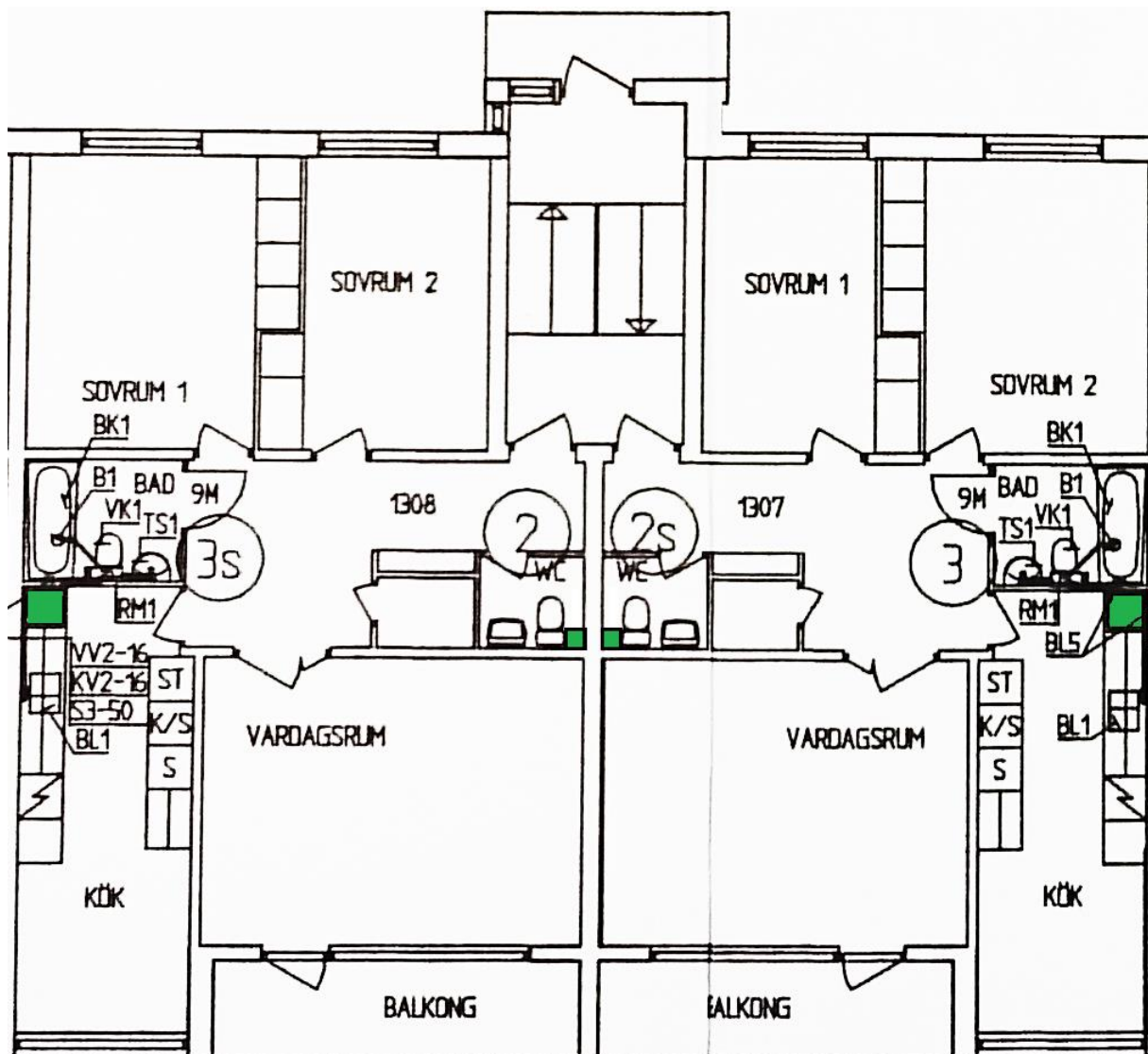
Figur 2. Ritning av våning 2-3 på Koppargården 13.



Figur 3 Ritning av bottenplan på Koppargården 13.



Figur 4. Ritning av källaren på Koppargården 13.



Figur 5. Ritning av två av 18 likadana lägenheter på Koppargården 13. Schakten i anslutning till lägenheterna är markerade med grönt.

3.2 Uppvärmad inomhusarea

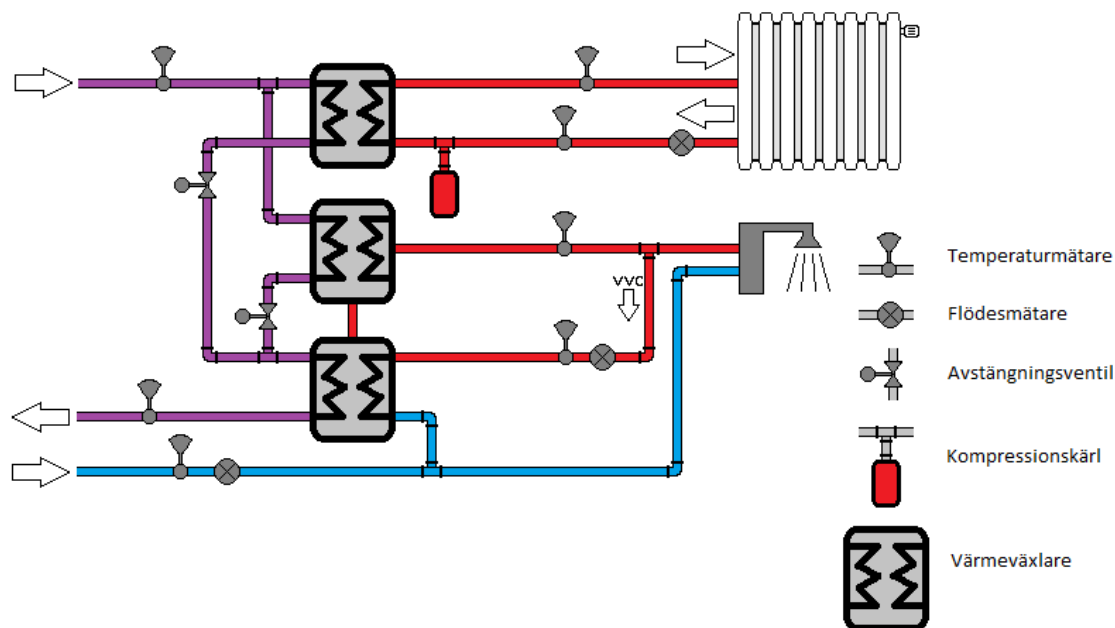
För att uppskatta hur stor andel av värmen och varmvattnet från den gemensamma fjärrvärmecentralen på KG 11 som används av KG 13 har andelen uppvärmd inomhusarea använts som fördelningsbas. I Tabell 1 visas den uppvärmda inomhusarean för de olika hustyperna. Den uppvärmda inomhusarean för ett låghus på Koppargården uppgår till ca 1 657 m². Den uppvärmda inomhusarean för ett höghus på Koppargården uppgår till ca 4 070 m². Av de tre låghus och två höghus som ingår i systemet utgör då KG 13 12,6 % av den totala uppvärmda inomhusarean. 12,6 % kommer därför att användas som fördelningsbas för fjärrvärmeanvändningen.

Tabell 1. Uppvärmad inomhusarea per hustyp.

	Antal hus	Uppvärmad inomhusarea (m²)	Summa uppvärmd inomhusarea (m²)
Låghus	3	1 657	4 971
Höghus	2	4 070	8 140
Summa			13 111

3.3 Fjärrvärmeanvändning

Fjärrvärmeanvändning och fjärrvärmekostnader för Koppargården 13 baseras på 2014 års användning. Av den fjärrvärme som Landskrona Energi levererade till fjärrvärmecentralen på Koppargården 11 år 2014 kan 189 MWh tilldelas Koppargården 13 då uppvärmd inomhusarea används som fördelningsbas. Landskronahem har mätare precis vid fjärrvärmecentralen som mäter temperatur och flöden i varmvattencirkulationen (VVC), varmvattenledningarna (VV) samt värmesystemet (VS). En systemritning kan ses i Figur 6.



Figur 6. Systemritning med mätare och ventiler för fjärrvärmecentralen på Koppargården 11. Lila ledningar är tillåp och retur på primärsidan i fjärrvärmenätet. Röda ledningar visar ledningar för uppvärmt vatten för värme- och tappvatten och blå ledningar är kallvattenledningar.

Med hjälp av mätningarna ska fjärrvärmeanvändningen i respektive del (VVC, VV och VS) av det sekundära fjärrvärmenätet kunna beräknas för att kunna se fördelningen. Utifrån de data som erhöles av Landskronahem för den faktiska fjärrvärmeanvändningen saknades en del värden, därför beräknades ett timmedelvärde fram och utifrån det uppskattades 2014 års fjärrvärmeanvändning. Fjärrvärmeanvändningen för 2014 uppgick då till 89 MWh med en fördelning på ca 25 % VVC, 25 % VV och 50 % VS. Då den uppmätta fjärrvärmeanvändningen enligt Landskronahems mätdata uppgår till knappt 50 % av den levererade fjärrvärmeenergin från Landskrona Energi skulle det innebära förluster på över 62,5 %. Det kan ifrågasättas om detta resultat är rimligt då det är mycket låga förluster i värmeväxlare och mätpunkterna ligger i nära anslutning till dessa. Eftersom beräkningarna är dubbelkollade många gånger tros felkällan ligga i mätningen eller beräkningen gjord av Landskronahem, och denna kan inte påverkas.

På grund av den stora osäkerheten i fördelningen av fjärrvärmeanvändningen så kommer varmvatten/värmefördelningen 50/50 som uppmäts av Landskronahem att användas i basscenariot för livscykelkostnadsanalysen och sedan varierar i känslighetsanalysen. Enligt Boverket ska fördelningen 25/75 användas vid energideklarationer [8], och därför kommer denna fördelning att undersökas i känslighetsanalysen.

Den faktiska fjärrvärmeanvändningen år 2014 var 189 MWh. Den normalårskorrigerade fjärrvärmeanvändningen var däremot 199 MWh, alltså lite högre än den faktiska användningen.

VVC-förlusterna beräknades till 25 % av fjärrvärmeanvändningen för Koppargården 13, eller 12,5 % av den primärt tillförda fjärrvärmem (om siffrorna antas vara korrekta). I basscenariot för livcykelkostnadsanalysen kommer 25 % VVC-förluster användas för att beräkna energibesparingen och energibesparingen vid 12,5 % VVC-förluster kommer undersökas i känslighetsanalysen.

3.4 Fjärrvärmekostnad

Fjärrvärmepriset för näringsverksamhet (som gäller för Landskronahem) består av två rörliga kostnader samt en fast kostnad. Från och med 2015 har Landskrona Energi en ny säsongsvärderad prismodell som innebär att det t ex är billigare med fjärrvärme på sommaren än på vintern. Tidigare var priset detsamma oavsett årstid. Förutom en årstidsbaserad rörlig kostnad finns det också en rörlig och en fast kostnad som beror på fjärrvärmecentralens dygnsmedeleffekt. Fjärrvärmecentralen på KG 11 har en beräknad dygnsmedeleffekt på 507 kW. I Tabell 2 visas Landskrona Energis prislista för 2015. Alla kostnader och priser i rapporten är exklusive moms.

Tabell 2. Fjärrvärmepriser från Landskrona Energi.

Kostnadsorsak	Pris
<i>Fast del – dygnsmedeleffekt 176-1400 kW</i>	25 546 kr
<i>Rörlig del – dygnsmedeleffekt 176-1400 kW</i>	493 kr/kW
<i>Rörlig del – fjärrvärmepris april-maj, september-oktober</i>	25,1 öre/kWh
<i>Rörlig del – fjärrvärmepris juni-augusti</i>	9,0 öre/kWh
<i>Rörlig del – fjärrvärmepris november-mars</i>	48,2 öre/kWh

Den normalårskorrigerade fjärrvärmeanvändningen, för KG 13 år 2014, som erhållits av Landskronahem, antogs som den årliga fjärrvärmeanvändningen. Utifrån fjärrvärmepriserna för 2015 beräknades sedan kostnaderna för användningen. I Tabell 3 visas fjärrvärmeanvändningen och de rörliga fjärrvärmekostnaderna för KG 13.

Tabell 3. Beräkning av 2015 års kostnader för fjärrvärmeanvändningen utifrån 2015 års rörliga fjärrvärmepriser och 2014 års normalårskorrigerade fjärrvärmeanvändning för KG 13.

Månad	Pris 2015 (kr/kWh)	Normalårskorrigerad användning 2014 (kWh)	Kostnad (kr)
<i>Jan</i>	0,482	33 880	16 330
<i>Feb</i>	0,482	28 750	13 860
<i>Mar</i>	0,482	25 790	12 430
<i>Apr</i>	0,251	17 330	4 350
<i>Maj</i>	0,251	8 840	2 220
<i>Jun</i>	0,09	2 720	250
<i>Jul</i>	0,09	2 810	250
<i>Aug</i>	0,09	2 420	220
<i>Sep</i>	0,251	5 500	1 380
<i>Okt</i>	0,251	21 490	5 390
<i>Nov</i>	0,482	18 640	8 980
<i>Dec</i>	0,482	30 710	14 800
<i>Summa:</i>		198 880	80 460

Förutom det rörliga fjärrvärmepriset erhöles även från Landskrona Energi det rörliga effektpriset som beror på fjärrvärmecentralens dygnsmedeleffekt (från Tabell 2). Landskrona Energi beräknade dygnsmedeleffekten till 507 kW. Med en rörlig effektkostnad på 493 kr/kW innebär det en total rörlig effektkostnad på $507 \cdot 493 \cdot 0,126 = 31\,590$ kr för KG 13, då 12,6 % av den totala kostnaden tilldelas KG 13. Det antas att dygnsmedeleffekten inte ändras då energianvändningen förändras.

Eftersom den fasta effektkostnaden är den samma i intervallet 176-1400 kW och fjärrvärmecentralen på KG 11 har en dygnsmedeleffekt på 507 kW bedöms det inte möjligt att ändra fjärrvärmeanvändningen och därmed effekten så mycket att den fasta effektkostnaden ändras (den fasta effektkostnaden kommer inte gå utanför intervallet). Den fasta effektkostnaden är 25 546 kr/år för fjärrvärmecentralen på KG 11. Med fördelning efter uppvärmd inomhusarea ger det en kostnad på $25\,546 \cdot 0,126 = 3\,230$ kr/år för KG 13. Detta innebär en total kostnad på 115 290 kr för KG 13 år 2015, vilket är ungefär lika med den faktiska kostnaden för 2014 som låg på 114 340 kr.

4 Individuell mätning och debitering

Individuell mätning och debitering innebär att varje bostadsinnehavares energianvändning mäts individuellt och att bostadsinnehavaren sedan betalar för sin faktiska användning. I villor är detta en självklar sak, men i flerbostadshus i Sverige är det mycket vanligt att man istället betalar för sin energianvändning utifrån bostadens yta när det gäller värme och varmvatten och ibland även el [9].

År 2012 slog EU fast i energieffektiviseringsdirektivet att medlemsstaterna ska ställa krav på individuell mätning och debitering av uppvärmning och tappvarmvatten. År 2013 lades i Sverige därför ett lagförslag fram om krav på IMD vid nybyggnation och större ombyggnader av bostäder i de fall det kan anses kostnadseffektivt. Enligt lagförslaget är det inte byggherren själv som bestämmer om en åtgärd är kostnadseffektiv, utan detta gör Boverket. Boverket fick därför i uppdrag av regeringen att utreda i vilka fall av nybyggnation samt ombyggnation det är tekniskt genomförbart och kostnadseffektivt att införa IMD. I sin rapport kom de fram till att de inte tycker att det i något fall ska finnas ett krav på att införa IMD vid ny- och ombyggnation [10].

Lagen om energimätning i byggnader (2014:267) trädde i kraft 1 juni 2014, med undantag av paragraf 7 och 8 som träder i kraft 1 juni 2016, samt paragraf 5 och 6 som träder i kraft den dag regeringen bestämmer [11].

”I artikel 9 i energieffektiviseringsdirektivet 2012/27/EU ställs krav på medlemsstaterna att se till att byggherrar och fastighetsägare installerar individuell mätare så att varje lägenhets energianvändning för uppvärmning, kyla och tappvarmvatten kan mätas. Syftet med att mäta varje lägenhets förbrukning är att öka medvetenheten hos de boende om sin energianvändning och ge dem möjligheten att minska sina utgifter genom att spara energi. Sverige har implementerat direktivets artikel 9 genom lagen om energimätning i byggnader (2014:267). Lagen ställer bl.a. krav på byggherrar och byggnadsägare att det ska gå att mäta värme, kyla och tappvarmvatten individuellt i varje lägenhet vid uppförande och ombyggnad. Kravet gäller dock bara om åtgärden är kostnadseffektiv och, vid ombyggnad, tekniskt genomförbar.” [10]

Ett exempel som ger IMD som inte är så vanligt i Sverige idag är Fjärrvärme Direkt, också kallat lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler. Eftersom det i projektet valts att titta närmare på denna metod och den även har andra fördelar jämfört med den IMD som är vanlig idag kommer metoden att få ett eget kapitel. Fjärrvärme Direkt redovisas alltså i kapitel 6.

I denna rapport kommer de vanligaste metoderna för IMD av värme och varmvatten att diskuteras, och i detta avsnitt kommer besparingspotential, olika tekniker samt fördelar och nackdelar med dessa att gås igenom.

4.1 Besparingspotential

Vid individuell mätning och debitering får de boende en bättre överblick över hur mycket energi de faktiskt använder. De får också betala för det de faktiskt använder, vilket gör att det finns en möjlighet att spara pengar då användningen sänks. I tidigare projekt har besparingen visat sig vara större för varmvatten än för värme. Enligt Svensk Förening för Förbrukningsmätning av Energi (SFFE) är besparingen mellan 15 och 30 % för varmvatten och 10-20 % för värme [12].

