

Värmedrivna vitvaror

Utvärdering ur ett tekniskt, ekonomiskt, klimat- och kundperspektiv med fokus på den hållbara stadsdelen Solbjer i Lund

Alma Hess
Sara Kralmark

Examensarbete på masternivå

Avdelning för Energihushållning
Institutionen för Energivetenskaper
Lunds Tekniska Högskola, LTH
Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund
Sverige



Värmedrivna vitvaror

Utvärdering ur ett tekniskt, ekonomiskt, klimat- och kundperspektiv
med fokus på den hållbara stadsdelen Solbjer i Lund

Arbete utfört på uppdrag av Lunds Energikoncernen AB

Alma Hess
Sara Kralmark

Juni 2013

Föreliggande examensarbete har genomförts vid avdelningen för Energihushållning, institutionen för Energivetenskaper, Lunds Universitet - LTH samt vid Lunds Energikoncernen AB Lund.Handledare på Lunds Energikoncernen AB: Liisa Fransson; handledare på LU-LTH: doktor Patrick Lauenburg; examinator på LU-LTH: professor Jurek Pyrko.

Examensarbete

ISRN LUTMDN/TMHP--13/5279—SE

ISSN 0282-1990

© 2013 Alma Hess och Sara Kralmark samt Energivetenskaper

Energihushållning

Institutionen för Energivetenskaper

Lunds Universitet - Lunds Tekniska Högskola

Box 118, 221 00 Lund

www.ees.energy.lth.se

Sammanfattning

Denna rapport syftar till att undersöka och utvärdera värmedrivna vitvaror ur ett tekniskt, ekonomiskt, kund- och klimatperspektiv. I värmedrivna vitvaror har värmeväxlare integrerats, vilket gör att en del av den elenergi som maskinerna kräver kan bytas ut mot värmeenergi. Lunds Energikoncernen har ett intresse av att veta hur stor elenergiminskning de värmedrivna vitvarorna kan bidra till i den planerade stadsdelen Solbjer på Brunnsberg i norra Lund.

Under arbetets gång har en litteraturstudie samt beräkningar genomförts. Beräkningarna har bland annat innefattat de värmedrivna vitvarornas livscykelkostnader, klimatpåverkan, återbetalningstider, potentiella elenergiminskning på Solbjer och påverkan på energianvändningen i byggnader. Även ett omfattande intervjuarbete har genomförts med de byggherrar som är aktuella på Solbjer. Rapporten har också kommit att innefatta vitvaror som drivs på tappvarmvatten eller både tappvarm- och tappkallvatten, så kallade tappvattenanslutna vitvaror. Till skillnad från värmedrivna vitvaror, där återuppvärmningen av processmediet sker med värmevatten, sker återuppvärmningen i tappvattenanslutna vitvaror med elenergi. Detta medför att elenergiminskningen oftast är mindre i tappvattenanslutna vitvaror jämfört med värmedrivna.

För att de värmedrivna vitvarorna ska få tillgång till värmevatten måste en värmevattenkrets dras från en undercentral. I och med detta har två systemlösningar undersökts: Separat Vitvarukretsmodellen och Västeråsmodellen. Kortast återbetalningstider ger Västeråsmodellen, men ur ett livscykelperspektiv på 30 år är Separat Vitvarukretsmodellen mest fördelaktig. Beräkningar visar att de värmedrivna vitvarorna kan bidra till en elenergiminskning på cirka 550 MWh på Solbjer, motsvarande 10 % av områdets totala energianvändning. Klimatpåverkan från områdets vitvaror, mätt i koldioxidutsläpp, minskar samtidigt med 50-80 %. I faktiska kilowattimmar är värmelastökningen på Solbjer samma som elenergiminskningen men den procentuella ökningen är 20 %. 550 MWh motsvarar även cirka 30 % av Brunnsbergs tillgång på förnybar energi (vilken i bästa fall har uppskattats till 2 GWh). Till denna slutsats bör det påpekas att Solbjer endast är en av flera byggetapper på Brunnsberg där de värmedrivna vitvarorna skulle kunna installeras. Alternativet tappvattenanslutna vitvaror beräknas kunna bidra till en elenergiminskning motsvarande cirka 3,5 % av Solbjers totala energianvändning. Byggherrarna på Solbjer anser att tekniken är intressant men att ekonomiska aspekter väger tyngre än klimataspekter.

Intresset för värmedrivna vitvaror kan ökas genom att tillverkaren Asko marknadsför sig bättre till byggherrar. Vitvarorna kan även behöva gynnas genom exempelvis kommunala särkrav och i energimärknings- eller miljöcertifieringssystem. I Boverkets regler för beräkning av byggnaders energianvändning inkluderas inte hushållsel men däremot all värmeenergi. Skiftet från elenergi till värmeenergi i vitvarorna medför på grund av detta en ökad energianvändning. Boverket bör därför uppvaktas för en regeländring.

Nyckelord: Byggherrar, elenergiminskning, fjärrvärme, hållbar stadsutveckling, systemlösningar, tappvattenanslutna vitvaror, värmedrivna vitvaror, värmelastökning.

Abstract

The aim of this report is to examine and evaluate heat-fed appliances from a technical, economic, customer and climate perspective. Inside heat-fed appliances heat exchangers have been integrated, allowing a portion of the electricity that the machines require to be exchanged to heat energy. Lunds Energikoncernen has an interest in knowing to which extent the use of electrical energy can be reduced by using heat-fed appliances in the planned neighborhood Solbjer on Brunnshög in northern Lund.

This project consisted of two parts: a literature study followed by calculations for heat-fed appliances, including life cycle costs, climate impact, payback time, potential electrical energy reduction in Solbjer and impact on energy use in buildings. In addition, extensive interviews have been made with potential constructors in Solbjer. The study also includes appliances run on hot tap water or hot and cold tap water, i.e. tap water connected appliances. Unlike heat-fed appliances, where the reheating of the process medium is done in the heat exchangers with heating water, the reheating in tap water connected appliances is done with electricity. This means that the electrical energy reduction usually is smaller in tap water connected appliances than in heat-fed appliances.

Since the heat-fed appliances need to have access to heating water, a hot water circuit must be drawn from a sub-station. As a result of this, the two systems “Separat Vitvarukretsmodellen” and “Västeråsmodellen” have been examined. “Västeråsmodellen” has the shortest payback time, but from a life cycle perspective of 30 years “Separat Vitvarukretsmodellen” is the most beneficial system. Calculations show that use of heat-fed appliances in Solbjer can contribute to an electrical energy reduction of about 550 MWh, which corresponds to 10% of Solbjer’s total electricity use. Furthermore, by installing heat-fed appliances in Solbjer, the climate impact can be reduced by about 50-80% measured in carbon dioxide emissions. Given in actual kilowatt-hours, the heat load increase is as large as the electrical energy reduction. However, given in percentages the heat load is increased by 20%. 550 MWh also correspond to about 30% of Brunnshög’s supply of renewable energy (which, in the best scenario, is estimated to 2 GWh), which is a percentage given that Solbjer is the first of several construction phases in Brunnshög where the heat-fed appliances could be installed. Tap water connected appliances are expected to contribute to an electrical energy reduction corresponding to 3.5% of Solbjer’s total electricity use. The constructors in Solbjer find the technology interesting but also state that economic considerations outweigh climatic aspects.

The interest in heat-fed appliances can be increased if the manufacturer Asko markets itself to constructors in a more extensive way. Appliances may also need to be promoted by other actions, for example special municipal requirements, in energy-labeling and environmental certification systems. The rules for calculating a building's energy use, decided by The Swedish National Board of Housing, Building and Planning (Boverket), do not include domestic electricity but all heat energy. Because of this, the shift from electrical energy to heat energy in heat-fed appliances increases the energy consumption. Boverket should therefore be attended for a change of rules.

Key words: Constructors, district heating, electrical energy reduction, heat-fed appliances, heat load, sustainable city development, system solution, tap water connected appliances.

Förord

Denna studie är ett examensarbete omfattande 60 högskolepoäng (hp), fördelat på 30 hp per författare, utfört vid Lunds Universitet - Lunds Tekniska Högskola (LTH), på Institutionen för Energivetenskaper under våren år 2013. Arbetet utgör den avslutande delen på författarnas civilingenjörsutbildningar i Ekosystemteknik med specialisering inom energisystem omfattande vardera 300 hp. Arbetet har utförts på uppdrag av Lunds Energikoncernen AB. Patrick Lauenburg från LTH samt Liisa Fransson från Lunds Energikoncernen har varit handledare.

Härmed riktas ett stort tack till Patrick Lauenburg och Liisa Fransson för fantastiskt stöd, bra kommunikation och värdefulla kommentarer under projektiden. Även Maria Pettersson från Lunds Energikoncernen tackas särskilt då hon tillhandahållit information, gett uppmuntran och feedback.

Ett stort tack riktas även till följande:

Pehr Bohman på Asko Appliances AB som vid ett flertal tillfällen har lagt ner mycket tid på att förklara och leta upp nödvändig information om de värmedrivna vitvarorna.

Kjell Andersson på Mälarenergi AB som även han har svarat på frågor angående de värmedrivna vitvarorna och deras systemlösningar.

Joel Larsson på VCON som har gjort en utförlig studie vilken utgjort en grund till många av beräkningarna i denna rapport.

Till de byggherrar som har ställt upp på intervjuer.

Till alla på Lunds Energikoncernen AB som under arbetets gång har bistått med information och vägledning.

Samt till alla andra som har hjälpt oss med frågor och funderingar.

Lund, 2013-06-13

Alma Hess och Sara Kralmark

Innehållsförteckning

| | |
|--|----|
| 1. Inledning | 1 |
| 1.1 Problemformulering..... | 1 |
| 1.2 Syfte..... | 1 |
| 1.3 Metod | 2 |
| 1.4 Avgränsningar..... | 2 |
| 1.5 Disposition | 2 |
| 1.6 Ordlista..... | 3 |
| 2. Bakgrund | 5 |
| 2.1 Fjärrvärme | 5 |
| 2.2 Brunnsberg/Lund Northeast | 5 |
| 2.2.1 Solbjer..... | 6 |
| 2.2.2 ESS och MAX IV..... | 7 |
| 2.2.3 Markanvisningar..... | 7 |
| 2.2.4 Mål och åtgärder | 8 |
| 2.3 Kunskapsläge värmedrivna vitvaror | 9 |
| 2.3.1 Fjärrsynprojekt | 10 |
| 2.3.2 Senare projekt | 11 |
| 2.3.3 Asko Appliances AB | 11 |
| 3. Teknik | 13 |
| 3.1 Konventionellt eldrivna vitvaror | 13 |
| 3.1.1 Konventionellt eldriven diskmaskin och tvättmaskin | 13 |
| 3.1.2 Konventionellt eldriven torktumlare..... | 13 |
| 3.2 Tappvarmvattenanslutna och dubbelt tappvattenanslutna vitvaror | 14 |
| 3.2.1 Elenergi- och värmeenergibehov i tappvattenanslutna maskiner | 15 |
| 3.3 Värmedrivna vitvaror..... | 15 |
| 3.3.1 HWC-disk- och tvättmaskin | 16 |
| 3.3.2 HWC-torktumlare | 17 |
| 3.3.3 HWC-torkskåp..... | 18 |
| 3.3.4 Elenergi- och värmeenergibehov i HWC-maskiner..... | 19 |
| 3.3.5 Prisuppgifter | 20 |
| 3.3.6 Programtabeller..... | 21 |
| 3.3.7 Jämförelse tappvattenanslutna och värmedrivna vitvaror | 28 |
| 3.4 Systemlösningar | 28 |

| | |
|--|----|
| 3.4.1 Separat Vitvarukretsmodellen | 28 |
| 3.4.2 Västeråsmodellen | 28 |
| 3.4.3 Gemensam tvättstuga | 29 |
| 4. Beräkningar | 31 |
| 4.1 Energipriser | 31 |
| 4.1.1 Fjärrvärmepris | 31 |
| 4.1.2 Elpris | 31 |
| 4.2 Excelberäkningar Solbjer..... | 33 |
| 4.2.1 Antaganden | 33 |
| 4.2.2 Diskmaskiner på Solbjer..... | 34 |
| 4.2.3 Tvättmaskiner på Solbjer..... | 35 |
| 4.2.4 Torktumlare och torkskåp på Solbjer..... | 36 |
| 4.2.5 Total elenergiminuskning/värmelastökning på Solbjer..... | 37 |
| 4.3 Systemlösningskostnader enligt VCON-studie | 39 |
| 4.4 Känslighetsanalys av VCON-studie..... | 42 |
| 4.4.1 Återbetalningstider | 43 |
| 4.4.2 Livscykelkostnader | 45 |
| 4.4.3 Klimatpåverkan..... | 49 |
| 4.5 Energianvändning enligt Boverket | 51 |
| 5. Marknadsanalys..... | 53 |
| 5.1 Lunds Kommuns Fastighets AB (LKF)..... | 53 |
| 5.2 Intervjuade Byggherrar..... | 54 |
| 5.3 Tillvägagångssätt intervjuer | 54 |
| 5.4 Intervjuresultat..... | 55 |
| 5.4.1 Byggherrarnas vitvaror | 55 |
| 5.4.2 Ny teknik och systemlösningar | 56 |
| 5.4.3 Kostnader och garantitid | 57 |
| 5.4.4 Beslutsprocessen | 57 |
| 5.4.5 Klimataspekter | 58 |
| 5.4.6 Marknadsaspekter..... | 59 |
| 5.4.7 Kundaspekter..... | 59 |
| 6. Diskussion | 61 |
| 6.1 Elenergiminuskning och klimatpåverkan | 61 |
| 6.2 Energibolags- och byggherreperspektiv..... | 62 |

| | |
|--|----|
| 6.3 Framledningstemperaturer och tappvattenanslutna vitvaror | 64 |
| 6.4 Systemlösningar | 65 |
| 6.5 Förslag på vidare undersökningar..... | 67 |
| 6.6 Slutsatser..... | 69 |
| 7. Referenser..... | 71 |
| A. Bilaga | 77 |
| B. Bilaga | 81 |
| C. Bilaga | 83 |
| D. Bilaga..... | 97 |

1. Inledning

I detta avsnitt beskrivs rapportens problemformulering, syfte, metod, avgränsningar och disposition. Sist i kapitlet finns förklaringar över vissa ord som förekommer i rapporten.