Den faktiska besparingen beror delvis på de boendes vilja att spara, delvis på hur energieffektivt huset är sedan innan. Ett hus med hög energianvändning har såklart större besparingspotential än ett hus med låg energianvändning.

4.2 Individuell mätning och debitering av tappvarmvatten

4.2.1 Mätutrustning

För individuell mätning av tappvarmvatten använder man sig av vinghjulsmätare vars funktion är att de snurrar när vatten släpps på genom kranen och därmed mäter användningen. För att kunna debitera bostadsinnehavaren behöver man också läsa av mätarställningen och det kan göras på flera olika sätt.

Det första sättet, som idag inte längre används, är att läsa av mätarställningen manuellt. Det andra sättet är med hjälp av en pulsräknare. Det innebär att mätaren kopplas via en kabel till en räknare. Sedan kommer kopplingen att kortslutas typiskt var 10e eller 100e liter. Genom kortslutningen skickas då en puls till räknaren som på så sätt håller koll på hur mycket vatten som används. Alternativ tre är en avläsare som är inbyggd i mätaren och som då läser av mätarställningen direkt [13].

För att kunna installera en vattenmätare krävs en rak bit ledning som är minst 130 mm lång. Det krävs också plats för mätarhuset. Mätaren kan med fördel installeras i det utrymme där stamledning förläggs, men det går också att installera den synligt. De två vanligaste typerna av mätare att installera är en där alla delar är hopmonterade som en del och inte går att separera, och en tvådelad modul där mätarhuset kan kopplas i efter resten av installationen. Fördelen med den andra typen av mätare är att det är lättare att byta ut mätarhuset efter utgången livstid på ca 10 år och alla utbyten av moduler blir då billigare. Dock så tar den lite mer plats (10 mm större radie) samt är lite dyrare [13].

Efter att användningen av vatten är avläst måste informationen på något sätt skickas vidare så att den kan användas och bearbetas innan debitering. Detta kan göras antingen genom ett trådat system eller genom ett radiosystem [13]. Tillverkaren KTC har exempel på trådade system i t ex Göteborg. Där är systemet eldrivet via vanliga väggkontakter, och de har gjort ett avtal med det lokala nätbolaget så att de har en egen kanal i bredbandet där information kan skickas till dem som debiterar hyresgästen. Det går också att sätta in ett lokalt nät i huset där mätningen ska ske. Om ett radiosystem används krävs inget lokalt nät utan kommunikationen sker via radiovågor. Avläsningssystemet kan antingen drivas med el från vägguttag eller med batterier, vilket är det vanligaste sättet. KTC använder bara trådade system [14] medan Techem bara använder radiosystem med batteridrivna enheter [13]. Enligt KTC är anledningen till att de endast använder trådade system att de är mer pålitliga i kommunikationen än trådlösa system [14]. Techem använder endast trådlösa radiosystem eftersom de anser att dessa system är mer pålitliga, då de inte är lika lätta att manipulera. Med det menar de att de slipper sladdar till enheterna som kan dras ur, antingen av misstag eller avsiktligt [13].

Ett trådat system som kommunicerar via bredbandet behöver ingen fjärravläsare, medan ett lokalt installerat nät i huset behöver en fjärravläsare som sedan kan kommunicera mätvärdena vidare till hyres- eller bostadsrättsföreningen så att debitering kan ske. En sådan fjärravläsningsmodul sitter oftast i källaren [14].

Ett trådlöst system kan antingen ha mobil avläsning eller avläsning via fjärravläsningsmoduler som sitter i trapphuset. För mobil avläsning krävs det att man har avläsningsmoduler integrerade i mätarna som sparar mätvärdena för att avläsning inte ska behöva ske så ofta. KTC:s vattenmätare är sådana och sparar mätvärden i mitten och slutet av månaden. Mätvärdena sparas i 18 månader. Avläsningen sker sedan genom att en tekniker kommer med en mobil avläsare och ställer sig utanför byggnaden tills alla mätvärden lästs av. Detta är det absolut enklaste sättet för avläsning, och man får endast halvmånadsvärden. Om man vill kunna visa t ex dygnsvärden för hyresgästen och debitera varmvattenanvändningen månadsvis behöver avläsning ske oftare och det är då bättre att ha fjärravläsningsmoduler uppsatta i trapphusen. Olika antal fjärravläsningsmoduler krävs för olika hus, och beror på husens storlek. Detta eftersom fjärravläsningsmodulerna har en viss räckvidd som beror på materialegenskaper i väggar och tak i bostadshuset. Vid installation kommer en tekniker till huset och sätter upp mätare så att signal fås från alla installerade mätare. En av mätarna kommer ha ett modem där informationen samlas och sedan skickas vidare till hyres- eller bostadsrättsföreningen [13].

4.2.2 Installationsmöjligheter

Som tidigare beskrivs i kapitel 4 finns det två separata rörledningar för varmvatten som går ut från stammen till köket och badrummet i en lägenhet samt en ledning till gästtoaletten. Det behövs alltså tre varmvattenmätare per lägenhet. Alla krav för installation som redovisas i föregående avsnitt är uppfyllda, och det finns alltså inga hinder för installation av individuell mätning av varmvatten på KG 13.

4.3 Individuell mätning och debitering av värme

Det finns flera olika sätt att mäta värme individuellt. Dock diskuteras det mycket vilket sätt som är bäst ur rättviseaspekter. Nedan kommer en beskrivning av de tre vanligaste sätten att individuellt mäta värme, samt deras fördelar och nackdelar.

4.3.1 Flödesmätning

Flödesmätning innebär att man mäter flöde samt in- och utgående temperatur för radiatorsystemet. Normalt installerar man endast flödesmätning i hus som endast har en stam per lägenhet. Detta eftersom det minimerar antalet mätare som behöver installeras. Om det finns flera stammar per lägenhet kan det hända att två lägenheter delar radiatorsystem men problemet är främst att det är många mätare som måste installeras. Förutom att det endast bör finnas en stam per lägenhet behövs också en rak rörbit på 150 mm för installationen. Retur- och tilloppsledningar bör också ligga intill varandra [13].

Det finns olika typer av mätare. Precis som vid varmvattenmätning kan man installera en vinghjulsmätare, men det kräver då ett ingrepp i ledningen samt separata temperaturmätare för att kunna räkna ut energin i radiatorsystemet. Istället kan man använda sig av en ultraljudsmätare som monteras utanpå ledningen. Själva mätanordningen består av en mätare som via ultraljud mäter flödet i ledningen. För att spara på mätaren sätts den oftast på returledningen där vattnet är lite kallare och därmed skonsammare. Förutom själva mätaren finns också två stycken temperaturmätare som monteras på retur och tillopp. I denna typ av mätare finns ett inbyggt kommunikationssystem (radiosändare med minne) som antingen kan vara batteridrivet eller drivas av el från vägguttag [13].

Fördelar med mätmetoden är följande:

- Det är den faktiska värmeanvändningen som mäts och debiteras.
- Externa värmekällor som sol och el sänker värmekostnaden.
- Vädring ger bara kostnader åt dem som vädrar.

Några nackdelar är:

- Det krävs en viss uppbyggnad av radiatorsystemet och är därför inte möjligt i alla fall.
- Värme som tillförs lägenheten kan vandra mellan lägenheter så att den boende betalar för värme någon annan använder [15].

4.3.2 Radiatormätning

Radiatormätning innebär att man sätter en liten mätare på varje radiator som mäter värmeavgivningen. Historiskt sett i Europa har radiatormätning använts länge. Tidigare lästes de dock av manuellt och själva mätaren var en vätskeampull som avdunstade mer vätska ju varmare det var. Vätskeampullen avdunstade dock också vätska då temperaturen blev hög på grund av andra orsaker än energianvändningen i radiatorerna. Denna typ av mätare kunde t ex läsas av en gång per år och därefter räknades den boendes kostnad ut genom att dividera antalet avdunstade enheter med totalt antal enheter för alla boende och därefter multiplicera med den totala kostnaden. Andelen avdunstade enheter användes alltså som bas för kostnadsfördelningen [13].

Dagens radiatormätare mäter både temperaturen som avges från radiatorn och den omgivande temperaturen mäts för att kunna räkna bort den energi som kommer från omgivningen. Dessutom

programmeras varje mätare utifrån vilken sorts radiator det är så att rätt värmeavgivning räknas ut. Eftersom det finns så många olika typer av radiatorer har teknikern en lista på alla olika radiator typer med sig när radiatormätarna ska installeras. I listan är tillverkare, typ och dimensioner specificerade och radiatormätaren programmeras alltså utefter radiatorns specifika egenskaper. Ofta är typen av radiatorer samma eller liknande i ett flerbostadshus och efter de första installationerna går det ofta lätt att hitta rätt radiatortyp i listan så att installationen går snabbare. Själva installationen är enkel: färgen på en fläck på elementet slipas av, sedan monteras ett värmeelement med mätare med hjälp av en elsvets. Detta tar ca 5 minuter per mätare [13].

Vid radiatormätning används ofta lägeskompensering vid debiteringen. Det innebär att lägenheternas planritning studeras och sedan får varje radiator en kompensationsfaktor utifrån läge i huset samt geografisk riktning. Reduktionen görs för att alla lägenheter ska ha ungefär samma energiprestanda [13].

Fördelar med radiatormätning är till exempel:

- Det är den faktiska värmeanvändningen som mäts.
- Lägeskompenseringen gör att hänsyn tas till energiprestandan, och uppvärmningskostnaden ska alltså vara densamma per kvadratmeter oavsett vart i huset lägenheten befinner sig.
- Radiatormätningen tar hänsyn till andra faktorer som ger värme men som inte ska betalas för genom att det finns två temperaturmätningpunkter och där värmeavgivningen räknas ut utifrån detta.
- Det är lätt att installera och fungerar i alla hus med radiatorer.
- Externa värmekällor som el och sol sänker värmekostnaderna.
- Det är en beprövad metod i Europa.
- Vädring ger bara kostnader åt dem som vädrar.

Några nackdelar är:

- Värme som tillförs lägenheten kan vandra mellan lägenheter så att den boende betalar för värme någon annan använder.
- Det kan vara svårt att förstå lägeskompenseringen [15].

4.3.3 Komfortmätning

Komfortmätning innebär att lägenhetens temperatur mäts. Antalet mätare bestäms av lägenhetens storlek samt hur noggrant man vill mäta. Installationen är enkel eftersom det bara är att sätta upp mätarna på lämpligt ställe så att den inte blir direkt påverkad av faktorer som t ex solljus eller öppna ugnsluckor mm. I övrigt fungerar kommunikationen för mätarna på samma sätt som vid övriga tekniska val för mätning av värme. Detta är den vanligaste mätmetoden för värmemätning i Sverige [8].

Komfortmätning är en mätmetod som inte används i övriga Europa, därför har vissa företag (t ex Techem) valt att inte använda denna metod. En annan anledning till att välja bort denna mätmetod är att det inte är den faktiska energianvändningen som mäts [13].

Några fördelar med komfortmätning är följande:

- Metoden kan anses rättvis när det gäller värmevandringen mellan väggarna. De boende betalar bara för den temperatur de faktiskt har.
- Energiprestandan kan vara olika i olika lägenheter vilket gör att vissa lägenheter är dyrare att värma än andra. Med komfortmätning försvinner detta problem [16].

Nackdelar kan vara:

- Om dina grannar har en högre temperatur än du önskar kan värmevandringen göra att du får varmare än vad du faktiskt vill ha, vilket gör att du inte kan påverka din kostnad. Dock får du inte betala för mer än vad du faktiskt har.
- Vädring. Om någon har sina radiatorer på samtidigt som de vädrar blir det stora energiförluster som inte tas hänsyn till vid debiteringen eftersom termometermätaren registrerar en kallare temperatur än om fönstret varit stängt. Kostnaden för energislöseriet delas på alla grannar [8].
- Värme som kommer från sol, spis, ugn och andra elektriska apparater registreras också av termometermätarna. Därför kan värmekostnaden bli onödigt hög och de boende får faktiskt betala dubbelt för viss energi [16].

4.3.4 Installationsmöjligheter

Koppargården 13 har flera stammar per lägenhet, det bedöms därför inte lämpligt att installera individuell flödesmätning för debitering. Dock fungerar det att både installera komfortmätning och radiatormätning. På grund av osäkerheterna med komfortmätning (som beskrevs i kapitel 5.3.3 ovan) utesluts även detta sätt att mäta värmeanvändning och i kostnadsberäkningarna i kapitel 6 kommer förslaget för KG 13 endast att titta på mätning av värme via radiatormätning.

4.4 Debiteringsmetoder

Det finns två sätt att debitera vid individuell mätning. Det ena sättet är att en viss mängd energi, t ex värme i form av temperatur (vanligt med 21°C) vid komfortmätning, eller en viss mängd varmvatten ingår i hyran. Om hyresgästen använder mer än det som ingår får denne betala mer i slutet av debiteringsperioden och om hyresgästen använder mindre får hen betala mindre.

Det andra sättet att debitera, som är mer vanligt i Europa, innebär att man har en fast hyra där varken värme eller varmvatten ingår, och i slutet av debiteringsperioden debiteras istället de boende för hela sin energianvändning [16].

Det finns förutom de olika sätten att debitera också möjlighet att ha olika långa debiteringsperioder. Historiskt sett har man t ex haft avläsning av radiatorvärme en gång per år, men idag har erfarenhet sett att det är bäst att debitera månadsvis med hyran. Anledningen till detta är att det är viktigt att hyresgästen får se sin användning tillräckligt ofta för att kunna göra något åt den. Det är lättare att identifiera ett slösaktigt beteende ju kortare tid det går innan återkoppling. Det kan dock bli dyrare att avläsa mätvärden oftare [13].

5 Fjärrvärme Direkt

Med Fjärrvärme Direkt avses i rapporten att varje lägenhet i flerbostadshuset har en egen mindre fjärrvärmecentral kopplad direkt till primärledningen från fjärrvärmebolaget (LEAB). Fjärrvärmecentralen som installeras till varje lägenhet får tillförd värme direkt från fjärrvärmenätet och växlar värme till dels en sluten radiatorkrets för uppvärmning av lägenheten och dels till varmvattenberedning. En fördel med Fjärrvärme Direkt är att individuell mätning och debitering blir en automatisk följd av installationen då hela fjärrvärmeanvändningen kommer direkt från den egna fjärrvärmecentralen. En annan fördel (för de boende och hyresvärden) är att det inte behövs några VVC-slingor eller större distributionsnät på sekundärsidan i systemet, vilket betyder att värmeförlusterna istället hamnar på primärsidan i distributionsnätet för fjärrvärme. Det blir då fjärrvärmeleverantören som får ta dessa energiförluster.

5.1 Tidigare projekt för lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler

Försök att utvärdera tekniken med lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler har genomförts vid ett par tidigare byggnadsprojekt i Sverige under de senaste åren. De projekt som genomförts har dock främst riktat sig mot användande av tekniken i samband med nybyggnation av passivhus. De tidigare projekt som genomförts har haft blandad framgång.

I projektet Lägenhetsvisa Fjärrvärmecentraler [17] som genomfördes på Fruängsgården av Familjebostäder i Stockholm AB har man dock kunnat påvisa minskad fjärrvärmeanvändning vid installation av lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler. I projektet installerades två olika system i för övrigt identiska byggnader, ett med lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler och det andra med konventionell fjärrvärmecentral. Projektet genomfördes i samarbete med Energimyndigheten, tidigare LIP-kansliet samt KTH och man kunde påvisa en minskad energianvändning för värme och varmvatten med 14 respektive 22 % efter ett års drift. Resultatet från rapporten Lägenhetsvisa Fjärrvärmecentraler visar på att vid nybyggnation behöver installation av lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler inte vara dyrare än fjärrvärmelösningar med individuell mätning och debitering. Från resultatet i Lägenhetsvisa Fjärrvärmecentraler drogs slutsatserna att lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler innebär en del fördelar, men även ett par nackdelar. De främsta fördelar som påvisades var:

- Lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler möjliggör IMD
- De innebär ökad möjlighet till reglering av lägenhetens inomhustemperatur
- Minskad risk för legionella då den mängd varmvatten som står i ledningarna minskar

De mest betydande nackdelarna med installation av lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler var följande:

- Risk för ökat servicebehov då fler installationsdelar används än vid konventionell fjärrvärme
- Ökad mängd rörledningar för fjärrvärme behövs för installation

Även om endast installation i samband med nybyggnation jämfördes i projektet Lägenhetsvisa Fjärrvärmecentraler, kan för- och nackdelar appliceras även vid installation i samband med renovering, medan slutsatser om kostnadseffektivitet inte kan antas vara de samma.

5.2 Förutsättningar för Fjärrvärme Direkt

Möjligheten att koppla in Fjärrvärme Direkt ställer en del krav på byggnaden i fråga. Det måste vara möjligt att förse de individuella lägenheternas värme- och vattenbehov via en enda anslutningspunkt i lägenheten. För att systemet ska bli fördelaktigt för både de boende och fastighetsbolaget (Landskronahem i detta fall), bör fjärrvärmecentralerna placeras på ett sätt så att de är lättåtkomliga för service samtidigt som de inte förstör intrycket av bostaden eller begränsar åtkomligheten och utrymningsvägar. Utöver en fjärrvärmecentral till varje lägenhet behövs fjärrvärme för uppvärmning av källarplanen, de olika trapphusen och tvättstugor samt varmvatten till de tappvarmvattenkranar som finns i källaren.

För en beskrivning av placering för den befintliga fjärrvärmecentralen, schakt, stammar och det sekundärsystem för värme- och tappvatten som finns i byggnaden hänvisas läsaren till beskrivning i kapitel 3. Den nuvarande fjärrvärmecentralen belägen på Koppargården 11 installerades år 1998 vilket innebär att den har ca 10 år kvar på sin livslängd (med en beräknad livslängd på 25-30 år).