1.1 Problemformulering

Trots att antalet fjärrvärmekunder ökar i Sverige, ökar inte värmeförsäljningen. Husen som byggs blir mer och mer energisnåla och de låga effektuttag som följer därav leder till höga returtemperaturer och ökade värmeförluster i fjärrvärmenäten. Förändringarna gör att det blir svårare att få lönsamhet i att dra fjärrvärme till nya bostadsområden och branschen måste utveckla ny teknik som ökar värmelasten och säkerställer effektuttagen från fjärrvärmenäten. [1]

Ett sätt att komma runt problemet kan vara att konvertera eldrivna apparater och installationer i husen till värmedrift. Bland annat kan värmedrivna vitvaror användas, vitvaror där uppvärmning av processmediet sköts med värmevatten som cirkulerar i en inbyggd värmeväxlare istället för med elenergi. Tekniken är relativt ny och har inte kommersialiserats i någon vidare utsträckning ännu.

Ett ökat behov av fjärrvärme kan anses vara hållbart både ur ett samhällsekonomiskt och miljömässigt perspektiv eftersom tekniken använder lokala bränsle- eller värmeresurser som annars skulle gå till spillo. Att ta hand om lågvärdig energi på det sätt som fjärrvärme gör öppnar möjligheter för att öka stadsdelars hållbarhet.

Lunds Energikoncernen AB har, som en del av sitt hållbarhetsarbete, ett intresse av att utreda hur användandet av värmedrivna vitvaror kan komma företaget såväl som miljön till fördel. En av de stora utmaningarna är att skapa goda förutsättningar för fjärrvärmen i nya områden där värmebehovet är lågt, bland annat i bostadsområdet Solbjer som ska byggas i stadsdelen Brunnsög i norra Lund. Ett sätt att öka fjärrvärmebehovet i detta område, samt minska elenergibehovet och klimatpåverkan, tros vara att installera värmedrivna vitvaror.

1.2 Syfte

Syftet med denna rapport är att, utifrån tillgänglig teknik, utvärdera användning och installation av värmedrivna vitvaror på Solbjer utifrån ett:

- Tekniskt perspektiv
- Ekonomiskt perspektiv
- Klimatperspektiv
- Kundperspektiv

Baserat på detta utreds även vägar att skapa goda förutsättningar för värmedrivna vitvaror på Solbjer.

1.3 Metod

- Tidigare undersökningar och erfarenheter: Rapporter, artiklar, bruks- och installationsanvisningar med mera granskas med fokus på identifiering av tillgänglig teknik och försöksresultat.
- Vitvaror på marknaden: Utvecklare och producenter av vitvaror kontaktas med fokus på identifiering av tillgängliga prototyper och modeller av vitvaror, samt kostnadsuppgifter.
- Systemlösningar: Utvecklare, producenter, bostadsbolag och energibolag kontaktas med fokus på identifiering av möjliga systemlösningar för installation och drift av värmedrivna vitvaror.
- Beräkningsverktyg: Verktyg i kalkylprogrammet Excel utvecklas för beräkning av den potentiella elenergiminskningen, vilken i faktiska kilowattimmar är samma som den potentiella värmelastökningen, som kan uppnås via värmedrivna vitvaror i nya bostadsområden.
- Vitvarornas lönsamhet: Vitvarornas lönsamhet utreds utifrån ett ekonomiskt, försäljnings- och klimatperspektiv genom beräkningar av livscykelkostnader, återbetalningstider, klimatpåverkan och påverkan på energianvändningen enligt Boverkets regler.
- Marknadsundersökningar: Byggherrar på Solbjer intervjuas för att kartlägga kunskaps- och intresseläget kring värmedrivna vitvaror.

1.4 Avgränsningar

Denna rapport avser att utvärdera möjligheter för värmedrivna vitvaror baserat på dagens tillgängliga teknik, inte att utveckla ny. Inga egna grundläggande beräkningar görs vid utvärdering av möjliga systemlösningar, däremot görs en känslighetsanalys på en redan befintlig rapport som gjorts av teknikkonsultföretaget VCON.

Syftet med denna rapport är bland annat att utvärdera de värmedrivna vitvarorna ur ett ”kundperspektiv”. Detta perspektiv rymmer både byggherrar och deras kunder, men denna rapport avgränsar sig till att endast innefatta byggherrar. Endast sju av de tio aktuella byggherrarna på Solbjer intervjuas, se kapitel 5.2 för anledning till detta.

I ett sent skede av rapportskrivandet, efter alla intervjuer med byggherrarna, inkom nya uppgifter om priset på de aktuella vitvarorna. Trots detta har inga kompletterande intervjuer gjorts.

1.5 Disposition

Rapporten består av fem delar. Den första delen, kapitel 2-3, är teoretisk och inleds med en presentation av Brunnsbäck och kunskapsläget kring värmedrivna vitvaror. Därefter följer en teknikbeskrivning av konventionellt eldrivna vitvaror, tappvattenanslutna vitvaror och värmedrivna vitvaror. De värmedrivna vitvarorna beskrivs särskilt ingående. Den andra delen av rapporten återfinns i kapitel 4 och består till största delen av beräkningar. Beräkningarna involverar vitvarornas – och tillhörande systemlösningars – installationskostnader och klimatpåverkan. I kapitlet görs även beräkningar av vitvarornas påverkan på Solbjers totala energianvändning. Rapportens tredje del utgörs av en marknadsanalys som ryms i kapitel 5. Marknadsanalysen innefattar en presentation av sju byggherrar som är aktuella för byggnation på Solbjer, samt de resultat som erhållits vid intervjuer med dessa. Rapportens femte och avslutande del, kapitel 6, består av en diskussion i vilken tekniken, beräkningsresultaten och marknadsanalysen analyseras. Kapitlet avslutas med några kortfattade slutsatser och rekommendationer.

Varje huvudkapitel i rapporten inleds med en kursiverad text som sammanfattar vad kapitlet handlar om.

1.6 Ordlista

| | |
|---|--|
| BBR | Boverkets byggregler [2]. |
| BOA/Bostadsarea | En bostads hyresgrundande bruksarea [3]. |
| BTA/Bruttototalarea | Begränsas av en bostads omslutande byggnadsdelars utsida och omfattar även källare och inredd vind [4, 5]. |
| Cykel diskmaskin | En fullständig process med diskning, sköljning och torkning enligt det valda programmet [6]. |
| Cykel torktumlare | En fullständig torkkomgång enligt det valda programmet [7]. |
| Cykel tvättmaskin | En fullständig process med tvättning, sköljning och centrifugering enligt det valda programmet [8]. |
| Dubbelt tappvatten-anslutna vitvaror | Vitvaror anslutna till både kallt och varmt tappvatten. |
| Elmix | Fördelning mellan olika kraftslag i elproduktionen. Olika kraftslag har olika emissionsfaktorer och elmixen beskriver ett genomsnitt av utsläppen från den elenergi som produceras. Genomsnittet är beroende av rådande förhållanden och varierar från år till år. [9] |
| Fastighetsenergi | Den elenergi (eller annan energi) som används för att driva de centrala systemen i byggnaden som krävs för att byggnaden ska kunna användas på avsett sätt. |
| Klimatpåverkan | Påverkan på klimatet angiven i koldioxidutsläpp. |
| Processmedium | Det medium (vatten eller luft) som tvättmaskiner, diskmaskiner, torktumlare och torkskåp använder för att göra rent/torka tvätten eller disken. |
| Residualmix | En elmix som består av den elenergi som ”blir över” när all el som spårats med hjälp av ursprungsgarantier räknats bort. [10] |
| Shuntventil | En slags ventil som används för att reglera vattenflödet genom exempelvis radiatorer. |
| Tappvarmvatten-anslutna vitvaror | Vitvaror anslutna till enbart varmt tappvatten. |
| Verksamhetsel | Den elenergi (eller annan energi) som används för verksamheten i lokaler, exempelvis belysning, datorer, kopiatorer, TV, spis, kyl, frys, diskmaskin, tvättmaskin och andra hushållsmaskiner. Även tvättstuga redovisas som verksamhetsel. [11] |
| Vitvaror | I denna rapport avses med ordet vitvaror: diskmaskiner, tvättmaskiner, torktumlare och torkskåp. |
| VVC | Varmvattencirkulation. Genom att ständigt cirkulera varmvatten i ledningar kan tiden för att få tappvarmvatten till ett tappställe minskas. [12] |
| Värmedrivna vitvaror | Vitvaror där varmt vatten cirkulerar genom en i maskinen inbyggd värmeväxlare som sköter uppvärmningen istället för ett elbatteri [1]. |