Att alla fem huskropparna ingår i ett och samma uppvärmningssystem innebär att distributionsnätet på sekundärsidan blir relativt stort vilket medför signifikanta värmeförluster på användarsidan i fjärrvärmesystemet. VVC-slingan i systemet beräknas ha energiförluster på 25 % av systemets totala energianvändning.

I stammarna i KG 13 finns ledningar för kallvatten, varmvatten VVC och avlopp. Specifikation för stamledningar med dimensioner finns i bilaga A. På sekundärsidan går huvudledningarna för värme- och varmvattenförsörjningen i källarplan och mellan huskropparna. Stammarna går sedan rakt upp i husen från huvudledningen i källaren. Dimensionerna på rörledningarna i källarplan återges i bilaga A. Anslutningen till nuvarande fjärrvärmecentral på primärsidan från fjärrvärmebolaget (LEAB) sker via tilllopps- och returledningar med rördiameter på 100 mm.

Tappvattnet kommer i det nuvarande systemet till lägenheterna via två olika stammar där den ena förser kök och badrum med varm- och kallvatten och den andra endast gästtoaletten. De två delarna har därmed ingen gemensam koppling i våningsplanet, vilket medför att arbete för att binda samman tappvattensystemet inom lägenheten skulle behöva genomföras inför en omläggning till FVD.

Värmesystemet som består av sex radiatorer i varje lägenhet, är som beskrivs i kapitel 3, kopplat mellan de olika lägenheterna. Att radiatorsystemet är kopplat mellan de olika lägenheterna medför att en större omläggning blir nödvändig för att möjliggöra för Fjärrvärme Direkt.

5.3 Val av fjärrvärmecentral för fjärrvärme

Då målet är att fjärrvärmecentralerna ska placeras i schakten för stamledningarna i byggnaden innebär det att fjärrvärmecentralernas storlek måste begränsas. De modeller som passar bäst in på kraven för storlek och kapacitet kommer från tillverkaren Alfa Laval och är av modellen Micro RTC som är anpassad för lägenheter och mindre enfamiljshus. Fjärrvärmecentraler för fjärrvärme från andra tillverkare har valts bort då de inte fullt uppfyllt de egenskaper som eftersträvats.

Utöver de lägenhetsvisa fjärrvärmecentralerna behövs även en fjärrvärmecentral för uppvärmning av radiatorkretsen i källarplan och trapphusen. Till detta system har en något större modell valts ut, Alfa Laval Mini ECO.

Fjärrvärmecentralen Alfa Laval Micro RTC har en uppskattad elanvändning på 219 kWh/år baserat på att den går på i genomsnitt halv kapacitet över året. Denna uppskattning har gjorts med tanke på att radiatorsystemet med största sannolikhet stängs av över sommaren. Samma antagande har gjorts för den större fjärrvärmecentralen som har en beräknad elanvändning på 438 kWh/år [18]. Elanvändningen i fjärrvärmecentralerna går främst till att driva pumpar i anläggningen.

5.4 System för Fjärrvärme Direkt på Koppargården

Följande åtgärder behöver genomföras för att Fjärrvärme Direkt ska bli möjligt på Koppargården 13:

- Primärledningen från fjärrvärmebolaget (LEAB) behöver ledas upp i stammarna
- Fjärrvärmecentraler behöver installeras i varje lägenhet
- Fjärrvärmecentralerna skall anslutas till kallvattnet
- Omkoppling av radiatorsystemet till fjärrvärmecentralen måste göras
- Sammankoppling av tappvatten till fjärrvärmecentralen måste genomföras

5.4.1 Primärledning för Fjärrvärme och tillopp för Tappvatten

Då Fjärrvärme Direkt ska installeras krävs en omdragning av primärledningarna för fjärrvärme till byggnaden. Primärledningen som i nuläget är inkopplad till fjärrvärmecentralen på KG 11 behöver läggas om så det istället blir en anslutning in genom källarplan till KG 11, genom huskropparna och vidare till KG 19. Från huvudledningen i källarplan behövs förgreningar upp till stammarna i byggnaderna för tillopp och retur från fjärrvärmecentralerna. För KG 13 innebär det att sex stycken förgreningar från huvudledningen behövs för försörjning till lägenheterna i huset. Varje förgrening behöver kapacitet att förse tre fjärrvärmecentraler, en på varje våningsplan. Utöver anslutning till de lägenhetsvisa fjärrvärmecentralerna kommer anslutning till en fjärrvärmecentral för försörjning av värme och vatten behövas till tvättstugor, trapphus och lokaler i källarplan. På samma sätt som för primärledningar för fjärrvärme behövs till lägenheterna är även tillopp av tappvatten nödvändigt.

5.4.2 Installation av Fjärrvärmecentraler

Placering av fjärrvärmecentralerna i trapphusen är svårt med den nuvarande planlösningen eftersom inget extra utrymme finns. Placering i trapphusen innebär även att fjärrvärmecentralernas placering inte ligger i anslutning till något av de befintliga schakt för stamledningar som finns i husen. För att möjliggöra installationen behövs i så fall en omfattande ombyggnation göras i trapphusen. För installation med åtkomst via trapphusen skulle eventuellt nya stammar kunna byggas på utsidan av fasaden till byggnaden för ledningarna, som man sedan drar in genom fasaden till trapphusen på de olika våningsplanen. Denna lösning är inte något som undersökts vidare som ett förslag då trapphusen i byggnaden har väldigt ont om utrymme till att börja med och inget utrymme till övers för installation av fjärrvärmecentraler.

En placering som inte innebär lika stora krav på ombyggnad är om fjärrvärmecentralerna istället placeras direkt i schakten för stamledningarna, vilket är möjligt då de större schakten i byggnaden har dimensioner på 60 · 60 cm. Placeringen i schakt skulle även medföra minskad horisontell rördragning i våningsplanen, då stammarna är placerade i direkt anslutning till lägenheterna. De stammar som är tänkta för montering av fjärrvärmecentraler på KG 13 är benämnda ”3” och ”3s”, se planlösning i Figur 5 på sidan 11. En nackdel med installation direkt i schakten för stamledningar är att det kan innebära en risk för ljudläckage till bostadsytan från pumpar i fjärrvärmecentralen om inte isoleringen är tillräcklig. En annan nackdel är att installation i schakt skulle innebära att åtkomst till fjärrvärmecentralerna endast kan ske inifrån lägenheterna, vilket kan påverka tillgängligheten för service av fjärrvärmecentralerna då lägenhetsinnehavarna måste bli involverade.

5.4.3 Tappvatten

För att tappvattenförsörjningen till lägenheternas olika kranar ska fungera med Fjärrvärme Direkt krävs det att vissa vattenledningar inom lägenheten läggs om. Hela varmvattenförsörjningen till lägenheten måste gå genom den nya fjärrvärmecentralen för fjärrvärme. Då fjärrvärmecentralen placeras i det schakt som ligger i anslutning till kök och badrum innebär detta dock att endast nya vattenledningar till gästtoaletten kommer behöva dras inom lägenheten. Från gästtoaletten kan befintlig avloppsledning i det angränsande schaktet användas medan tilloppsvatten och kranvatten får dras om från fjärrvärmecentralen.

5.4.4 Radiatorsystem

För att fjärrvärmecentralen för FVD ska kunna uppfylla lägenhetens värmebehov behöver de sex radiatorer som finns i varje lägenhet kopplas samman till ett slutet radiatorsystem kopplat till lägenhetens fjärrvärmecentral. Det innebär en omfattande förändring av radiatorsystemet i byggnaden då radiatorerna i det nuvarande systemet är kopplade lodrätt i schakt i väggarna mellan våningsplanen. I fallet för FVD får istället horisontella rördragningar göras inom lägenheterna för att länka samman radiatorsystemet, vilket innebär att ett helt nytt radiatorsystem för byggnaden måste göras.

6 Investeringsanalys

För att utvärdera nyttan i de olika investeringarna genomförs livcykelskostnadsanalys (LCC) av de olika systemens kostnader och intäkter under deras respektive beräknade livstid. De investeringar som undersöks genererar inga intäkter utan det är den uppskattade energibesparingen (minskade kostnaden för energi) som kan ses som en intäkt. För att bedöma de olika investeringsalternativen har nuvärdesmetoden och annuitetsmetoden valts som bedömningsmetoder.

I nuvärdesmetoden (även kallad diskonteringsmetoden) räknas nuvärdet av investeringens framtida kostnader och intäkter om till dagens värde med en diskonteringsfaktor för att jämföras med grundinvesteringen, och på så vis bedöma investeringens lönsamhet [19]. Nuvärdet anges i kronor och, då nettonuvärdet (skillnaden mellan det beräknade nuvärdet och grundinvesteringen) är positivt kan investeringen ses som lönsam, och då nettonuvärdet är negativt som olönsam. Diskonteringsfaktorn är beroende av den kalkylränta som används vid beräkningarna. Kalkylräntan bestäms av företagets avkastningskrav på investeringen.

En formel för nuvärdet (NV) med nuvärdesmetoden framgår av Formel 1 där kvoten i Formel 2 är diskonteringsfaktorn.

$$NV = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i} \quad (1)$$

$$\text{Diskonteringsfaktor} = \frac{1}{(1+r)^i} \quad (2)$$

där: NV = nuvärdet
 C_i = totalt kassaflöde för år i
 r = kalkylräntan
 n = investeringens livslängd

Nettonuvärdet (NNV) ges då av Formel 3.

$$NNV = NV - G \quad (3)$$

där: G = grundinvesteringen

För att jämföra investeringarnas lönsamhet i förhållande till varandra används nettonuvärdeskvoten. Enligt nettonuvärdeskvoten är en investering lönsam om kvoten är större än noll. Den investering med högst kvot är mest lönsam per investerad krona. Nettonuvärdeskvoten (NNK) ges av Formel 4.

$$NNK = \frac{NNV}{G} \quad (4)$$

Investeringens livslängd kommer i detta fall antas vara 20 år för Fjärrvärme Direkt, då den uppskattade livslängden på fjärrvärmecentralen är minst 20 år [18]. För vanlig individuell mätning och debitering är livslängden för apparaturen 10 år [13]. För att kunna jämföra de båda systemen genom nuvärdesmetoden måste livslängden vara densamma. I detta fall innebär det att för utrustning för vanlig IMD behöver en återinvestering göras efter 10 år för att motsvara livslängden på Fjärrvärme Direkt.

Annuitetsmetoden (även kallad årskostnadsmetoden) har likheter med nuvärdesmetoden men är bättre lämpad då investeringar med olika livslängd ska jämföras. I annuitetsmetoden anges till skillnad från nuvärdesmetoden investeringens lönsamhet fördelat på investeringens livstid. Lönsamheten i investeringen anges av annuiteten som här redovisas i kr/år. Annuiteten är den årliga vinst som investeringen medför (investeringen är lönsam då annuiteten är positiv) och beräknas genom att nettonuvärdet multipliceras med en annuitetsfaktor enligt Formel 5.

$$A = \frac{NNV \cdot r}{1 - (1+r)^{-n}} \quad (5)$$

där A = annuiteten

De beräkningar som genomförs inom ramen för denna studie har en kalkylränta på 8 %. Denna kalkylränta har använts eftersom det är den kalkylränta som Landskronahem i regel använder vid sina investeringsanalyser. De delar som går in under årliga kassaflöden, C , är differensen mellan priset på den uppskattade energibesparing som investeringen medför och den uppskattade kostnaden för kontinuerligt underhåll, avläsning och/eller hjälp med debiteringsunderlag.

Vid beräkning av framtida kassaflöden används den uppskattade årliga besparingen av fjärrvärmekostnaden. Det framtida energipriset för fjärrvärme uppskattas följa den rådande prisutvecklingen de senaste åren, vilket innebär en prisökning på ca 3 % per år [20]. Den årliga energibesparingen beräknas i basfallet för en fördelning av fjärrvärmeanvändningen på 50/50 mellan varmvatten och värme. I känslighetsanalysen undersöks hur andra fördelningar av fjärrvärmeanvändningen påverkar investeringsbedömningen.

Alla priser och kostnader som används vid LCC-beräkningarna är angivna exklusive moms. Den löpande kostnaden för IMD består av avläsning av mätvärden och framtagning av debiteringsunderlag och är bestämd till 250 kr/lägenhet och år då både värme och varmvatten mäts. Kostnaden är baserad på intervjuer med branschrepresentanter och i kostnaden ingår även drift och underhåll [13]. De löpande kostnaderna för drift och underhåll för systemet med Fjärrvärme Direkt beräknas ligga på 350 kr/år och lägenhet, baserat på uppgifter från Energimarknadsinspektionen [21]. Det har antagits att kapital för grundinvesteringar finns i företaget så att lån inte behövs, därmed har ränta och avbetalningar på lån inte tagits med i de årliga utgifterna.

Nuvärdesberäkningarna är baserade på kostnader och besparingar per lägenhet.

6.1 Individuell mätning och debitering i nuvarande system

6.1.1 Grundinvestering

De komponenter som behövs vid en installation av IMD är dels datainsamlare, som krävs oavsett vilken typ av mätning som ska installeras, dels varmvattenmätare och/eller värmemätare. Beroende på val av system för IMD av varmvatten blir grundinvesteringen olika stor. Alternativen som finns är en varmvattenmätare som enbart består av en del (standard) eller en tvådelad som har utbytbart mätarhus. För värmemätningen presenteras bara kostnader för radiatormätning. Kostnaderna beror förutom typ av mätare också på antalet mätare. Mängden datainsamlare påverkas dock inte av antalet mätare i lägenheten (i alla fall inte i detta fall då det inte kommer nära den övre gränsen för hur många mätare som kan kommunicera med en datainsamlare). Därför kommer kostnaden för datainsamlingen (med totalt fyra datainsamlare i hela huset) att vara densamma oavsett om det enbart är varmvatten eller

värme som mäts eller om det är både och. I Tabell 4 nedan presenteras kostnaderna för en lägenhet med tre varmvattenmätare och sex radiatormätare.

Tabell 4. Grundinvesteringskostnader inklusive installationskostnader för IMD.

Kostnader IMD per lägenhet	Minsta kostnad (kr)	Största kostnad (kr)	Medelkostnad (kr)
<i>VV-mätare - standard</i>	2 400	3 000	2 700
<i>VV-mätare - utbytbart mätarhus</i>	2 700	3 300	3 000
<i>Radiatormätare</i>	2 000	2 040	2 020
<i>Datainsamlare</i>	556		

Värdena i Tabell 4 är baserade på uppgifter från intervju med branschrepresentant [13] och motsvarar högsta och lägsta angivna kostnad samt medelkostnaden för systemdelarna och installationen. I nuvärdesberäkningarna kommer medelkostnaden användas som basscenario och största respektive lägsta kostnad kommer senare att undersökas i känslighetsanalysen.

Efter 10 år (år 11) behöver alla mätare (eller enbart mätarhus) bytas ut. Vid intervju med en branschrepresentant kom det fram att denna återinvestering skulle vara billigare än grundinvesteringen eftersom allt då är förberett för att sätta in mätarna, dock framgick det inte hur mycket billigare så i beräkningarna antas det att återinvesteringen för varmvattenmätarna som består av en del kommer att minska med 20 % och likadant för radiatormätarna. Detsamma gäller för datainsamlarna och för varmvattenmätaren med utbytbart mätarhus antas det att återinvesteringen kommer att minska med 50 % jämfört med grundinvesteringen.

6.1.2 Energibesparing

Energibesparingen för individuell mätning och debitering beräknas som sagt för fördelningen 50/50 för varmvatten/värme. I fallet varmvatten ligger besparingspotentialen mellan 15 och 30 % och i fallet värme ligger besparingspotentialen mellan 10 och 20 % enligt erfarenheter från tidigare studier. Den besparing som kommer att användas för beräkningar i basscenariot är 22,5 % för varmvatten och 15 % för värme. Eftersom de effektbaserade kostnaderna för fjärrvärme (det vill säga kostnaderna som baseras på fjärrvärmecentralens dygnsmedeleffekt och inte på fjärrvärmeanvändningen) kan antas vara konstanta oavsett användning kommer de inte att räknas med i LCC:n. I Formel 6 nedan användes för att beräkna energibesparingen för IMD. Energibesparingen för varmvatten och värme beräknades separat.

$$B = E_0 \cdot b \cdot a \quad (6)$$

där B = energibesparingen

E_0 = den normalårskorrigerade energianvändningen enligt Tabell 2

b = besparingspotentialen (för varmvatten eller värme)

a = andelen energi för varmvatten eller värme av den totala fjärrvärmeenergin

Den årliga energikostnadsbesparingen har beräknats genom att multiplicera den uträknade energibesparingen med respektive års uppskattade fjärrvärmepris. Fjärrvärmepriset antas stiga med 3 % per år från 2015 års fjärrvärmepris som visas i Tabell 2. Den framräknade kostnadsbesparingen samt energibesparingen redovisas i Tabell 5 nedan. I basscenariot antas en besparing som ligger mitt i intervallet för besparingspotential och största respektive lägsta energibesparing undersöks senare i känslighetsanalysen.

Tabell 5. Årlig energibesparing vid fördelning 50/50 för varmvatten/värme.