2. Bakgrund

I detta kapitel beskrivs området Brunnsbög och mer ingående bostadsområdet Solbjer. Utformningen av Solbjer är idag i planeringsstadiet och det finns än så länge endast preliminära mål och markanvisningar. Värmedrivna vitvaror är intressanta för området bland annat då det kommer finnas en stor mängd spillvärme tillgänglig från de intilliggande forskningsanläggningarna European Spallation Source (ESS) och MAX IV, vilken kan användas i fjärrvärmenätet. Kapitlet inleds således med en beskrivning av just fjärrvärme. Sist i kapitlet redogörs dagens kunskapsläge kring värmedrivna vitvaror. Då denna rapport inte avser att utveckla någon ny teknik, är den redan tillgängliga kunskapen kring de värmedrivna vitvarorna väsentlig.

2.1 Fjärrvärme

I Sverige är fjärrvärme det vanligaste sättet att producera varmvatten i och värma upp flerbostadshus. Över 85 % av landets flerbostadshus försörjs på detta sätt [13]. Fjärrvärme utgörs av hett vatten eller ånga som värms upp i produktionsanläggningar och distribueras till fastigheter under högt tryck i system av rör i marken. Rören leder vanligtvis fram till fastigheternas fjärrvärmecentraler, där det finns värmeväxlare som för över värmen från fjärrvärmenätet till husens egna radiatorer och varmvattensystem. Det avkylda fjärrvärmevattnet leds sedan tillbaka till produktionsanläggningarna där processen startar om från början. Framlednings- och returtemperaturerna i systemen är inte standardiserade utan beror på lokala förutsättningar i distributionssystemen. Som exempel har Sveriges fjärrvärmesystem en medelframledningstemperatur på 83,8°C och en medelreturtemperatur på 47,3°C. [14]

Den fundamentala idén med fjärrvärme är att använda lokala bränsle- eller värmeresurser som annars skulle gå till spillo. Produktionen sker oftast i kraftvärmeverk där vattenånga produceras för elproduktion i en ångturbin och där fjärrvärmesystemet används som ett sätt att kyla ångan. Produktionen kan också ske i värmeverk där det enda syftet är att värma upp ett värmemedium. I båda typerna av verk används förbränning som energiomvandlingsmetod och flera olika bränslen används, exempelvis biobränslen, avfall och fossila bränslen. Spillvärme från industriella processer är också en vanlig värmekälla till fjärrvärmesystemet, inte minst i framtidens Lund. Sammanfattningsvis är fjärrvärmen mycket viktigt i svensk energiförsörjning då den utnyttjar förnybart bränsle och avfall samt är en del av elproduktionen. En stor fördel med fjärrvärme är att den storskaliga produktionen är mer effektiv jämfört med att varje hus har sin egen värmekälla. Produktionsformen innebär även en bättre rökgasrening och mindre säkerhetsrisker för kunderna. [14]

2.2 Brunnsbög/Lund Northeast

Den nya hållbara stadsdelen som håller på att växa fram i nordöstra Lund heter Brunnsbög och genomsyras av visionen "Världens främsta forsknings- och innovationsmiljö". Området har även det engelska namnet Lund Northeast vilket påvisar den internationella inriktning som området kommer att ha. Stadsdelen kommer att byggas ut under de kommande 30-40 åren i anslutning till forskningsanläggningarna ESS och MAX IV och kommer att innefatta forskningslokaler, hotell, bostäder, skolor och parker. När full utbyggnad är uppnådd beräknas 10 000 människor kunna bo där och ytterligare omkring 40 000 människor kunna arbeta där. [15]

Förhoppningen är att utvecklingen av Brunnsbög skall innebära betydande framsteg inom hållbar stadsutveckling med avseende på ekologiska, ekonomiska och sociala aspekter. Kommunen har satt upp ambitiösa mål och visioner för området och Lunds Energikoncernen är involverad i utvecklingen eftersom ett hållbart energisystem är en självklar del i hållbarhetsvisionen.

Lunds Energikoncernen har utfört ett antal analyser av hur kommunens mål och visioner kan förverkligas. En av slutsatserna är att elenergibehovet behöver ersättas med värmeenergi i största möjliga mån. Denna slutsats är en kombination av att det kommer bli svårt att uppfylla kommunens önskan om att täcka hela områdets energibehov med lokalt producerad förnybar energi, och att det kommer finnas stora mängder

spillvärme tillgänglig från ESS och MAX IV. Arbetet med att avgöra på vilka sätt elenergianvändningen kan minska och hur spillvärmerna från forskningsanläggningarna kan tas tillvara har gjort värmedrivna vitvaror intressanta att utreda. Det ligger också i Lunds Energikoncernens intresse att öka värmelasten i fjärrvärmenätet för att säkra framtida effektuttag. [16]



Figur 1 Skiss över Brunnsög. Solbjer syns i nedre delen av kartan [17].

Den första utbyggnadsetappen av Brunnsög heter Solbjer och kommer att ligga i stadsdelens södra del, se figur 1. I dagsläget är ett tiotal byggherrar aktuella för byggnation i området, vilka träffas regelbundet i en byggherregrupp där även Lunds Energikoncernen finns med. Sedan hösten år 2012 leder Lunds Energikoncernen även en särskild energigrupp där intresserade byggherrar ingår. [18]

2.2.1 Solbjer

Utformningen av Solbjer är långt ifrån färdig. Kommunen och de byggherrar som för närvarande är intresserade av området befinner sig i dagsläget i detaljplaneringsstadiet. Innan byggherrarna kan köpa mark på Solbjer, ta fram ritningar och så småningom börja bygga, måste detaljplanen vinna laga kraft. Således kan det ännu ske många ändringar och det finns endast preliminära uppgifter om hur området kan komma att se ut.

Utifrån den preliminära information som finns att tillgå kommer Solbjer innefatta en bruttototalarea (BTA) på 136 800 kvm. Inom detta område är det planerat för cirka 700 nya bostäder med en total BTA på omkring 70 000 kvm. Bostäderna kommer främst att vara i form av lägenheter i flerbostadshus men även ett fåtal radhus är planerade. Samtliga flerbostadshus kommer att ha två till sex våningar och finnas i åtta av områdets totalt nio kvarter. [15]

Förutom bostäder skall Solbjer även innefatta kontorslokaler, två parkeringshus samt lokaler i bottenplan för centrumverksamheter. Det planeras även för två förskolor som förslagsvis ska ligga i bottenvåningen på två av flerbostadshusen. Fördelningen av BTA som redovisas i tabell 1 är erhållen internt från Lunds Energikoncernen och baseras på Lunds kommuns uppskattningar från år 2012.

Tabell 1 Fördelning av BTA på Solbjer (kvm). Areorna är avrundade. Informationen är erhållen internt från Lunds Energikoncernen och baseras på Lunds kommuns uppskattningar från år 2012.

| Lokal | BTA avrundad (kvm) |
|-----------------------------|--------------------|
| Bostäder | 70 000 |
| Kontorslokaler inkl. hotell | 43 000 |
| Parkeringshus | 20 000 |
| Centrumverksamheter | 2 500 |
| Förskolor | 1 300 |
| Totalt | 136 800 |

De byggherrar som i dagsläget är preliminärt tilldelade större byggrätter för bostäder är Peab Sverige AB, Skanska Nya Hem AB, Ikano Fastigheter AB, NCC Boende AB, Lunds Kommuns Fastighets AB (LKF), Vasakronan AB och eventuellt Lunds Kommuns Parkerings AB. Dessa byggherrar kommer att ha bruttototalareor på omkring 7 000-12 000 kvm vardera. Även Derome Hus AB, Solbjer Bostad AB och Hauschild & Siegel Architecture AB är tilldelade byggrätter men i mindre omfattning, runt 2 000 kvm vardera.

2.2.2 ESS och MAX IV

År 2010 togs det första spadtaget för forskningsanläggningen MAX IV på Brunnsög i nordöstra Lund. MAX IV utgör tillsammans med MAX-lab på Lunds Tekniska Högskola ett svenskt nationellt laboratorium för forskning inom bland annat kärnfysik. Anläggningen beräknas vara i drift år 2014 och kommer då att utgöra den första av två stora forskningscentra på Brunnsög. Det andra forskningscentrat kommer att vara ESS, en kraftfull neutronkälla för materialforskning. ESS beräknas vara i full drift år 2024 och kommer då, precis som MAX IV, att kräva stora mängder energi samt alstra mycket spillvärme. [16, 19, 20]

Mängden spillvärme som kommer alstras av de två forskningsanläggningarna är i dagsläget mycket osäker. Uppskattningar visar att ESS troligen kommer alstra omkring 220 GWh spillvärme per år. 90 GWh av denna energi kommer ha en temperatur på 90°C, cirka 50 GWh kommer ha en temperatur på 40°C och resterande 80 GWh kommer ha en temperatur på 20°C. [21] Det finns en möjlighet att all spillvärme uppgraderas till 90°C med värmepumpar, men det är också möjligt att värmen kan komma till användning utan att uppgraderas, exempelvis för uppvärmning av forskningsanläggningens egna lokaler. [22] I denna rapport antas att åtminstone all 90°C värme går till fjärrvärmenätet. Lunds Energikoncernen har ett avtal med MAX IV om att kyla anläggningen och återvinna värmen till fjärrvärmenätet. Den tillgängliga mängden spillvärme från denna anläggning kommer att vara runt 35 GWh per år. [21] Sammanfattningsvis kommer mängderna spillvärme som är tillgänglig för fjärrvärmenätet att vara minst 125 GWh/år: ESS 90 GWh/år och MAX IV 35 GWh/år.

I ESS:s energimål deklarerar att anläggningen skall vara klimatneutral. Detta innebär att 100 % av anläggningens energianvändning skall baseras på förnybar energi. Dessutom skall minst 60 % av den använda energin återanvändas, ett mål som skall nås genom att spillvärmerna utnyttjas i Lunds fjärrvärmenät. Som förenkling antas samma ambition om klimatneutralitet gälla för MAX IV.

2.2.3 Markanvisningar

I en preliminär markanvisningsrapport från maj år 2011, föreslogs 17 olika markanvisningar av Tekniska förvaltningen i Lund. Flera av dessa har betydelse för Lunds Energikoncernen AB:s engagemang i området och tre av dem är särskilt relevanta för denna utredning kring värmedriva vitvaror på Solbjer:

1. Miljöbyggprogram Syd är Malmö stads och Lunds kommuns gemensamma verktyg för hållbart byggande [23]. Programmet skall tillämpas i all bebyggelse på Brunnsög och ambitionen ska vara att uppnå den bästa klassen, klass A.

2. Fastigheter inom Brunnsnög får inte värmeförsörjas med egna borrhssystem. Detta innebär att geoenergi, såsom exempelvis bergvärme och grundvattenvärme, är en utesluten metod för området.
3. Hållbarhetsprogram kommer att tas fram för Solbjer tillsammans med aktuella byggherrar. Programmet håller i dagsläget på att bearbetas och en möjlighet är att anvisningar om värmedrivna vitvaror inkluderas som en av flera möjliga åtgärder.

Den första markanvisningen är viktig eftersom den påverkar all bebyggelse på Solbjer genom flera särkrav. Ett krav däri, som är av särskild vikt för denna rapport, är att installerade vitvaror minst ska vara klass A-märkta avseende energiförbrukning, under förutsättning att sådana finns att tillgå. [24] Anvisningen spelar också roll för hur stort områdets energibehov beräknas vara, se vidare i nästkommande kapitel. Den andra markanvisningen är viktig eftersom den begränsar sättet att försörja Solbjer med värme, vilket gör det ännu mer intressant att utnyttja spillvärmern från ESS och MAX IV. Den tredje markanvisningen talar för sig själv då inkludering av värmedrivna vitvaror som en av flera möjliga hållbarhetsåtgärder kan öka förutsättningarna för vitvarornas installation på Solbjer. [25]

2.2.4 Mål och åtgärder

Det totala energibehovet i Brunnsnög beror på vilka krav som ställs på byggnaderna samt på de pågående klimatförändringarna. Konsultföretaget WSP har på uppdrag av och i samarbete med Lunds Energikoncernen beräknat stadsdelens energibehov utifrån tre olika byggnadskravscenarier, där det första är enklast och det sista är svårast att uppfylla:

1. Boverkets reviderade energikrav från år 2011 (referensscenario).
2. Miljöbyggprogram Syd, miljöklass A.
3. Energimyndighetens förslag till nationell strategi för Nära-Nollenergihus (alla nya byggnader ska vara Nära Nollenergihus från och med år 2021).

Beräkningen av energianvändningen är baserad på den kommunala översiktsplanen för Brunnsnög och omfattar inte energianvändningen i den befintliga bebyggelsen eller den energi som kommer krävas av ESS och MAX IV. Enligt kommunens översiktsplan kommer en byggnadsarea på cirka 825 000 kvm att uppföras under perioden år 2014 till år 2030 i hela Brunnsnög.

WSP:s resultat visar att elenergiebehovet kommer att vara betydligt större än värmebehovet i alla tre scenarier, vilka samtliga inkluderar klimatkompensation. År 2030 kommer värmebehovet att vara 15-40 GWh/år beroende på vilka energikrav som ställs. Behovet kommer utan problem täckas av spillvärmertilgången från forskningsanläggningarna ESS och MAX IV.

Det långsiktiga målet för hela Brunnsnög är att 150 % av dess elenergiebehov skall förses från lokala förnybara energikällor [26]. Elenergiebehovet på Brunnsnög år 2030 kommer enligt beräkningar att uppgå till 40-77 GWh/år beroende på vilka energikrav som ställs. Enligt WSP:s beräkningar kommer visionsmålet inte att vara möjligt att uppnå då tillgången på förnybar elenergi (mikroproduktion av sol- och vindenergi) endast kommer att vara 2 GWh/år, beräknat med Brunnsnög som systemgräns. En följd av detta resultat är att det är viktigt att skifta behovet av elenergi i hela området, inklusive Solbjer, mot värmeenergi. Sammanfattningsvis har WSP formulerat fyra åtgärder för att minska miljöpåverkan, i prioriteringsordningen:

1. Ställ skarpare energikrav i samband med byggandet.
2. Fokusera på låg slutlig användning av el.
3. **Om möjligt skifta behov av el till behov av värme.**
4. Använd den förnybara energi som finns tillgänglig i området.