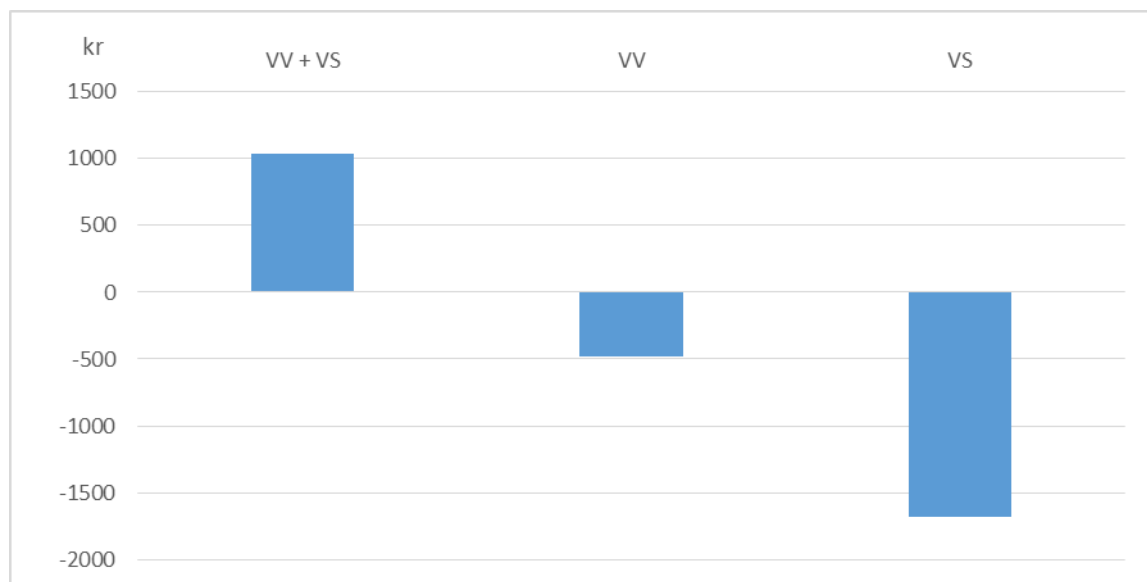
	Årlig besparing (kr)	Årlig besparing (kWh)
VV + VS	838	2 072
VV	503	1 243
VS	335	829

6.1.3 Årliga kostnader

De 250 kr som är de återkommande årliga kostnaderna efter installation för IMD, består som tidigare nämnts av kostnader för inhämtning av mätvärden, redigering av dessa till debiteringsunderlag, samt underhållskostnader för systemet. Detta är en kostnad som ligger i det övre intervallet av kostnader per år och lägenhet vid mätning och debitering [13] och en eventuell högre kostnad undersöks i känslighetsanalysen. Anledningen till att en lägre kostnad inte kommer undersökas är att det för en lägre kostnad inte ingår att mätvärdena avläses månadsvis, utan bara mer sällan.

6.1.4 Resultat

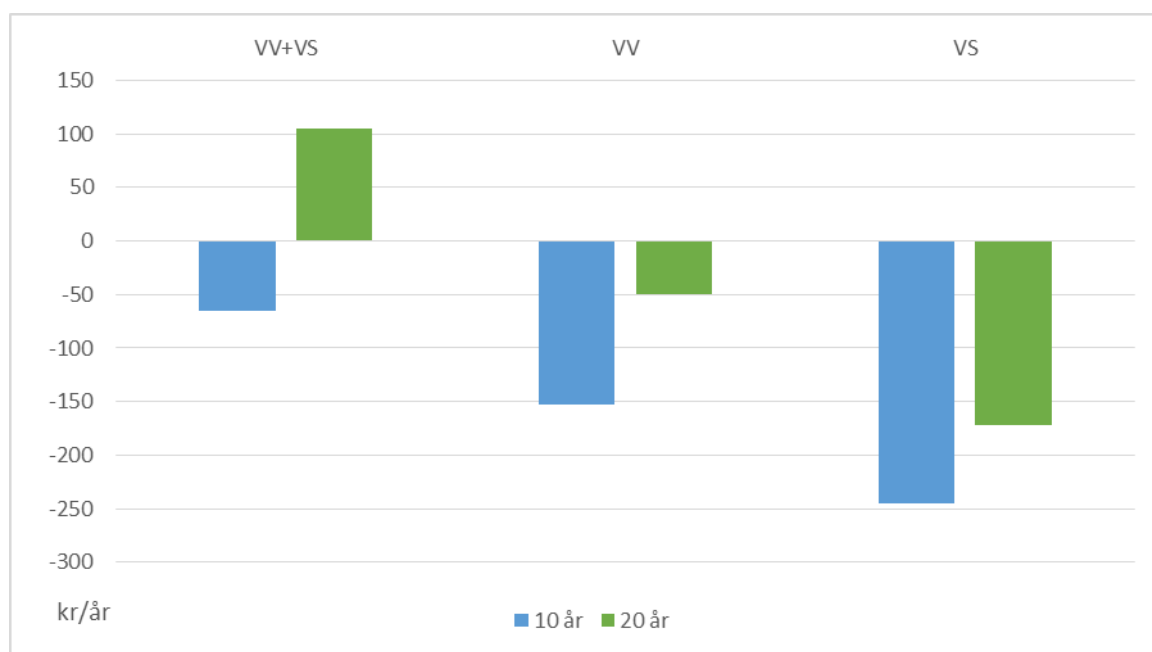
Resultatet av lönsamhetsbedömningen för en investering i IMD med nuvärdesmetoden kan ses i Figur 7. Nettonuvärdet har beräknats för investering i IMD för dels både varmvatten och värme (VV+VS), endast varmvatten (VV) och endast värme (VS). Ur Figur 7 framgår att endast investeringen i IMD för både varmvatten och värme ger ett positivt nettonuvärde medan investering i IMD för endast varmvatten eller endast värme ger negativa nuvärden vid en investering på 20 år. Skälet till att en investering i IMD för både varmvatten och värme ger ett positivt nettonuvärde, medan de andra ger negativa nettonuvärden, är att kostnaderna för drift och underhåll blir densamma för samtliga investeringsalternativ medan den beräknade energikostnadsbesparingen blir högre för fallet med IMD för både varmvatten och värme. Detta fall kommer i rapporten att hänvisas till som basscenario.



Figur 7. Nettonuvärden i kr för investeringsalternativ med IMD.

I Figur 8 visas resultatet från investeringsbedömningen av IMD som annuiteter. I figuren anges annuiteter för basfallet (livslängd 20 år) samt annuiteter för en livslängd på 10 år (om ingen återinvestering görs år 11). Det framgår tydligt att en återinvestering är fördelaktig för samtliga investeringsalternativ, oavsett om investeringsalternativet var lönsamt i basfallet eller ej. Detta kan

förklaras med att den återinvestering som krävs år 11 är mindre än grundinvesteringen samtidigt som samma årliga fjärrvärmebesparing uppnås.



Figur 8. Annuiteter beräknade för investeringsalternativ med IMD.

I Tabell 6 redovisas hela resultatet av lönsamhetsbedömningen för de olika investeringsalternativen för IMD. Lönsamma resultat är markerade i grönt.

Tabell 6. Resultat från investeringsbedömning för olika fall med IMD

BASSCENARIO	Nettonvärde (kr)	Nettonvärdeskvot	Annuitet (kr/år)
VV + VS	1 035	0,20	105
VV	- 482	- 0,15	- 49
VS	- 1 684	- 0,65	- 172
<u>Livslängd 10 år</u>			
VV + VS (10 år)	- 435	- 0,08	- 65
VV (10 år)	- 1 023	- 0,31	- 152
VS (10 år)	- 1 646	- 0,64	- 245

6.2 Fjärrvärme Direkt

6.2.1 Grundinvestering

Då byggnaden i sitt nuvarande tillstånd inte är anpassad för ett värme- och vattensystem med lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler blir den grundinvestering som krävs för installation av Fjärrvärme Direkt den dominerande faktorn för investeringen som helhet. Grundinvesteringen omfattar alla kostnader som är knutna till installation av Fjärrvärme Direkt, från inköp och installation av fjärrvärmecentraler till de ombyggnationer som krävs för att systemet ska fungera som ett komplett värme- och vattenförsörjningssystem. Detta omfattar materialkostnader för rörledningar för fjärrvärmewärme, tappvatten och ombyggnad av radiatorsystemet samt de arbetskostnader som uppstår i samband med ombyggnationen. En sammanställning över kostnader för de olika sektionerna redovisas i Tabell 7 och mer detaljerade uppgifter finns i bilaga A.

Tabell 7. Sammanställning av schablonberäkningar för kostnader för installation av Fjärrvärme Direkt.

Värmeväxlare	Antal (st)	Kostnad (kr/lgh)	Total kostnad Inkl arb.
<i>Alfa Laval Micro RTC</i>	18	9 500	351 000
<i>Alfa Laval Mini ECO</i>	1	15 000	25 000
		Tot	376 000
<i>Primärledning Fjärrvärme</i>	Längd (m)	Kostnad (kr/m)	Total kostnad Inkl arb.
<i>Takupphängd värmeledning</i>	50	1 508	75 390
<i>Stamledning värmeledning</i>	108	838	90 537
		Tot	165 927
<i>Kallvattenanslutning</i>	Längd (m)	Kostnad (kr/m)	Total kostnad Inkl arb.
<i>Takupphängd värmeledning</i>	50	1 112	55 579
<i>Stamledning värmeledning</i>	108	599	64 745
		Tot	120 323
<i>Radiatorsystem/lägenhet</i>	Antal	Kostnad (kr/st)	Total kostnad Inkl arb.
<i>Kök</i>	1	1 973	2 548
<i>Badrum</i>	1	1 203	1 778
<i>Hall/entré</i>	1	1 546	2 121
<i>Sovrum</i>	2	2 365	5 879
<i>Vardagsrum</i>	2	2 568	6 285
<i>Rörledningar (m)</i>	51	108	20 022
		Tot, lägenhet	38 634
		Tot, byggnad	695 412
<i>Tappvatten/lägenhet</i>	Längd (m)	Kostnad (kr/m)	Total kostnad Inkl arb.
<i>Varm- och kallvattenrör</i>	10	411	4 115
		Tot, lägenhet	4 115
		Tot, byggnad	74 070
<i>Övriga lokaler och trapphus</i>	Längd (m)	Kostnad (kr/m)	Total kostnad Inkl arb.
<i>Värmesystem</i>			87 677
<i>Tappvatten</i>			32 924
		Tot. Kostnad byggnad	120 601
		Tot. kostnad, lägenhet	6 700
<i>Total kostnad för investering:</i>			1 552 346
<i>Total kostnad/lägenhet:</i>			86 241

Kostnaderna för värmeväxlare är angivna av Armatech enligt 2015 års prisuppgifter för fjärrvärmecentraler och installation [18]. Kostnaderna för rörledningar samt arbetstid och arbetskostnader för ombyggnaden av systemet har tagits fram med hjälp av Wikells Sektionsfakta för VVS installationer 2011/2012 som underlag [5]. Wikells Sektionsfakta är sammanställningar med byggdelar, priser och typrum som används för tekniska och ekonomiska bedömningar vid investeringskalkylering.

Restvärdet på den nuvarande fjärrvärmecentralen på Koppargården 11 antas vara lika med noll, med tanke på dess ålder och de kostnader som avveckling medför.

Den utgåva av Wikells Sektionsfakta för VVS-installationer som används för prisuppgifter på komponenter och arbetskostnad till kostnadsberäkningarna för Fjärrvärme Direkt var från 2011.

Prisutveckling enligt medeltal för konsumentprisindex kontrollerades på Statistiska Centralbyrån [22]. Prisutvecklingen från 2011 till 2014 beräknades utifrån konsumentprisindex till 0,66 % vilket ansågs försumbart, och det har därmed inte tagits med i beräkningarna.

6.2.2 Energibesparing

Energibesparingen vid projektet i Fruängsgården hade en besparingspotential som låg 1 respektive 0,5 % under medelvärdet för energibesparingspotentialen vid IMD av värme/varmvatten. Eftersom energibesparingen dessutom beror på att de boende får se och betala för sin faktiska användning (vilket stämmer även vid FVD), antas energibesparingen för varmvatten och värme vara samma för FVD som för IMD.

Den energibesparing som Fjärrvärme Direkt kan ge upphov till innefattar, förutom de 22,5 % för varmvatten och 15 % för värme som även används i beräkningar för basscenariot för IMD, också hela VVC-förlusterna. Då VVC-förlusterna beräknas vara 25 % av den totala energin, kan energibesparingen beräknas enligt Formel 7 nedan. Besparingen beräknades till 1 746 kr per år eller 2762 kWh.

$$B = E_0 \cdot (0,25 + a_{VS} \cdot b_{VS} + a_{VV} \cdot b_{VV} \cdot (1 - (0,25 + a_{VS} \cdot b_{VS}))) \quad (7)$$

där b_{VV} = besparingspotentialen för varmvatten

b_{VS} = besparingspotentialen för värmesystemet

6.2.3 Årliga kostnader

De löpande kostnaderna för drift och underhåll av det husinterna fjärrvärmesystemet kan enligt Energimarknadsinspektionen uppskattas med en procentsats på 0,5 % av grundinvesteringen [21]. Det innebär att de årliga kostnaderna hamnar på 431 kr/år. Dessa kostnader räknas ner något för Fjärrvärme Direkt till 350 kr/år. Kostnaden nedskrivs av den anledning att den uppskattade el-energianvändningen för fjärrvärmecentralerna som används vid beräkningarna är betydligt lägre än vad som uppskattats av Energimarknadsinspektionen.

I kostnaden på 350 kr/år ingår 134 kr/år för den elanvändning som går åt för drift av fjärrvärmecentralen. Kostnaden för elanvändningen presenteras i Tabell 8 och är beräknad på ett elpris på 1 kr/kWh, baserat på fast elpris bundet på 5 år [23].

Tabell 8. Kostnad för elanvändning till drift.

<i>Fjärrvärmecentral</i>	Elanvändning (kWh/år)	Elpris (kr)	Kostnad/år	Kostnad/lägenhet och år (kr)
<i>Alfa Laval Micro RTC</i>	110	1	110	110
<i>Alfa Laval Mini ECO</i>	438	1	438	24
			Totalkostnad:	134

6.2.4 Resultat

Resultatet från lönsamhetsbedömningen av Fjärrvärme Direkt redovisas i Tabell 9. Som framgår ur Tabell 9 bedöms investeringen i Fjärrvärme Direkt inte som lönsam med de utvalda investeringsbedömningsmetoderna.

Tabell 9. Resultat från investeringsbedömning av Fjärrvärme Direkt.

BASSCENARIO	Nettonvärde (kr)	Nettonvärdeskvot	Annuitet (kr/år)
<i>FVD</i>	- 67 645	- 0,78	- 6 890

Bedömningen är därmed att FVD inte är någon lönsam investering i nuläget, framförallt inte eftersom det nuvarande systemet har ca 10 år kvar på sin beräknade livslängd.

Resultatet från beräkningarna för FVD är istället mer intressant om man ser på investeringen som ett alternativ då det nuvarande systemet är i behov av att bytas ut mot ett nytt. Då kan investering i FVD jämföras med en investering i konventionell fjärrvärme.

Vid den tidigare renovering av fjärrvärmesystemet på Pilängen som Landskronahem genomfört blev kostnaden cirka 67 000 kr/lägenhet. Det betyder att kostnaden för grundinvesteringen i Fjärrvärme Direkt på 86 241 kr/lägenhet blir ca 30 % högre än vid detta referensfall.

7 Känslighetsanalys

För att undersöka hur olika faktorer i livscykelkostnadsanalysen påverkar nuvärdet av investeringarna har en känslighetsanalys gjorts. De olika faktorerna som undersöktes är följande:

- **Fördelning av varmvatten och värme:** Fördelningen av varmvatten och värme som används då livscykelkostnaden analyseras i Kapitel 6 är 50/50 men är beräknad för en sekundäranvändning av fjärrvärme som bara var hälften av den primära fjärrvärmeförseln. Hur påverkas resultatet om fördelningen av varmvatten och värme istället är 25/75?
- **Energibesparing:** Om energibesparingen jämfört med i basscenariot ökar eller minskar, hur påverkas då lönsamheten? Och hur mycket påverkas lönsamheten för Fjärrvärme Direkt om VVC-förlusterna är mindre än 25 %?
- **Investeringskostnad:** Om grundinvesteringen ökar eller minskar, påverkas då lönsamheten för Fjärrvärme Direkt och IMD?
- **Underhållskostnad:** Underhållskostnaden är satt till 250 respektive 350 kr för IMD och FVD. Hur påverkas lönsamheten om underhållskostnaderna ökar?
- **Fjärrvärmepris:** Vad händer om priset på fjärrvärmes stiger mer än 3 % per år eller mindre än 3 % per år? Påverkas lönsamheten för något fall av individuell mätning?
- **Kalkylränta:** Om en investering kan ses som en direkt energisparande åtgärd använder Landskronahem en kalkylränta på 6 % istället för 8 %. Hur mycket påverkar detta lönsamheten?
- **Livslängd:** Det är möjligt att livslängden för FVD är längre än 20 år. Hur stor blir skillnaden i lönsamhet om livslängden varierar?

De indata som används vid investeringsbedömning av basfallen för IMD och FVD finns redovisade i Tabell 10. För varje parameter som varierar i känslighetsanalysen kommer det i början av parametrarnas underkapitel finnas en tabell som visar vilka värden som avviker från indatan i basfallet. I kommande underkapitel kommer olika alternativ för IMD att presenteras. Mätning av varmvatten och värme kallas ”VV+VS”, mätning av enbart varmvatten kallas ”VV” och mätning av enbart värme kallas ”VS”.

Tabell 10. Indata för investeringsbedömning av basfallen.

Inparameter

Besparing VV	0,225
Besparingspotential VS	0,15
Besparingspotential/andel VVC	0,25
Andel VV	0,5
Andel VS	0,5
Kalkylränta	0,08
Årlig prisökning fjärrvärme	0,03
Återinvestering, andel av grundinvestering	0,8
Kostnad VV-mätare (kr)	2 700
Kostnad VS-mätare (kr)	2 020
Kostnad datainsamlare (kr)	556
Kostnad FVD (kr)	86 241
Livslängd (år)	20
Underhållskostnader FVD (kr)	350
Underhållskostnader IMD (kr)	250

7.1 Fördelning av varmvatten och värme

Fördelningen av varmvatten och värme beror delvis på hur många personer som bor i varje lägenhet. Ju fler personer per lägenhet desto högre andel varmvattenanvändning. Dessutom minskar behovet av uppvärmning då antal personer i lägenheten ökar. Detta är något som skulle kunna motivera en jämnare fördelning mellan varmvatten och värme, men i känslighetsanalysen kommer ändå fördelningen att varieras till 25/75.

I Tabell 11 visas andelen varmvatten (VV) och värme (VS) för basscenariot respektive fallet som i känslighetsanalysen kallas ”Fördelning 25/75”.

Tabell 11. Parametrar vid känslighetsanalys av fördelning av varmvatten och värme.

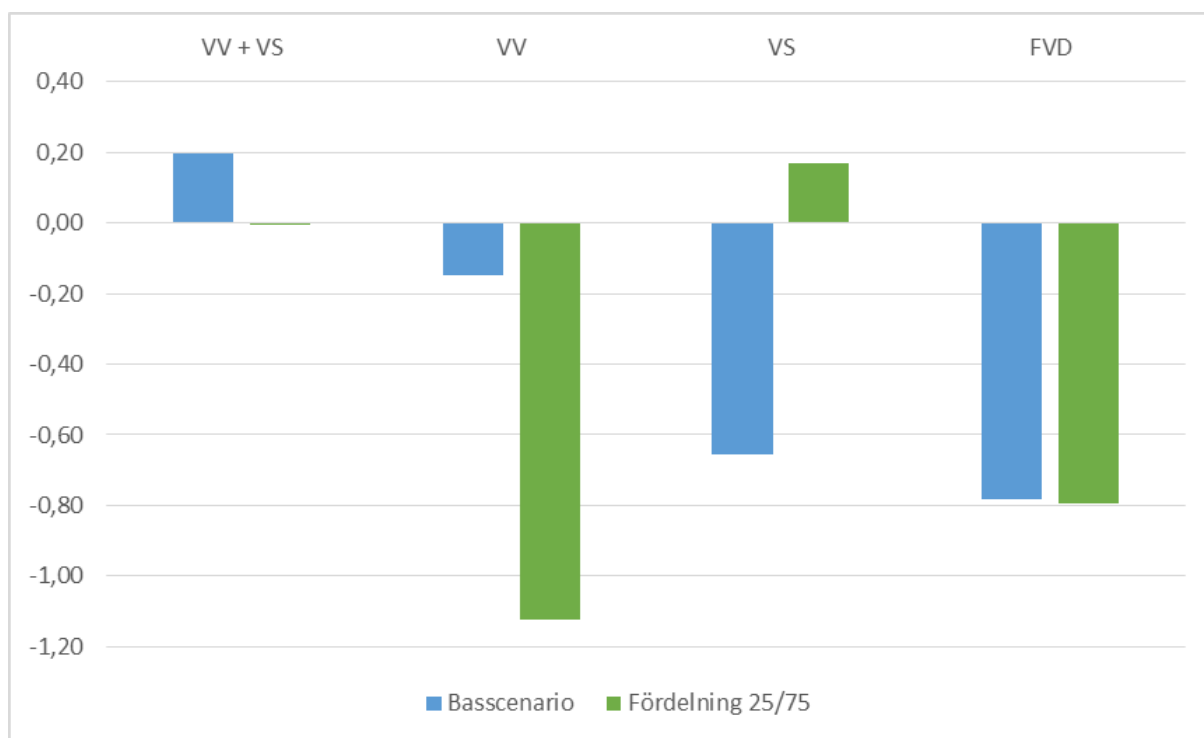
	Basscenario	Fördelning 25/75
Andel VV	0,5	0,25
Andel VS	0,5	0,75

I Tabell 12 visas nettonuvärde, nettonuvärdeskvot och annuitet för de två olika fallen. Lönsamma alternativ är markerade med grönt. Som redan redovisats är endast alternativet VV+VS (alltså mätning av både varmvatten och värme) lönsamt då fördelningen är 50/50. Då fördelningen ändras till 25/75 är detta alternativ inte längre lönsamt. Alternativet att enbart mäta värme är tvärtom inte lönsamt då fördelningen är 50/50 men då den ändras till 25/75.

Tabell 12. Resultat från känslighetsanalys av fördelning av fjärrvärmeanvändningen. De gröna alternativen är lönsamma.

BASSCENARIO	Nettonuvärde (kr)	Nettonuvärdeskvot	Annuitet (kr/år)
VV + VS	1 035	0,20	105
VV	- 482	- 0,15	- 49
VS	- 1 684	- 0,65	- 172
FVD	- 67 645	- 0,78	- 6 890
<u>Fördelning 25/75</u>			
VV + VS	- 23	0,00	- 2
VV	- 3 655	- 1,12	- 372
VS	431	0,17	44
FVD	- 68 438	- 0,79	- 6 971

FVD har fortfarande mycket lägre värden för annuitet och nettonuvärde och för att kunna sätta lönsamheten i relation till de andra alternativen presenteras därför nettonuvärdeskvoten som visar lönsamhet per investerad krona i Figur 9 nedan.



Figur 9. Resultat från känslighetsanalys av fördelning i fjärrvärmeanvändningen, presenterat med nettonuvärdeskvot.

Figuren visar att lönsamheten minskar vid en fördelning på 25/75 för alla alternativ utom individuell mätning av värme, där lönsamheten istället ökar. Detta är en direkt konsekvens av att andelen värme ökar och andelen varmvatten minskar.

7.2 Energibesparing

I basscenariot analyserades livscykelkostnaden då energibesparingen för varmvatten och värme låg i mitten av intervallet för möjlig besparingspotential. I detta kapitel har lönsamheten vid den största och minsta besparingen undersökts. Förutom värme och varmvatten räknas också VVC-förlusterna som en besparing på sekundärsidan. I basscenariot användes VVC-förluster på 25 % eftersom denna fördelning beräknats utifrån Landskronahems värden på den sekundära energianvändningen. Eftersom denna endast var hälften av den primärt tillförda fjärrvärmeenergin undersöks också VVC-förluster som är hälften så stora som i basscenariot (andelen faktiska uppmätta VVC-förluster av den primärt tillförda fjärrvärmens). De värden som varierats i känslighetsanalysen av besparingspotentialen visas i Tabell 13.

Tabell 13. Parametrar vid känslighetsanalys av förändring av energibesparing.

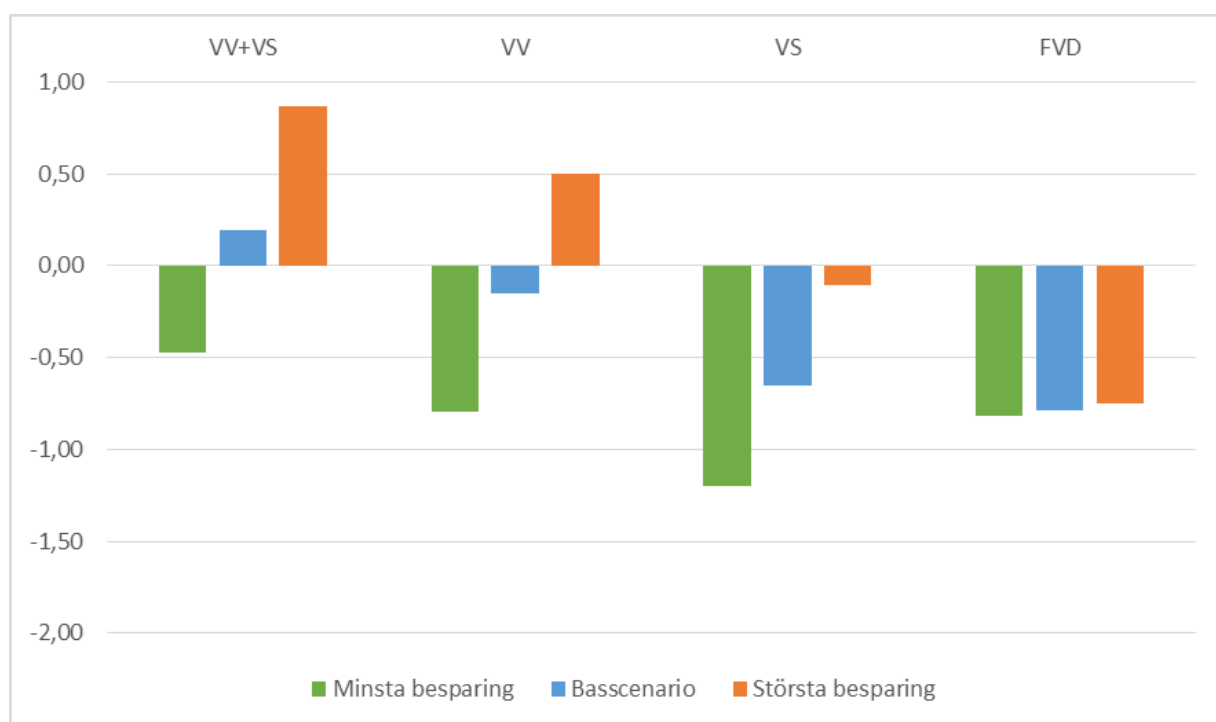
	Basscenario	Största besparing	Minsta besparing	VVC 12,5 %
Besparing VV	0,225	0,3	0,15	0,225
Besparingspotential VS	0,15	0,2	0,1	0,15
Besparingspotential/andel VVC	0,25	0,25	0,25	0,125

I Tabell 14 visas nettonuvärde, nuvärdeskvot och annuitet för de olika fallen av energibesparing. De alternativ som är lönsamma är markerade i grönt. Förutom alternativet VV+VS i basscenariot är detta alternativ också lönsamt då besparingen av värme och varmvatten ökar. Dessutom är mätning av varmvatten också lönsamt då fjärrvärmebesparingen ökar.

Tabell 14. Resultat av känslighetsanalys för energibesparing. De gröna alternativen är lönsamma.

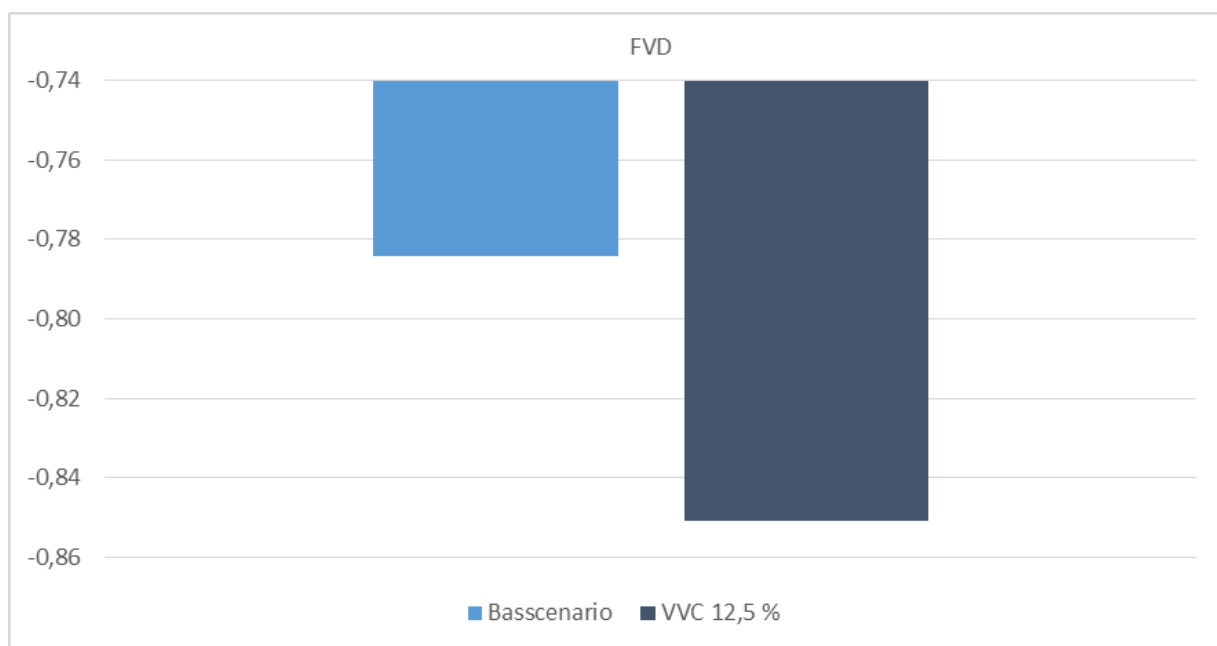
BASSCENARIO	Nettonvärde (kr)	Nettonvärdeskvot	Annuitet (kr/år)
VV + VS	1 035	0,20	105
VV	- 482	- 0,15	- 49
VS	- 1 684	- 0,65	- 172
FVD	- 67 645	- 0,78	- 6 890
Största besparing			
VV + VS	4 560	0,86	464
VV	1 633	0,50	166
VS	- 274	- 0,11	- 28
FVD	- 65 001	- 0,75	- 6 621
Minsta besparing			
VV + VS	- 2 490	- 0,47	- 254
VV	- 2 598	- 0,80	- 265
VS	- 3 094	- 1,20	- 315
FVD	- 70 289	- 0,82	- 7 159
VVC 12,5 %			
FVD	- 73 373	- 0,85	- 7 473

I Figur 10 visas nettonvärdeskvoten för de olika alternativen för individuell mätning och FVD då fjärrvärmebesparingen varierar. För samtliga alternativ ökar såklart lönsamheten då besparingen ökar.



Figur 10. Resultat från känslighetsanalys för energibesparing, redovisat i nettonvärdeskvot.

I Figur 11 visas nettonvärdeskvoten för investering i FVD då VVC-förlusterna ändras. Om VVC-förlusterna halveras blir nettonvärdet ännu lägre än vad det redan är.



Figur 11. Resultat från känslighetsanalys för VVC-förluster för FVD, redovisad som nettonuvärdeskvot.

7.3 Investeringskostnad

I basscenariot undersöks lönsamheten då grundinvesteringen för IMD är medelvärdet av största och minsta investering. I känslighetsanalysen undersöks lönsamheten då investeringen är som störst respektive minst. För FVD undersöks lönsamheten då bassceniots grundinvestering ökar respektive minskar med 25 %. Värderna för grundinvesteringskostnader visas i Tabell 15.

15. Förändring av kostnad för grundinvestering. Största och minsta investering för FVD är en ökning respektive minskning med 25 % från basscenariot medan största och minsta investering för IMD är största respektive minsta värden som erhållits vid intervju.

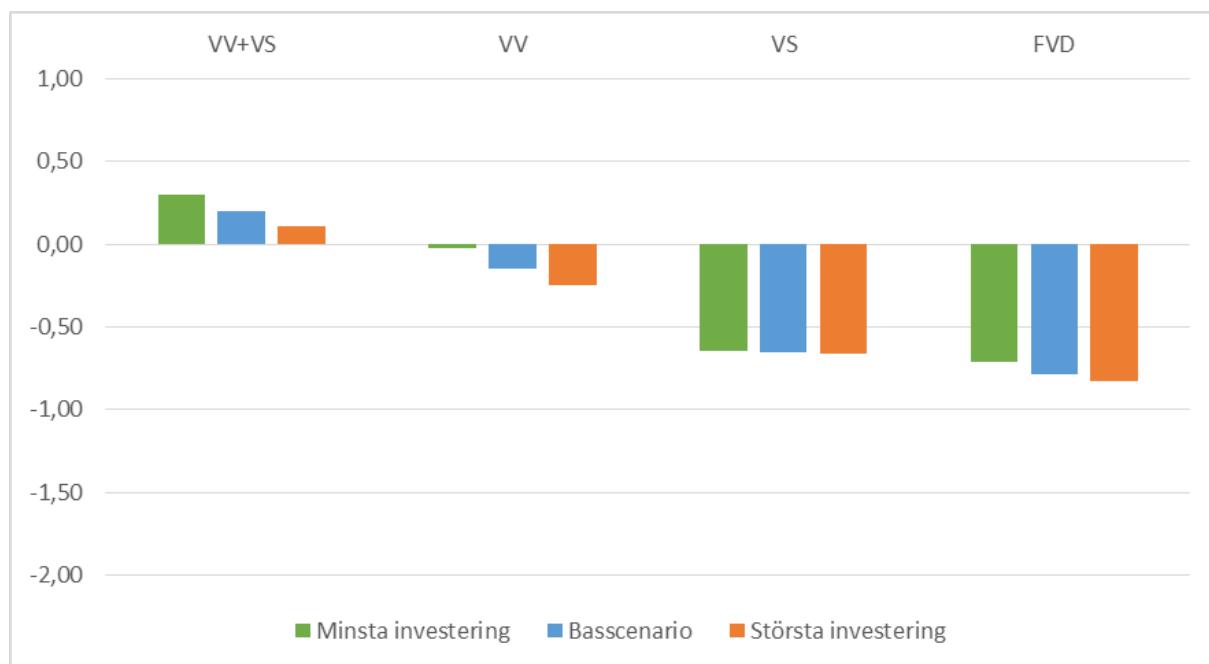
	Basscenario	Största investering	Minsta investering
Kostnad VV-mätare (kr)	2 700	3 000	2 400
Kostnad VS-mätare (kr)	2 020	2 040	2 000
Kostnad FVD (kr)	86 241	107 801	64 681

I Tabell 16 visas nettonuvärde, nuvärdeskvot och annuitet då grundinvesteringen varierats. Lönsamma alternativ är markerade i grönt. Då investeringen är som störst för IMD är mätning av VV+VS fortfarande lönsamt, men med värden på lönsamheten ungefär hälften så stora som vid grundscenariot. Lönsamheten för mätning av VV+VS ökar då grundinvesteringen minskar. Alla andra investeringar är fortfarande olönsamma.

Tabell 16. Resultat av känslighetsanalys för investeringskostnad. De gröna alternativen är lönsamma.

BASSCENARIO	Nettonvärde (kr)	Nettonvärdeskvot	Annuitet (kr/år)
<u>VV + VS</u>	1 035	0,20	105
VV	- 482	- 0,15	- 49
VS	- 1 684	- 0,65	- 172
FVD	- 67 645	- 0,78	- 6 890
<u>Största investering</u>			
VV + VS	605	0,11	62
VV	- 885	- 0,25	- 90
VS	- 1 711	- 0,66	- 174
FVD	- 89 205	- 0,83	- 9 086
<u>Minsta investering</u>			
VV + VS	1 465	0,30	149
VV	- 79	- 0,03	- 8
VS	- 1 657	- 0,65	- 169
FVD	- 46 085	- 0,71	- 4 694

I Figur 12 visas lönsamheten redovisad som nettonvärdeskvot då grundinvesteringen ändras. Då grundinvesteringen ökar minskar lönsamheten och då grundinvesteringen minskar ökar lönsamheten. Alla investeringar av mätning av VV+VS är lönsamma, men inga andra investeringar.