Det är den tredje åtgärden i denna prioriteringslista som gör det intressant med värmedrivna vitvaror på Solbjer. Vidare rekommenderar WSP att en stor del av de klimatsmarta lösningarna skall vara inbyggda i områdets byggnader och att det ska finnas förutsättningar som gör det enkelt för de boende i området att vara klimatsmarta. Båda dessa rekommendationer talar ytterligare för vitvarorna. [16]

2.3 Kunskapsläge värmedrivna vitvaror

Under 1990-talet utvecklades prototyper av värmedrivna tvättmaskiner och torktumlare utifrån befintliga Miele-maskiner i Holland. Maskinerna testades i laboratorier varpå de modifierades och provades i ett fälttest med 13 hushåll under ett års tid. År 2000 publicerades rapporten *Field test of heat-fed washing machines and tumble dryers* som utvärderade fälttestet. [27] Efter publiceringen av rapporten stannade projektet upp, något som delvis berodde på att trots att en väsentlig del elenergi kunde sparas i maskinerna så var den totala energiåtgången i tvättmaskinen större än i den helt eldrivna motsvarigheten [28]. Detta berodde på att tvättmaskinens värmeväxlare var inbyggd i maskinens tråg, på undersidan av den inre tvättrumman. Konstruktionen gjorde att maskinen behövde ta in mer vatten för att nå upp och väta tvätten, jämfört med en konventionell eldriven maskin. Mer vatten innebär också högre uppvärmnings- och energibehov. [29]

I början av 2000-talet intresserade sig Gunnar Nilsson på Göteborg Energi AB för det holländska projektet. I syfte att visa alla olika sätt fjärrvärme kan utnyttjas på startade Göteborg Energi år 2005 upp ett demonstrationshus i Göteborg som försågs med så mycket fjärrvärmedrivna produkter som möjligt. Tomas Persson, teknisk forskningsingenjör inom energi- och miljöteknik på Högskolan Dalarna, bidrog till huset genom att tillhandahålla en diskmaskin och en tvättmaskin som han konverterat till värmedrift. Maskinerna hade han utvecklat i samarbete med vitvaruföretaget Asko Appliances AB i syfte att kunna öka solvärmeanvändningen sommartid. Både tvättmaskinen och diskmaskinen var försedda med en annan typ av värmeväxlare än den holländska tvättmaskinen. [28] Med den nya tekniken lyckades Persson ersätta all elenergi för uppvärmning av processvattnet med värmevatten då temperaturen på tillflödet var närmre 70°C [30]. Detta gjordes utan att den totala energianvändningen i maskinerna ökade jämfört med enbart elenergidrift.

Persson ansåg sig inte kunna effektivisera tekniken i torktumlaren, varför det blev den ursprungliga holländska maskinen som överläts till Göteborg Energi och installerades i demonstrationshuset [28]. Samtliga maskiner installerades i huset år 2006, samma år som Perssons artikel *Dishwasher and washing machine heated by a hot water circulation loop* publicerades. Med hjälp av simuleringar utvärderades elenergiminskningarna i de maskiner Persson byggt om. I artikeln utvärderades även simuleringar av en diskmaskin som var tappvarmvattenansluten och en tvättmaskin som var dubbelt tappvattenansluten. [30] Svensk Fjärrvärme-rapporten *Demonstrationsprojekt fjärrvärmeanpassade småhus Göteborg - Avancerad fjärrvärmeanvändning i småhus* skriven av Heimo Zinko på energiteknikkonsultföretaget ZW Energiteknik AB, Olof Ingulf och Roger Svensson på Göteborg Energi år 2006 beskriver resultat och slutsatser från demonstrationshuset [28].

Parallellt med arbetet kring demonstrationshuset i Göteborg utvecklades ny teknik för en värmedriven torktumlare i ett samarbete mellan Karlstad Universitet, Karlstads Bostads AB, Asko Appliances AB och Energimyndigheten. Denna torktumlare hade externa värmeväxlare, var optimerad för anslutning mot fastighetsvärmepump och testades i en av bostadsbolagets tvättstugor. [1] I januari år 2006 publicerades studenten Kamal Rezks examensarbete *Studie över värme-, kyl-, och kondenseringsförmågan på ett externt värme- och kylpaket kopplat till en torktumlare*, där det konstaterades att värmeväxlarna kunde göras mindre och placeras inuti det ordinarie skalet. [31]

2.3.1 Fjärrsynprojekt

Några år gick och i slutet av år 2009 startades projektet *Hetvattendrivna vitvaror säkerar framtida fjärrvärmeutbyggnad i lågenergihus*, vilket fick bidrag från bland annat branschorganisationen Svensk Fjärrvärmes forskningsprogram Fjärrsyn. Målet var att utveckla vitvaror där elanvändningen helt eller delvis kunde bytas ut mot värmedrift och Högskolan Dalarna med Tomas Persson i spetsen ansvarade för projektledning. Genom att konvertera apparater som normalt är eldrivna, såsom vitvaror, till värmedrift var tanken att öka värmelasten i nybyggda energisnåla flerbostadshus. Den ökade värmelasten kan i sin tur hjälpa till att säkra framtida fjärrvärmeutbyggnad. Den forskning som hade bedrivits tidigare av Persson och andra låg till grund för detta projekt och slutrapporten planeras vara klar sommaren år 2013. Projektet var indelat i fyra delprojekt, vilka redovisas nedan.

I samband med utformningen av Fjärrsynprojektet om värmedriva vitvaror söktes det efter vitvaruföretag som kunde vara med och utveckla produkterna. De två företag som var intresserade från början var Electrolux AB och Asko Appliances AB, det var dock endast det senare företaget som valde att gå vidare i processen. I dagsläget har Asko gjort mer än vad som krävdes av överenskommelsen med projektet, vilken innebar att en testserie av maskiner skulle tillverkas. Företaget vill idag kommersialisera de framtagna produkterna och maskiner har redan sålts till vissa företag. Asko har ännu inte släppt vitvarorna till privatpersoner, utan avvaktar för att komma över eventuella barnsjukdomar. [29]

Det första delprojektet i Fjärrsynprojektet var att optimera tryckfall och värmeöverföring i de disk- och tvättmaskiner som Persson tidigare utvecklat. Detta skedde i samarbete mellan Asko, Högskolan Dalarna och Karlstad Universitet. Det andra delprojektets syfte var att, i samarbete mellan Karlstad Universitet och Asko, utveckla torktummlaren från universitetet ytterligare. Tummlaren optimerades för fjärrvärmedrift i lågenergihus och värmeväxlarna integrerades i skalet. Syftet med det tredje delprojektet var att utveckla värmedrivna torkskåp, något som även detta skedde i samarbete mellan Asko och Karlstad Universitet.