Figur 12. Resultat från känslighetsanalys för investeringskostnad, redovisat i nettonvärdeskvot.

7.4 Underhållskostnad

Underhållskostnaden är i basscenariot satt till 250 respektive 350 kr för IMD och FVD. I detta kapitel undersöks vad som händer med lönsamheten då de årliga underhållskostnaderna ökar med 100 kr per år. Underhållskostnaderna i de olika scenarierna visas i Tabell 17.

Tabell 17. Parametrar vid känslighetsanalys av förändring av underhållskostnad.

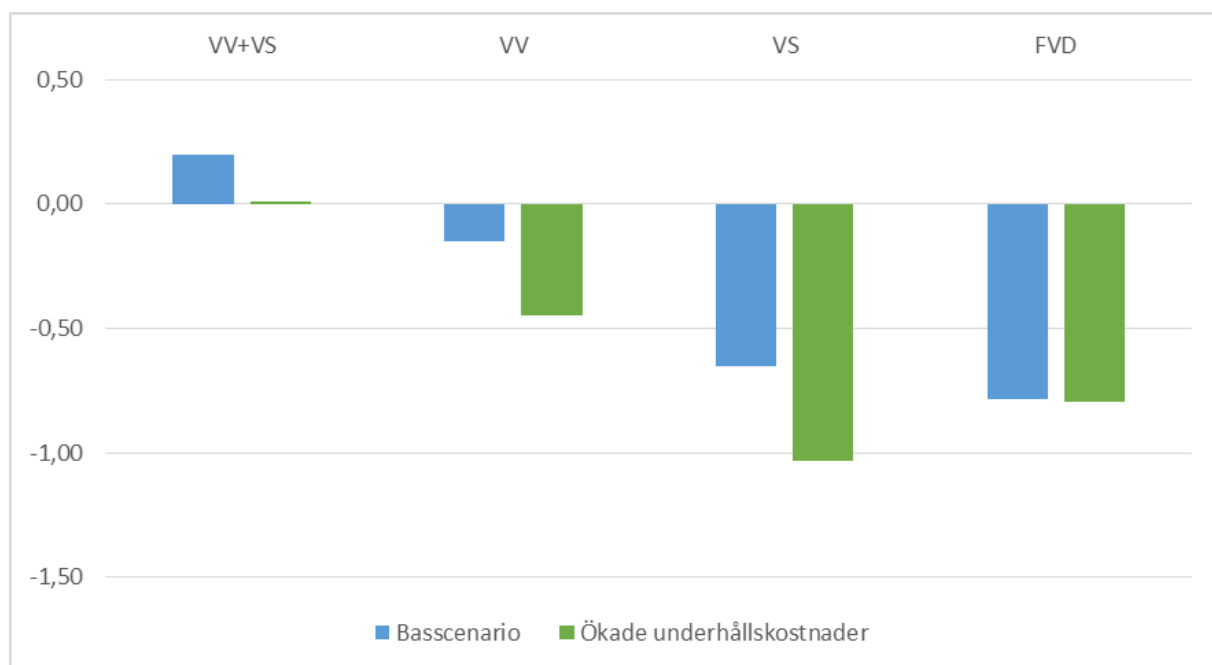
	Basscenario	Ökade underhållskostnader
Underhållskostnader FVD (kr)	350	450
Underhållskostnader IMD (kr)	250	350

I Tabell 18 visas nettonuvärde, nettonuvärdeskvot och annuitet då de årliga underhållskostnaderna ökas med 100 kr. Lönsamma alternativ är markerade i grönt. Det enda alternativ som är lönsamt är mätning av VV+VS. Detta alternativ är också lönsamt då underhållskostnaderna ökar, även om det ligger precis på gränsen.

Tabell 18. Resultat för känslighetsanalys av förändring av underhållskostnad. De gröna alternativen är lönsamma.

BASSCENARIO	Nettonuvärde (kr)	Nettonuvärdeskvot	Annuitet (kr/år)
VV + VS	1 035	0,20	105
VV	- 482	- 0,15	- 49
VS	- 1 684	- 0,65	- 172
FVD	- 67 645	- 0,78	- 6 890
Ökade underhållskostnader			
VV + VS	53	0,01	5
VV	- 1 464	- 0,45	- 149
VS	- 2 666	- 1,03	- 272
FVD	- 68 627	- 0,80	- 6 990

I Figur 13 visas nettonuvärdeskvoten då underhållskostnaderna ökar. Alla alternativ får lägre lönsamhet då underhållskostnaderna ökas.



Figur 13. Resultat från känslighetsanalys av underhållskostnad, redovisat i nettonuvärdeskvot.

7.5 Fjärrvärmepris

I basscenariot antas fjärrvärmepriset öka med 3 % per år. I känslighetsanalysen varieras fjärrvärmeprisets ökning så att den årliga ökningen istället är 1 respektive 5 %. De olika procentuella ökningarna redovisas i Tabell 19.

Tabell 19. Parametrar vid känslighetsanalys av förändring av fjärrvärmepriset.

	Basscenario	1 % prisökning	5 % prisökning
Årlig prisökning fjärrvärme	0,03	0,01	0,05

I Tabell 20 visas nettonuvärde, nettonuvärdeskvot och annuitet då den årliga ökningen av fjärrvärmepriset ändras. De lönsamma alternativen är markerade i grönt. Mätning av VV+VS är lönsamt i basscenariot (3 % årlig ökning av fjärrvärmepriset) och då den årliga ökningen av fjärrvärmepriset är 5 %. Vid 5 % ökning är också mätning av VV lönsamt.

Tabell 20. Resultat för känslighetsanalys av förändring av fjärrvärmepriset De gröna alternativen är lönsamma.

BASSCENARIO	Nettonuvärde (kr)	Nettonuvärdeskvot	Annuitet (kr/år)
VV + VS	1 035	0,20	105
VV	- 482	- 0,15	- 49
VS	- 1 684	- 0,65	- 172
FVD	- 67 645	- 0,78	- 6 890
1 % prisökning			
VV + VS	- 613	- 0,12	- 62
VV	- 1 471	- 0,45	- 150
VS	- 2 343	- 0,91	- 239
FVD	- 71 078	- 0,82	- 7 239
5 % prisökning			
VV + VS	3 095	0,59	315
VV	754	0,23	77
VS	- 860	- 0,33	- 88
FVD	- 63 352	- 0,73	- 6 453

I Figur 14 visas nettonuvärdeskvoten då den årliga ökningen av fjärrvärmepriset varieras. Ju större ökning av fjärrvärmepriset desto större nettonuvärdeskvot och alltså lönsamhet.



Figur 14. Resultat från känslighetsanalys av fjärrvärmepriiset, redovisat i nettonuvärdeskvot.

7.6 Kalkylränta

I basscenariot är kalkylräntan 8 %. Landskronahem räknar dock ibland med en lägre kalkylränta på 6 % då en investering anses ge direkt energisparande konsekvenser. Kalkylräntan för de olika scenarierna visas i Tabell 21.

Tabell 21. Parametrar vid känslighetsanalys av förändring av kalkylräntan.

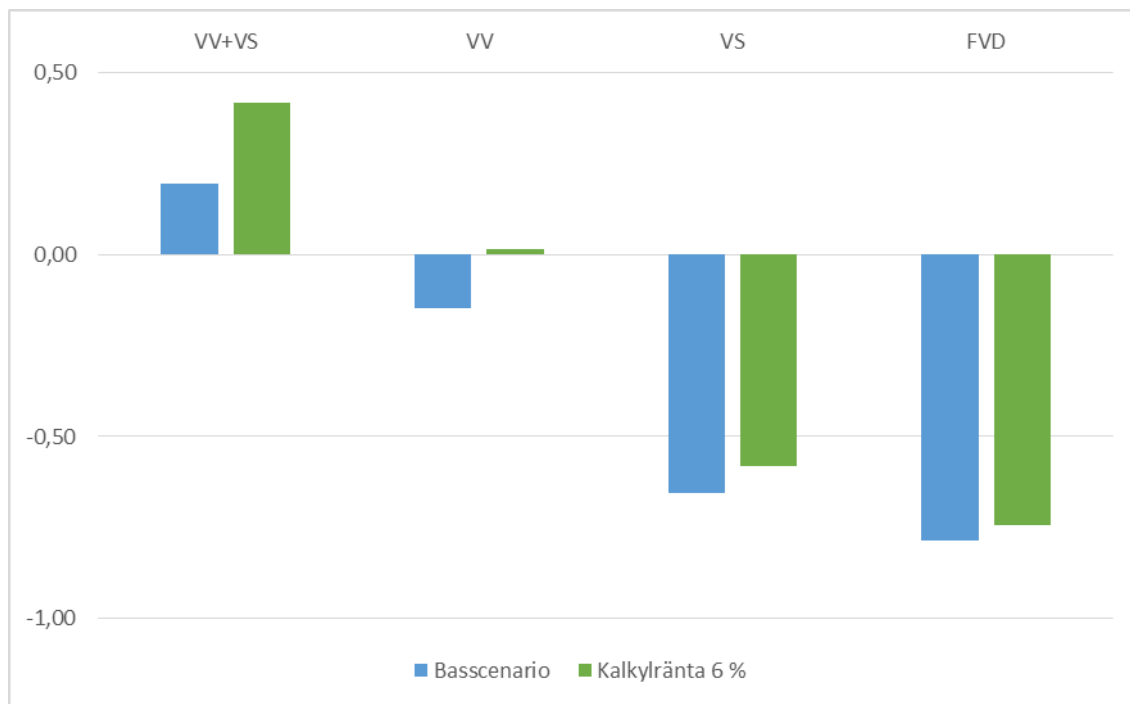
	Basscenario	Kalkylränta 6 %
Kalkylränta	0,08	0,06

I Tabell 22 visas nettonuvärde, nettonuvärdeskvot samt annuitet då kalkylräntan ändras. De alternativ som är lönsamma visas i grönt. Alternativet med mätning av VV+VS är lönsamt i båda fallen av kalkylränta och även mätning av VV är lönsamt då kalkylräntan är 6 %.

Tabell 22. Resultat för känslighetsanalys av förändring av kalkylräntan. De gröna alternativen är lönsamma.

BASSCENARIO	Nettonuvärde (kr)	Nettonuvärdeskvot	Annuitet (kr/år)
VV + VS	1 035	0,20	105
VV	- 482	- 0,15	- 49
VS	- 1 684	- 0,65	- 172
FVD	- 67 645	- 0,78	- 6890
Kalkylränta 6 %			
VV + VS	2 204	0,42	256
VV	47	0,01	5
VS	- 1 501	- 0,58	- 174
FVD	- 64 066	- 0,74	- 7 447

I Figur 15 visas resultatet av känslighetsanalysen som nettonuvärdeskvot. Alla alternativ är lönsammare vid lägre kalkylränta.



Figur 15. Resultat från känslighetsanalys av kalkylräntan, redovisat i nettonuvärdeskvot.

7.7 Livslängd

I basscenariot är livslängden för FVD 20 år. Detta benämndes dock som en minsta livstid av säljaren, därför undersöks i känslighetsanalysen lönsamheten då livstiden är 30 år. Livstiderna för de olika scenarierna visas i Tabell 23.

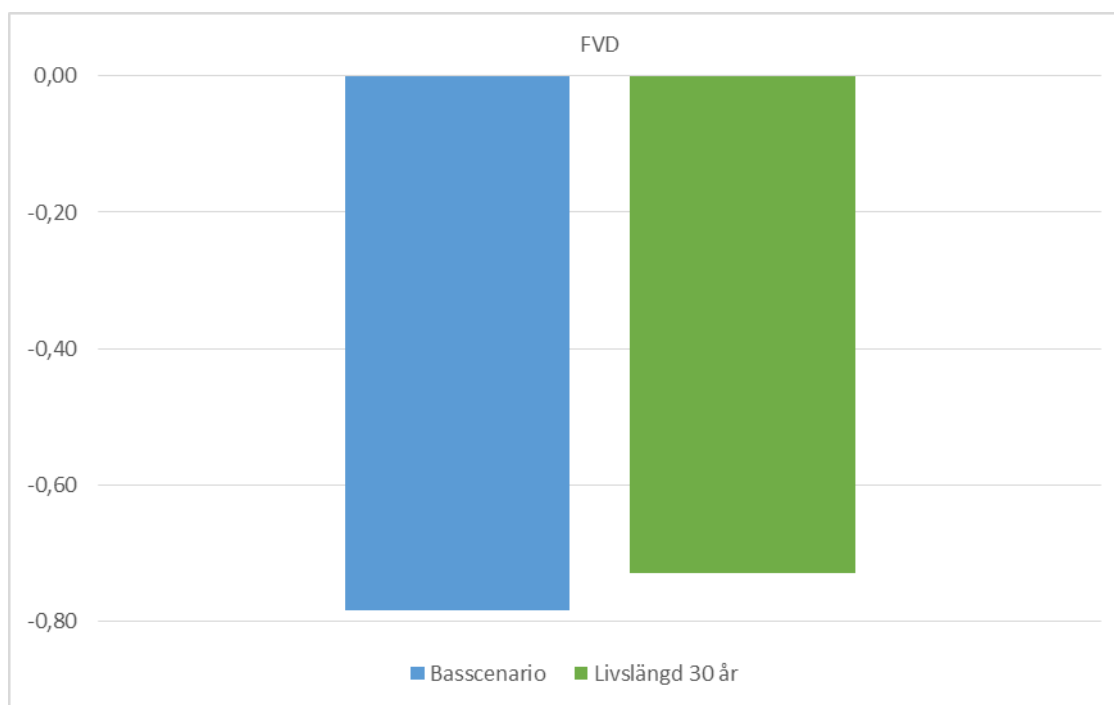
Tabell 23. Parametrar vid känslighetsanalys av förändring av livslängden för FVD.

	Basscenario	Livslängd 30 år
Livslängd (år)	20	30

I Tabell 24 visas nettonuvärde, nettonuvärdeskvot och annuitet för FVD då livslängden varierar. I Figur 16 visas nettonuvärdeskvoten för de två olika fallen av livslängder.

Tabell 24. Resultat för känslighetsanalys av förändring av livslängden för FVD.

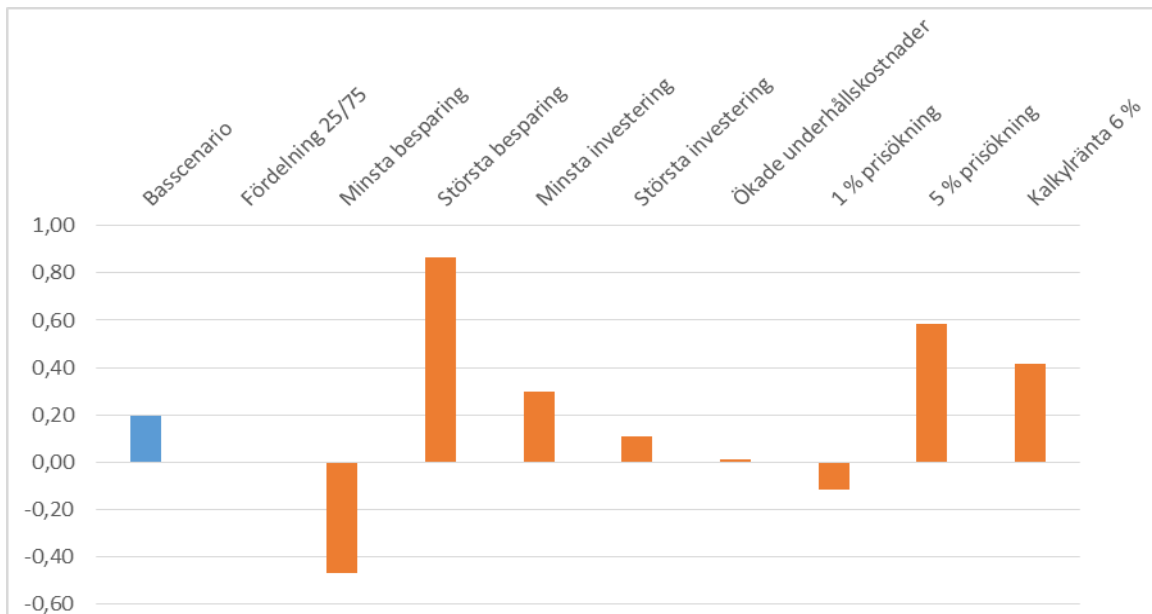
<u>BASSCENARIO</u>	<u>Nettonuvärde (kr)</u>	<u>Nettonuvärdeskvot</u>	<u>Annuitet (kr/år)</u>
<u>FVD</u>	- 67 645	- 0,78	- 6 890
<u>Livslängd 30 år</u>			
<u>FVD</u>	- 62 887	- 0,73	- 5 586



Figur 16. Resultat från känslighetsanalys av livslängden för FVD, redovisat i nettonuvärdeskvot.

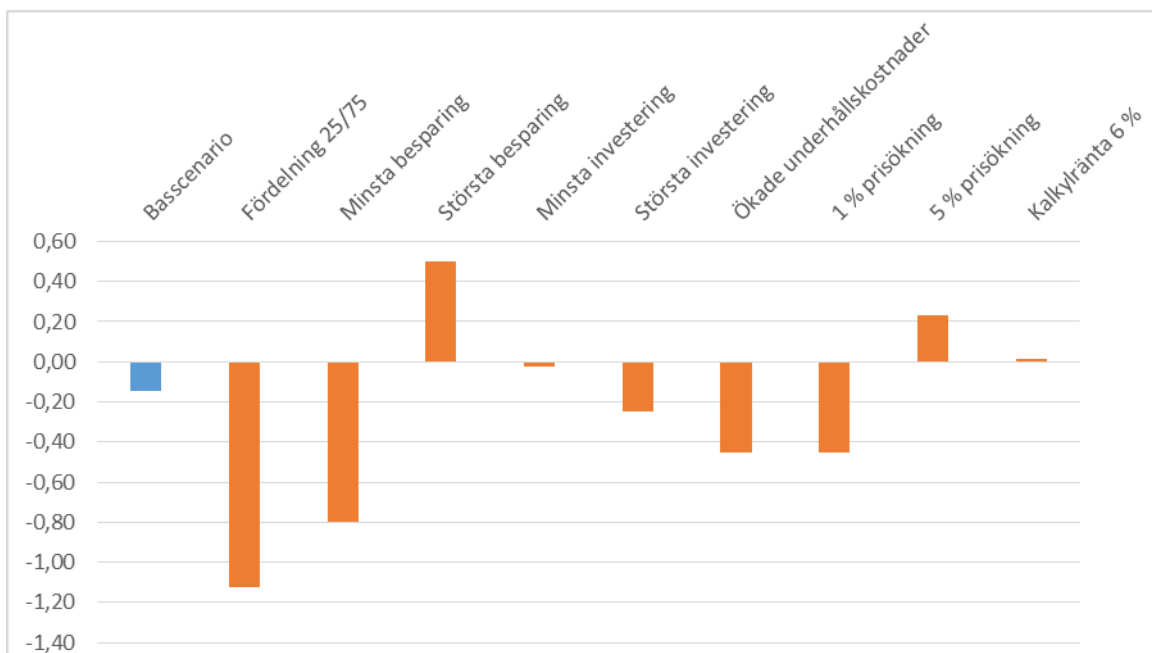
7.8 Sammanfattning av känslighetsanalysen

I detta kapitel sammanfattas resultaten av känslighetsanalysen för att lättare jämföra hur mycket variation av olika parametrar påverkar lönsamheten för investeringarna av IMD och FVD. I Figur 17 visas känslighetsanalysens resultat som nettonuvärdeskvoten för ett system med mätning av VV+VS. Systemet är lönsamt i basscenarioet samt i sex av nio fall där olika parametrar varierats. Den parameter som påverkade lönsamheten mest i känslighetsanalysen för VV+VS var storleken på energibesparingen.



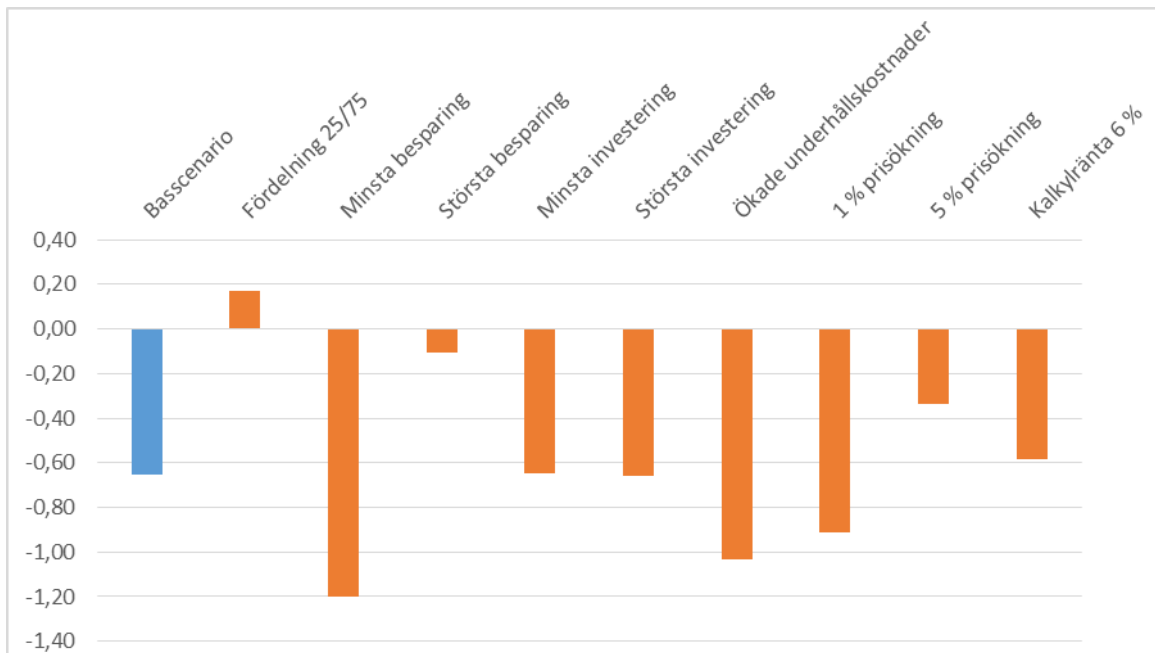
Figur 17. Sammanfattning av nettonuvärdeskvoten för alla varierade parametrar för VV+VS.

I Figur 18 visas en sammanfattning av känslighetsanalysen för ett system med mätning av VV. Systemet är inte lönsamt i basscenariot och är endast lönsamt i tre av nio fall i känslighetsanalysen. Den parameter i känslighetsanalysen som påverkar lönsamheten mest är fördelningen av varmvatten och värme.



Figur 18. Sammanfattning av nettonuvärdeskvoten för alla varierade parametrar för VV.

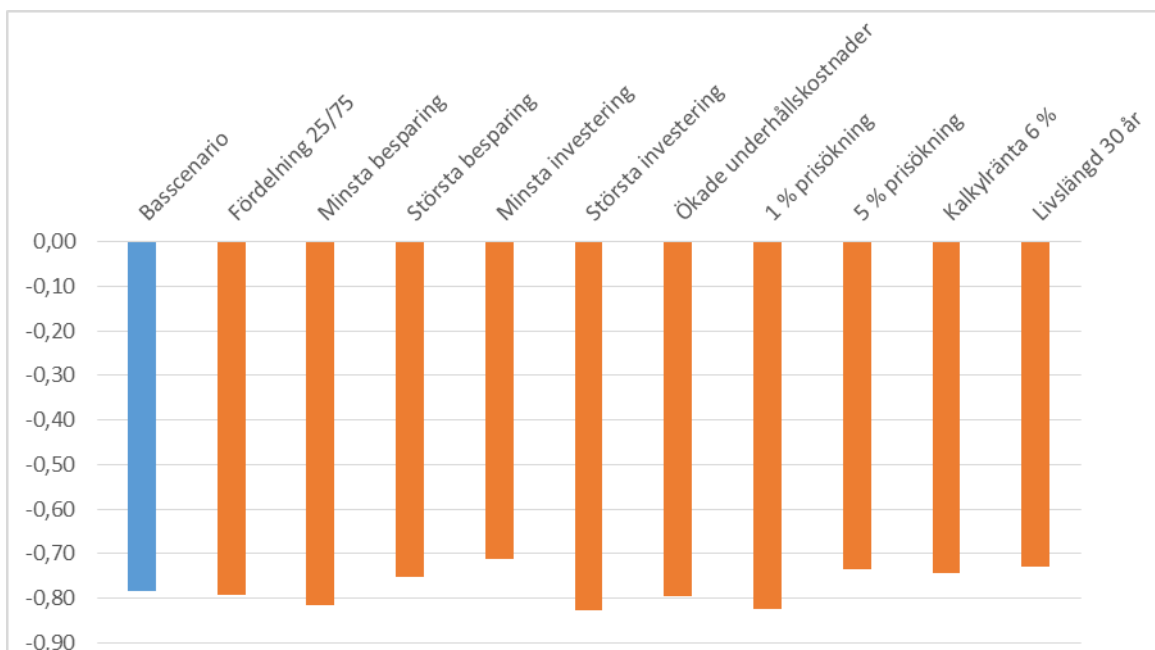
Vid känslighetsanalys av lönsamheten för en investering i ett system med VS var fördelningen av varmvatten och värme den parameter som påverkade lönsamheten mest. En investering i mätning av VS var bara lönsam i ett fall av nio. En sammanfattning av känslighetsanalysen för VS redovisas i Figur 19.



Figur 19. Sammanfattning av nettonuvärdeskvoten för alla varierade parametrar för VS.

Både för investering i ett system med enbart värme och i ett system med enbart varmvatten var det fördelningen av varmvatten/värme som var den parameter som påverkade lönsamheten mest. Eftersom osäkerheten för just denna parameter är så stor, resulterar detta i att det är svårt att säga något om den faktiska besparingspotentialen och därmed även lönsamheten i att införa individuell mätning och debitering för dessa två fall. För att minska denna osäkerhet i fjärrvärmefördelningen kunde en ny mätning av fördelningen gjorts.

Fjärrvärme Direkt var inte lönsamt i något fall i känslighetsanalysen. En sammanfattning av känslighetsanalysen för FVD visas i Figur 20. Den parameter som påverkade lönsamheten mest var investeringskostnaden.



Figur 20. Sammanfattning av nettonuvärdeskvoten för alla varierade parametrar för FVD.

I Figur 21 visas en sammanställning av känslighetsanalysen för samtliga parametrar (förutom livslängden för FVD) och investeringsalternativ.



Figur 21. Sammanfattning av nettonuvärdeskvoten för alla installationsalternativ samt för alla parametrar som varierats i känslighetsanalysen. VV+VS visas i blått, VV i orange, VS i grönt och FVD i gult där motsvarande punktade linjer i samma färg är värdet för basscenariot.

8 Diskussion

8.1 Felkällor

Det finns flera osäkerheter i den data över fjärrvärmeanvändningen som Landskronahem loggat. Eftersom mätvärden för många av timmarna på året saknades extrapolerades saknade mätvärden för att få ut fördelningen av varmvatten och värme. Detta innebär att det finns en felkälla i värdena för fjärrvärmeanvändningen. Denna felkälla antas dock inte ha en stor påverkan på resultatet eftersom den loggade energianvändningen blir mindre än den tillförda primärenergien även om det största värdet som fanns loggat användes som timmedelvärde för hela året när den årliga användningen beräknades.

Det kan finnas fler felkällor än fel i extrapoleringen av mätvärdena samt saknade mätvärden. Summan av den uppmätta fjärrvärmeanvändningen för VV, VS och VVC som Landskronahem uppmätt uppgår endast till knappt hälften av den fjärrvärmeenergi Landskrona Energi levererat. Detta tyder på att systemet har förluster på över 50 %, exklusive VVC-förlusterna, eller att finns ytterligare felkällor i den data som använts.

För att fördela fjärrvärmeanvändningen mellan de fem huskropparna har uppvärmd inomhusarea använts som fördelningsbas. Då det finns två olika hustyper kan det finnas en felkälla i hur stor fjärrvärmeanvändning som tilldelats typhuset Koppargården 13. En annan fördelningsbas hade kunnat ge ett annat resultat. En tänkbar fördelningsbas är antal boende per huskropp. Det finns dock osäkerheter i hur antalet boende per hus varierar, vilket kan vara svårt att beräkna då data från en längre tidsperiod används.

Fördelningen av fjärrvärme efter uppvärmd inomhusarea tar inte heller hänsyn till de olika byggnadernas energiprestanda, vilket skulle kunna vara ytterligare en felkälla.

8.2 Individuell mätning och debitering i nuvarande system

8.2.1 Resultatet från LCC

I resultatet av LCC-analysen för IMD ser man att lönsamheten för installation av IMD varierar avsevärt om man räknar med lägsta eller högsta energibesparingen. Detta innebär stora osäkerheter för den lönsamhet man kan räkna med vid en investering.

Det framgår även att fördelningen mellan varmvatten- och värmeanvändningen spelar en stor roll för vilken typ av investering som är lönsam. Därför bör fördelningen av fjärrvärmeanvändningen kartläggas med större säkerhet innan beslut om investering kan fattas.

8.2.2 Kostnadsberäkningar

De prisuppgifter för installation av IMD som har använts i kostnadsberäkningarna är främst hämtade från Joakim Pålsson på Techem/Branschföreningen för IMD, som ansåg att kostnaderna för installation möjligen kunde bli något lägre om det räknats på alla fem byggnader tack vare skalfördelar. Då uppgifterna främst kommer från en aktör finns dock vissa osäkerheter i hur bra dessa kostnader speglar den verkliga marknaden. Uppgifterna har kontrollerats mot uppgifter från en rapport av Boverket där kostnader för installation av IMD undersöks. Kostnaderna som beräknats i denna LCC ligger i det intervall för kostnader som Boverket redovisat, om än i underkant vilket talar emot att kostnaderna skulle kunna bli något lägre som Joakim Pålsson ansåg. Då installationskostnaderna för IMD i denna LCC ligger i underkant av Boverkets uppskattning kan det anses lika troligt att kostnaderna för grundinvesteringen blir något högre än uppskattat.

8.3 Fjärrvärme Direkt

8.3.1 Resultatet från LCC

Det direkta resultatet från LCC-analysen är att en så omfattande investering som Fjärrvärme Direkt inte uppvisar lönsamhet, vilket beror på stora initiala kostnader i förhållande till den energibesparingspotential som finns för fjärrvärmeförsörjningen. Det som fortfarande gör Fjärrvärme

Direkt intressant, trots resultatet, är att Fjärrvärme Direkt inte bara är en investering i IMD utan en investering i ett helt nytt system för värme- och tappvattenförsörjningen. I dagsläget finns inget behov av att byta ut det befintliga systemet, men om ca 10 år behöver troligen den nuvarande fjärrvärmecentralen bytas ut. Då kommer valet stå mellan att investera i ett nytt likande system eller att förnya systemet på andra sätt. Fördelarna med Fjärrvärme Direkt kan då ställas mot en konventionell fjärrvärmecentral. Med de energibesparingar som IMD kan medföra och det faktum att VVC-förlusterna i det nuvarande systemet är så pass höga kan det innebära att Fjärrvärme Direkt blir en mer lönsam investering.

Att överväga Fjärrvärme Direkt och IMD blir mer intressant då EU med energieffektiviseringsdirektivet ställer krav på IMD vid större renoveringar och ombyggnad. Då kraven i Sverige i nuläget endast gäller då investeringen är kostnadseffektiv finns påtryckningar från EU om att kraven bör ställas hårdare, och EU-kommissionen har under våren 2014 kritiserat Sveriges sätt att instifta IMD i lag.

Installation av Fjärrvärme Direkt medför vissa svårigheter, som att radiatorsystem och tappvattenanslutning i lägenheterna behöver byggas om så de endast har en anslutningspunkt in i lägenheten. Det kan därför diskuteras om installation av FVD i samband med renovering av befintliga bostadshus, som inte är anpassade för FVD är lämpligt. Installation hade blivit betydligt lättare och mer kostnadseffektivt om bostadshuset på förhand varit anpassat för lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler.

Kostnaden för installation av Fjärrvärme Direkt på 86 241 kr/lägenhet kan jämföras med den kostnad på cirka 67 000 kr/lägenhet för en tidigare större renovering Landskronahem genomfört på Pilängen, som ligger i närheten av Koppargården och även det består av miljonprogramshus. Det innebär att kostnaden för installation av FVD på Koppargården skulle bli 30 % högre per lägenhet än kostnaden för ombyggnationen på Pilängen.

8.3.2 Kostnadsberäkningar

Vid kostnadsberäkningarna för systemet med Fjärrvärme Direkt har en del antaganden och uppskattningar fått göras. Särskilt svårt att bedöma var vilka förändringar av byggnaden som behövs samt kostnaden det innebär. För att minimera osäkerheten från ombyggnationer valdes en installationsmetod som undviker ombyggnation i så stor utsträckning som möjligt. Det är även möjligt att delar av det nuvarande systemet kan utnyttjas vid installation av Fjärrvärme Direkt, och därigenom minska kostnaderna för rörledningarna. Risker finns dock att den arbetskostnad som krävs för att förändra det gamla systemet så att det passar med Fjärrvärme Direkt gör att det inte medför någon direkt besparing.

8.3.3 VVC-förluster

I ett system med Fjärrvärme Direkt behövs inga VVC-slingor, vilket innebär att sekundärsystemet helt slipper de energiförluster som annars finns i VVC-slingan. Det bör dock nämnas att dessa förluster inte bara försvinner utan att de flyttas till primärsidan i fjärrvärmenätet. Eftersom Landskrona Energi tros ha rörledningar med lägre förluster än de rörledningar som tidigare fanns i sekundärfjärrvärmenätet hos Landskronahem bör en del energi dock kunna sparas. När förlusterna ligger på primärsidan istället för på sekundärsidan innebär det en kostnadsbesparing för de boende förutsatt att Landskrona Energi inte ökar kostnaden för fjärrvärmen eller anslutningen. Vanligtvis tillgodogörs husen delar av förlusterna från VVC-slingan under året som uppvärmning. Denna ”positiva” följd av värmeförlusterna erhålls även med Fjärrvärme Direkt, då förlusterna från fjärrvärmeprimärledningen som dragits in i huset istället tillgodogörs.

8.4 Rättvisaspekter

Individuell mätning och debitering av värme i flerbostadshus har blivit hårt kritiserat då värmen transporteras genom väggarna mellan lägenheterna. Det innebär att en mittlägenhet kan få stor del av

uppvärmningsbehovet från grannlägenheterna medan en hörnlägenhet istället får avkylning från ytterväggarna. Detta är ett problem som inte heller blir löst genom installation av Fjärrvärme Direkt.

För en bostadsrättslägenhet blir problemet inte lika betydande då priset på bostadsrätten kan komma att justeras med tanke på lägenhetens energibehov. För en hyreslägenhet däremot vill man att uppvärmningskostnaden ska vara lika för en given temperatur i två likadana lägenheter, dock skulle hyran kunna anpassas även för en hyresrätt. För att anpassa hyran för en hyresrätt på ett rättvist sätt behövs dock data för de olika lägenheternas specifika uppvärmningsbehov under en längre tidsperiod.