Det fjärde delprojektet bestod av att utvärdera och demonstrera de, vid detta lag, utvecklade vitvaruteknikerna samt att beräkna kostnader för olika lösningar för ickekonventionella distributionssystem. Informationsspridning var också en stor del i detta delprojekt. [1] Som en del i det fjärde delprojektet gjordes en förstudie av VVS-konsultbolaget VCON år 2011, där två olika systemlösningar för värmedrivna vitvaror i olika hustyper utvärderades. Förstudien resulterade i en rapport med namnet *Riktlinjer angående val av systemlösning för vitvarukretsar*. [32] Året innan VCON utförde denna studie gjorde studenten Rasmus Widlund på Karlstad Universitet ett examensarbete med namnet *Simulering av värmeförlusterna i ett värmevattensystem för distribution av värmevatten till disk-, tvättmaskin samt torktummlare*, där värmeförlusterna från ett värmevattensystem simulerades. Rapporterna utgör en grund till fjärrsynprojektets analyser kring ekonomiska lösningar och distributionslösningar för vitvarukretsarna. [33]

I det fjärde delprojektet var det en utmaning att hitta fastighetsägare som kunde testa maskinerna när de var färdigutvecklade. I Västerås fanns det dock några med intresse och staden har idag tre projekt med värmedrivna vitvaror.

Det kommunala bostadsbolaget Mimer har byggt 160 hyreslägenheter i fyra huskroppar som är lågenergihus i kvarter Råseglet på Öster Mälärstrand. Byggnationen har skett i samarbete med Mälarenergi AB enligt Västeråsmodellen (se vidare i kapitel 3.4.2). Framledningstemperaturen från undercentralen till lägenhetsvärmeväxlarna är 60°C. Lägenhetsvärmeväxlarna sitter i trapphuset för att tekniker och reparatörer inte ska behöva gå in i lägenheterna vid behov av underhåll. Lägenheterna har värmedrivna tvättmaskiner, torktummlare och diskmaskiner samt värmedriven handdukstork. Inflyttning skedde i början av år 2013. [34]

Bostadsbolaget Aroseken planerar ett bostadsområde i Gotö Källa med 86 stycken lågenergigrupphus vilka ska förses med värmedrivna vitvaror. Den första byggetappen omfattar 20 hus, varav 11 redan

byggts. De 20 första husen kommer bara ha värmedrivna tvättmaskiner, men resterande hus kommer antagligen ha både diskmaskin, tvättmaskin och eventuellt torkskåp, i kombination med värmedriven komfortgolvvärme och eventuellt handdukstork. [35]

På Rösegårdsskolans förskola i Västerås har två värmedrivna torkskåp installerats. Det installerade systemet är dimensionerat för att kunna värmeförsörja totalt tolv skåp. Detta är för att förskolan ska kunna byta ut samtliga av sina konventionellt eldrivna skåp mot värmedrivna, när testperioden är över i april år 2013. Torkskåpen är utrustade med elmätare och kan kopplas om till eldrift för att kunna mäta skillnaden i elanvändning mellan ren eldrift och värmedrift. [36] Enligt Kjell Andersson, projektledare på Mälarenergi AB, har försöket varit lyckat [35].

Andersson uppskattar att det inom tre år från våren år 2013 kommer finnas ett par hundra bostäder med installerade värmedrivna vitvaror [35].

2.3.2 Senare projekt

Förutom att de värmedrivna vitvarorna har installerats i demonstrationsprojekt, har vissa företag kunnat köpa maskinerna. Exempelvis är Lunds Energikoncernen ett av de första energiföretag som har beställt och installerat värmedrivna vitvaror. Även Göteborg Energi och Mälarenergi AB har beställt och installerat vitvarorna i sina egna verksamheter. [35]

I rapporten *Nästa generations fjärrvärme* från Fjärrsyn där nästa generations fjärrvärme beskrivs tas även värmedrivna vitvaror upp. Där konstateras det att även om värmedrivna vitvaror endast står för en liten lastökning så är den viktig för att kunna ansluta nybyggda villor och flerbostadhus till fjärrvärmenätet. Att ansluta värmedrivna vitvaror i gemensamma tvättstugor kan vara extra lönsamt eftersom utnyttjandetiden där är hög. Vitvarorna anses vara särskilt lämpliga i nybyggnationer då nya rördragningar inte behöver medföra så stora merkostnader. [37]

2.3.3 Asko Appliances AB

Asko började redan på 1950-talet att tillverka vitvaror men har från 1970-talet fram till ett par år sedan sålts under namnet Cylinda. År 2009 lanserades återigen namnet Asko i Sverige och år 2010 köpte Gorenje Group upp företaget. Askos maskiner produceras dock fortfarande under sitt egna namn. I dagsläget håller produktionen på att flyttas från Vara i Sverige till Slovenien. [38]

Idag är Asko den enda producenten och leverantören av värmedrivna vitvaror på marknaden och benämner dessa under namnet Heating Water Circuit (HWC)-maskiner. I samband med lanseringen av märket Asko valde företaget att rikta sig mot främst privatkunder på grund av att maskinerna ligger i en relativt hög prisklass. Det var först när HWC-maskinerna inkluderades i företagets vitvaruportfölj som kundfokus ändrade riktning mot större företag, framförallt de som bygger nya eller renoverar större hus. [39]

3. Teknik

I detta kapitel beskrivs tekniken bakom olika typer av vitvaror. Även programtabeller och systemlösningar presenteras. Följande tre typer av vitvaror kommer att beskrivas:

- Konventionellt eldrivna diskmaskiner, tvättmaskiner och torktumlare.
- Tappvarmvattenanslutna och dubbelt tappvarmvattenanslutna disk- och tvättmaskiner.
- Värmedrivna diskmaskiner, tvättmaskiner och torktumlare.

3.1 Konventionellt eldrivna vitvaror

I konventionellt eldrivna diskmaskiner, tvättmaskiner och torktumlare värms inkommande processmedium upp med el. Detta är den typ av vitvaror som finns i merparten av alla svenska hem idag.

3.1.1 Konventionellt eldriven diskmaskin och tvättmaskin

I konventionellt eldrivna disk- och tvättmaskiner pumpas processvattnet runt under tiden som tvättningen eller diskningen fortlöper. Maskinerna fylls med kallt vatten som värms upp steg för steg under tiden som det används. När tvättningen/diskningen är klar töms det varma processvattnet ut, varpå ett antal sköljningar och/eller centrifugeringar följer. [29]

I en diskmaskin sker vanligen tre vattenbyten. Efter uttömningen av det första diskvattnet följer först en sköljning i kallt vatten och sedan en sköljning i vatten som värms upp. Till sist töms vattnet ut och disken torkas av den varma ångan som finns kvar. Vid grövre diskar kan ofta tillval göras, exempelvis i form av kalla fördiskar och extra sköljningar. [29] I en tvättmaskin värms det inkommande kalla vattnet upp under huvudtvättfasen, det vill säga att precis samma förlopp sker som i en diskmaskin. Efter tvättfasen töms processvattnet ut, varpå ett antal sköljningar i kallvatten sker. Antalet sköljningar kan variera mellan två och sju stycken. [40] Om så är programmerat, sker även centrifugering.