En investering i IMD eller Fjärrvärme Direkt innebär att fastighetsägaren inte längre får direkt utdelning på energibesparande åtgärder i byggnadens. Istället blir det de boende som får ta del av den ekonomiska nyttan. Det innebär att fastighetsägaren efter införande av IMD eller FVD får mindre incitament att investera i åtgärder som minskar fjärrvärmeanvändningen för byggnaden. Större åtgärder, som att installera energifönster med mera för att förbättra byggnadens klimatskal bör därför genomföras innan en investering i IMD eller FVD görs.

8.5 Allmänt om rapportens resultat

Då de investeringsalternativ som presenteras i rapporten är direkt anpassade för det typhus som valts ut på Koppargården i Landskrona kan resultatet inte generaliseras till flerbostadshus i allmänhet. Flerbostadshus inom miljonprogrammet är dock ofta byggda på ett väldigt tidstypiskt sätt och liknar ofta varandra. Därmed är det möjligt att delar av resultatet går att applicera på andra flerbostadshus av liknande karaktär från miljonprogrammet.

Resultatet från investeringsanalysen tyder på att det är svårt att genomföra en lönsam investering i IMD. Detta är ett resultat som stämmer väl överens med den utredning Boverket genomförde där de konstaterade att det inte ska vara krav på att installera IMD i något fall av renovering eller nybyggnation eftersom det fanns för få lönsamma fall.

9 Slutsatser

Syftet med arbetet var att undersöka möjligheterna för att med lönsamhet installera IMD eller FVD i de befintliga bostadshusen på Koppargården. Resultatet visar att det är tekniskt möjligt med installation i båda fallen. IMD kan vara lönsamt men beror mycket på t ex fördelningen av varmvatten och värme. I alla fall utom då fördelningen är 25/75 är en installation av både varmvatten- och värmemätning mest lönsam. Eftersom fördelningen 25/75 är en av de större möjliga felkällorna i rapporten är det dock svårt att ge en rekommendation för investering. Först bör en undersökning av den faktiska fördelningen av varmvatten och värme göras.

En investering i Fjärrvärme Direkt i de befintliga bostadshusen är olönsam om syftet med investeringen är att införa individuell mätning och debitering. Trots att VVC-förlusterna från sekundärsidan av nätet försvinner och fjärrvärmeanvändningen för varmvatten och värme minskar är investeringskostnaden för stor för att ge lönsamhet. Om syftet med installationen istället är att byta ut fjärrvärmesystemet på grund av renoveringsbehov kan FVD vara ett alternativ värt att undersöka vidare. Detsamma gäller vid nybyggnation vilket dock inte är relevant för Koppargården.

10 Fortsatta studier

Under arbetet med detta exjobb har några områden påträffats som kan studeras närmare. De presenteras här som förslag på fortsatta studier.

Det skulle vara intressant om energianvändningen för Koppargården 11, 13, 15, 17 och 19 undersöks vidare för att konstatera om förlusterna i systemet är så stora som mätvärdena antyder. Detta eftersom Landskronahems uppmätta fjärrvärmeanvändning endast är hälften så stor som den fjärrvärme Landskrona Energi debiterar.

Det kan även vara intressant att vidare studera fördelningen av fjärrvärmeanvändningen mellan varmvatten och värme. Detta blir intressant eftersom fördelningen skiljer sig avsevärt från den standardfördelning på 25/75 för VV/VS som Boverket rekommenderar vid energideklaration, och eftersom lönsamheten vid investering av de olika alternativen för IMD förändras då fördelningen ändras.

En annan aspekt som hade varit intressant att undersöka är värmegenomgången i väggarna i olika typer av bostadshus. Detta skulle kunna användas till att på ett bättre sätt hantera de problem som uppstår ur rättviseaspekter vid val av teknik för IMD av uppvärmning. För värmeanvändningen hade det också varit intressant att i ett hus (helst under byggnation eftersom det minskar installationskostnaderna) installera alla tre sätt att mäta värme på. Med hjälp av detta blir det mycket enkelt att jämföra de olika mät- och debiteringsmetoderna eftersom förutsättningarna är exakt samma då de tre olika metoderna finns i samma lägenheter. Det hade då också varit intressant att undersöka debiteringsmetoderna och se hur lika de är. Skiljer det sig ens något?

Referenser

- [1] Energimyndigheten, "Livscykelkostnad, LCC," Energimyndigheten, 29 mars 2011. [Online]. Tillgänglig: <https://www.energimyndigheten.se/Foretag/Energieffektivisering-i-foretag/Finansiering-och-inkop/Livscykelkostnad/>. [Använd 5 maj 2015].
- [2] Å. Lindborg, H. Klein, L. Lindekrantz, M. Schriever-Abeln, L. Stridh och C. Dahl, "Fördjupad översiktsplan Landskrona Tätort," Landskrona Stad, Landskrona, 2014.
- [3] E. European commission, "www.ec.europa.eu," European commission, 28 april 2015. [Online]. Tillgänglig: <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-directive>. [Använd 28 april 2015].
- [4] T. R. Per Holm, "www.sabo.se," SABO, februari 2014. [Online]. Tillgänglig: http://www.sabo.se/aktuellt/nyheter_s/2014/feb/Sidor/Lagf%C3%B6rslag-r%C3%B6rande-energieffektiviseringsdirektivet.aspx. [Använd 28 april 2015].
- [5] Wikells Byggberäkningar AB, Wikells Sektionsfakta -VVS, Växjö: Wikells Byggberäkningar AB, 2011.
- [6] S. W. Svend Frederiksen, District Heating and Cooling, Lund: Studentlitteratur AB, 2013.
- [7] Google, "Google Maps," Google, 2015. [Online]. Tillgänglig: <https://www.google.se/maps/@55.8910705,12.8505906,327m/data=!3m1!1e3>. [Använd 23 maj 2015].
- [8] G. Svensson, "Problem och möjligheter med individuell mätning och debitering av värme i flerbostadshus," 11 september 2012. [Online]. Tillgänglig: http://www.bebostad.se/wp-content/uploads/2013/08/Problem_och_mojligheter_med_individuell_matning_och_debitering_av_varme_i_flerbostadshus.pdf. [Använd 22 maj 2015].
- [9] Svenska Leverantörsföreningen för Individuell Mätning och Debitering, "Svenska Leverantörsföreningen för Individuell Mätning och Debitering," [Online]. Tillgänglig: http://www.limd.se/index.php?option=com_content&view=article&id=51&Itemid=61. [Använd 22 april 2015].
- [10] Boverket, "Individuell mätning och debitering vid ny- och ombyggnad," Boverket, Karlskrona, 2014.
- [11] Sveriges Riksdag, "Sveriges Riksdag," Miljö- och energidepartementet, 30 april 2014. [Online]. Tillgänglig: http://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/Lagar/Svenskforfattningssamling/Lag-2014267-om-energimatnin_sfs-2014-267/?bet=2014:267. [Använd 24 maj 2015].
- [12] Svensk Förening för Förbrukningsmätning av Energi, "Individuell mätning och debitering (IMD)," [Online]. Tillgänglig: <http://www.sffe.se/individuell-matning>. [Använd 7 maj 2015].
- [13] J. Pålsson, Intervjuperson, *COO/Technical Manager, Techem*. [Intervju]. 2 april 2015.
- [14] L. Nilsson, Intervjuperson, *Regionsansvarig KTC*. [Intervju]. 30 mars 2015.
- [15] S. Siggelsten, "Individuell mätning och debitering av energianvändning i flerbostadshus,"

Avdelningen för byggproduktion, Lunds Universitet, Lund, 2010.

- [16] N. Abrahamsson, ”Individuell mätning och debitering av värme i flerbostadshus - Svenska förutsättningar i jämförelse med erfarenheter från Tyskland och Danmark,” maj 2012. [Online]. Tillgänglig: file:///C:/Users/Linnea/Downloads/IMD_v%C3%A4rme_flerbostadshus%20%2526%20Tyskland%252c%20Danmark%20Niklas%20Abrahamsson%202012.pdf. [Använd 22 maj 2015].
- [17] K. Friskopp, S. Jonsson och B. Östlund, ”Slutrapport – Lägenhetsvisa Fjärrvärmecentraler (LFC),” Energimyndigheten, 2008.
- [18] T. Eriksson, Intervjuperson, *Teknisk säljare, Armatech AB*. [Intervju]. 21 maj 2015.
- [19] P. D. Jonathan Berk, Corporate Finance -second edition, Edinburgh Gate, Harlow: Pearson Education Limited, 2011.
- [20] S. Trad, ”svenskfjarrvarme.se,” Svensk Fjärrvärme, [Online]. Tillgänglig: <http://www.svenskfjarrvarme.se/Statistik--Pris/Fjarrvarmepriser/>. [Använd 20 maj 2015].
- [21] T. P. L. N. D. F. Katarina Abrahamsson, ”Uppvärmning i Sverige EI R2011:06,” Energimarknadsinspektionen, Eskilstuna, 2011.
- [22] Statistiska Centralbyrån, ”Konsumentprisindex,” Statistiska Centralbyrån, 12 maj 2015. [Online]. Tillgänglig: http://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Priser-och-konsumtion/Konsumentprisindex/Konsumentprisindex-KPI/33772/33779/Konsumentprisindex-KPI/272151/. [Använd 31 maj 2015].
- [23] Energimarknadsinspektionen, ”Elpriskollen,” Energimarknadsinspektionen, 31 maj 2015. [Online]. Tillgänglig: <http://www.ei.se/sv/elpriskollen/avtal/?postnr=26143&forbrukning=2000&fakturatyp=1&reduceradelskatt=False&miljoavtal=False>. [Använd 31 maj 2015].

Bilaga A

Rördimensioner i Nuvarande system

Rördimensioner för stammar i det nuvarande värme- och vattensystemet på Koppargården 13 redovisas i Tabell 25.

Tabell 25 Specifikation för rörledningar i stammar på Koppargården 13.

Plan	KV	VV	VVC	Avlopp
3	20	20	16	110
2	20	20	16	110
BV	25	25	16	110
K	25	25	16	110

I Tabell 26 redovisas dimensioner för de rörledningar som ingår i sekundärsystemets huvudledningar på Koppargården 13. Sekundärsystemet är uppdelat i två delar som båda går att avläsa ur tabellen.

Tabell 26. Dimensioner för rörledningar i källarplan på KG 13.

Rörledning	Dimensioner för KG 13 (mm)	Dimensioner rör från KG 11 till KG 15-19 (mm)
VVC	25	
VVC2		42 (VV-ledning av kopparrör styva, SMS 1890, SERIE 2)
VV	50	
VV2		54 (VV-ledning av kopparrör styva, SMS 18890, SERIE 2)
KV	50	
KV1		75x6,8 (KV-ledning av PEM-rör PN10)
KV2		(KV-ledning av kopparrör styva, SMS 18890, SERIE 2)
HV/VS	76/65 vid 11/ 13 (v. rör, stål DN 10-50, SMS 1786 eller 1886 DN 65 och större)	(104/114) - (88) / (fr.11) - (till 15)

Kostnader för implementering av Fjärrvärme Direkt

Schablonkostnadsberäkningar för VVS installationer har genomförts med hjälp av Wikells Sektionsfakta för VVS installationer 2011/2012 som underlag. I enighet med Wikells har den arbetskostnad som används vid beräkningarna uppskattas till 139 kr/h samt omkostnadspålägg på 294 % på arbetslönen. Ur Wikells har även prisuppskattningar för material och uppskattad arbetstid för att utföra olika arbeten hämtats. En översikt av de olika kostnader som uppstår i samband med installation av Fjärrvärme Direkt visas i Tabell 27.

Tabell 27. Översikt av schablonkostnadsberäkningar (finns även med i rapporten)

<i>Värmeväxlare</i>	Antal (st)	Kostnad (kr/st)	Kost. arb.	Inkl
<i>Alfa Laval Micro RTC</i>	18	9 500		351 000
<i>Alfa Laval Mini ECO</i>	1	15 000		25 000
		Tot		376 000
<i>Primärledning Fjärrvärme</i>	Längd (m)	Kostnad (kr/m)	Kost. arb.	Inkl
<i>Takupphängd värmeledning</i>	50	1 508		75 390
<i>Stamledning värmeledning</i>	108	838		90 537
		Tot		165 927
<i>Kallvattenanslutning</i>	Längd (m)	Kostnad (kr/m)	Kost. arb.	Inkl
<i>Takupphängd värmeledning</i>	50	1 112		55 579
<i>Stamledning värmeledning</i>	108	599		64 745
		Tot		120 323
<i>Radiatorsystem/lägenhet</i>	Antal	Kostnad (kr/st)	Kost. arb.	Inkl
<i>Kök</i>	1	1 973		2 548
<i>Badrum</i>	1	1 203		1 778
<i>Hall/entré</i>	1	1 546		2 121
<i>Sovrum</i>	2	2 365		5 879
<i>Vardagsrum</i>	2	2 568		6 285
<i>Rörledningar (m)</i>	51	108		20 022
		Tot, lägenhet		38 634
		Tot, byggnad		695 412
<i>Tappvatten/lägenhet</i>	Längd (m)	Kostnad (kr/m)	Kost. arb.	Inkl
<i>Varm- och kallvattenrör</i>	10	411		4 115
		Tot, lägenhet		4 115
		Tot, byggnad		74 070
<i>Övriga lokaler och trapphus</i>	Längd (m)	Kostnad (kr/m)	Kost. arb.	Inkl
<i>Värmesystem</i>				87 677
<i>Tappvatten</i>				32 924
		Tot, byggnad		120 601
		Tot, lägenhet		6 700
<i>Total kostnad för investering:</i>				1 552 346
<i>Total kostnad/lägenhet:</i>				86 241

Något mer detaljerade indata för kostnadsberäkningar för Fjärrvärme Direkt visas i Tabell 28, Tabell 29, Tabell 30 och Tabell 31.

Tabell 28. Schablonberäkningar för tillopp och retur av fjärrvärme

Huvudledning Fjärrvärme

Komponent (1m, till. och ret.)	Kostnad (kr/m)	Längd(m)	Arbetstid (h/m)	Total kostnad
<i>Tak förl. Rörledning, elförzinkad 42x1,5 mm</i>	343	50	0,64	34 675
<i>Dy42 skål + mnstrp ser 2A</i>	582,24	50	UE	30 859
<i>Dy42 skål + mnstrp ser 2A detalj</i>	185,96	50	UE	9 856
			Total kostnad:	75 390
<i>Stammedning Fjärrvärme</i>				
Komponent (1m, till. och ret.)	Kostnad (kr/m)	Längd(m)	Arbetstid (h/m)	Total kostnad
<i>Stammedning, elförzinkad 22x1,5 mm</i>	167,86	108	0,46	45 337
<i>Dy 22 skål ser 2A</i>	345,8	108	UE	39 587
<i>Dy 22 skål ser 2A detalj</i>	49,04	108	UE	5 614
			Total kostnad:	90 538

Tabell 29. Schablonberäkning för kallvattenanslutning till fjärrvärmecentraler

Kallvattenanslutning, huvudledning

Komponent (1m)	Kostnad (kr/m)	Längd(m)	Arbetstid (h/m)	Total kostnad
<i>Takförlagd kopparledning 54x1,5 mm</i>	526,4	50	0,35	35 904
<i>Dy54 skål ser 2A</i>	337,01	50	UE	17 862
<i>Dy54 skål ser 2A detalj</i>	34,21	50	UE	1 813
			Total kostnad:	55 579
<i>Kallvattenanslutning, stam</i>				
Komponent (1m)	Kostnad (kr/m)	Längd(m)	Arbetstid (h/m)	Total kostnad
<i>Stammedning, kopparrör 28x1,2 mm</i>	229,46	108	0,28	41 343
<i>Dy28 skål ser 2A</i>	179,9	108	UE	20 595
<i>Dy28 skål ser 2A detalj</i>	24,52	108	UE	2 807
			Total kostnad:	64 745

Tabell 30. Schablonberäkningar per lägenhet för radiatorsystem och tappvattenanslutning i lägenheten.

Radiatorsystem

Komponent	Kostnad (kr)	Antal (st) / Längd(m)	Arbetstid (h/st)/(h/m)	Total kostnad
<i>Radiator TP22– 510 med termostatventil</i>	1 973,3	1	1,05	2 548
<i>Radiator TP11– 510 med termostatventil</i>	1 203,3	1	1,05	1 778
<i>Radiator TP11– 516 med termostatventil</i>	1 546,3	1	1,05	2 121
<i>Radiator PC22– 5014 med termostatventil</i>	2 364,6	2	1,05	5 879
<i>Radiator PC22– 5016 med termostatventil</i>	2 567,6	2	1,05	6 285
<i>Väggförlagd rörledning, elförzinkad 12x1,2 mm</i>	107,8	51	0,52	20 022
			Total kostnad:	38 634
<i>Tappvattenanslutning i lägenhet</i>				
Komponent	Kostnad (kr)	Antal (st) / Längd(m)	Arbetstid (h/st)/(h/m)	Total kostnad
<i>Väggförlagd rörledning, koppar 12x1,0 mm</i>	74,9	10	0,25	2 118
<i>Dy12 skål ser 2A</i>	163,9	10	UE	1 737
<i>Dy12 skål ser 2A detalj</i>	24,52	10	UE	260
			Total kostnad:	4 115

Tabell 31. Schablonberäkningar för värme- och vattenförsörjning till källarlokalerna och trapphus

Komponent (1m, till. och ret.)	Kostnad (kr/m)	Längd(m)	Arbetstid (h/m)	Total kostnad
<i>Väggförlagd rörledning, elförzinkad 18x1,2 mm</i>	133,96	50	0,52	20 937
<i>Väggförlagd rörledning, elförzinkad 12x1,2 mm</i>	107,8	170	0,52	66 739
<i>Väggförlagd rörledning, koppar 12x1,0 mm</i>	74,9	80	0,25	16 945
<i>Dy12 skål ser 2A</i>	163,9	80	UE	13 899
<i>Dy12 skål ser 2A detalj</i>	24,52	80	UE	2 079
			Total kostnad:	120 600