En indikation på vattenåtgången i konventionellt eldrivna disk- och tvättmaskiner fås av Asko vars hushållsdiskmaskiner drar 8,5-11 liter vatten per diskcykel och vars hushållstvättmaskiner drar runt 60 liter vatten per tvättcykel. [39, 41]

3.1.2 Konventionellt eldriven torktumlare

I Sverige är följande tre typer av torktumlare vanligast: frånluftstumlare, luftkyld kondensstumlare samt värmepumpstumlare. Gemensamt för dessa typer är att processluften, vilken blåses in i torktrumman med hjälp av en fläkt, värms upp med ett eldrivet aggregat. [31] Enligt energimärkningar samt undersökningar gjorda av Energimyndigheten drar värmepumpstumlare minst energi av de tre typerna. Energimärkningen av torktumlare går från A till G där A är den effektivaste. [42]

I en frånluftstumlare är det rekommenderat att den fuktiga processluften leds ut i en separat ventilationskanal. Detta görs eftersom luften är så pass fuktig och annars skulle kunna skapa ett otrevligt klimat i rummet, samt orsaka en ökad risk för mögelbildning. En nackdel med frånluftstumlare är att den varma luften inte tillvaratas på något sätt i bostaden. [43]

En luftkyld kondensstumlare fungerar på samma sätt som en frånluftstumlare men istället för att den fuktiga luften leds ut direkt från maskinen så kondenseras vattnet. Själva kondenseringen sker genom att rumstempererad luft kyler den varma fuktiga luften. Det kondenserade vattnet samlas antingen upp i en tömbar behållare eller leds ned i ett avlopp. [44] Fördelar med kondensstumlare jämfört med frånluftstumlare är att ingen anslutning till en ventilationskanal krävs samt att värmen kan ledas ut i rummet. Varmluften som leds ut i rummet innehåller dock värme som inte är kontrollerbar och kommer troligtvis till största del ledas ut via ventilationen. Om en värmväxlare finns kopplad till ventilationskanalen kan en del av värmen tillvaratas. [43]

I en värmepumpstumlare finns det en värmeväxlare. Värmeväxlarens kalla sida kondenserar vattnet från utgående luft (från torktumblaren) och den varma sidan förvärmer inkommande kallluft. På detta sätt kan cirka hälften av energin sparas jämfört med en kondensumblare eller frånluftstumlare. [45]

3.2 Tappvarmvattenanslutna och dubbelt tappvattenanslutna vitvaror

I många nya disk- och tvättmaskiner går det att koppla in varmt tappvatten istället för kallt. I vissa maskiner går det att koppla in både kallt och varmt tappvatten, så kallad dubbel tappvattenanslutning. [46] Det är viktigt att skilja dessa två typer åt eftersom de medför olika elenergiminskningar och funktioner. För torktumblare finns det i dagsläget ingen teknik som möjliggör användning av tappvarmvatten för värmeväxling till processluften. Detta beror främst på att tappvarmvattentemperaturen är så låg att det skulle ta lång tid att torka tvätten. Det beror även på att varmvattnet skulle få ledas ner i avloppet när det använts i värmeväxlaren, något som kan anses vara ett slöseri på naturresurser. [29] En typisk tappvarmvattentemperatur är runt 60°C. [14]

I en dubbelt tappvattenansluten maskin justeras automatiskt den mängd varmt och kallt vatten som behövs för att en blandning av vattnet ska uppnå rätt temperatur för det önskade programmet. Om programmet kräver vatten som är varmare än det inkommande varmvattnet så värmer maskinen upp det till önskad temperatur med elenergi. I Askos sortiment finns en så kallad Eco-tvättmaskin för hushållsbruk som heter *W6884 ECO* vilken är dubbelt tappvattenansluten och som fungerar på precis detta sätt. [47] Priset för denna är cirka 400-500 SEK dyrare jämfört med motsvarande konventionellt eldrivna tvättmaskin [39]. Askos har inte någon dubbelt tappvattenansluten diskmaskin. Detta beror på att elenergiminskningen som följer av att ha mellansköljningen kall inte täcker merkostnaden av att ha dubbla system för tappvattenintag. En kall mellansköljning kyler också ner maskinen, vilket måste kompenseras av att sista sköljningen behöver förses med lite extra värmeenergi. I ett test som Energimyndigheten genomfört på *fastighetstvättmaskiner* kunde samtliga tvättmaskiner kopplas in till varmt och kallt vatten. Det finns alltså ett flertal vitvaruleverantörer som har dubbelt tappvattenanslutna fastighetsmaskiner. [48]

Om endast varmt tappvatten kopplas in i en tvätt- eller diskmaskin finns det ingen tillgång till kallt vatten. Varmt vatten används därför i alla faser, även där kallt vatten skulle vara lämpligt, exempelvis under sköljningarna. På grund av detta blir den totala slutliga energianvändningen ofta större i en tappvarmvattenansluten vitvara jämfört med både dubbelt tappvattenanslutna vitvaror och konventionellt eldrivna vitvaror. Resonemanget gäller speciellt för tvättmaskiner då de många sköljningarna, tre till sju stycken, sker med kallt vatten i normala fall. [40, 29]

Även om den totala energiåtgången blir högre i tappvarmvattenanslutna vitvaror så kan de vara fördelaktiga ur ett miljöperspektiv. Detta beror på att en stor del av energin byts över från en energiform (el) till en annan (värme) som många gånger är bättre ur miljösynpunkt och dessutom billigare. För att verkligen veta om en tappvarmvattenansluten maskin är bättre för miljön måste primärenergianvändningen beaktas.

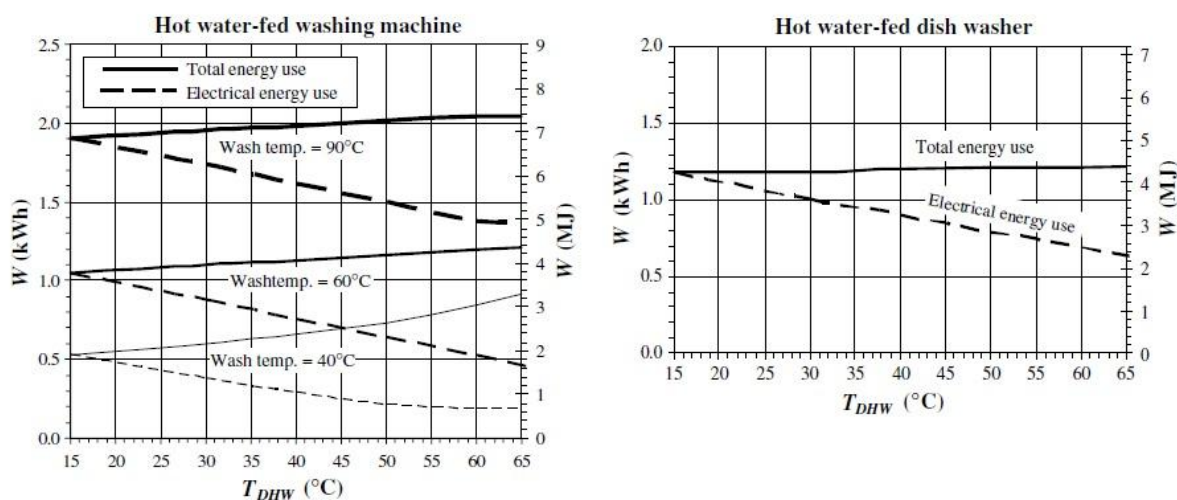
En negativ aspekt som bör beaktas då diskning eller tvättning sker i enbart varmt vatten är att proteiner löser upp sig bättre i kallt vatten. Disken och tvätten blir därför svårare att få ren i en tappvarmvattenansluten maskin. [30] Vid en snabb undersökning av några stora vitvaruleverantörers bruksanvisningar för hushållstvätt- och hushållsdiskmaskiner visar det sig att enligt de flesta leverantörer är det möjligt att koppla in antingen kallt eller varmt vatten till diskmaskiner, men endast kallt vatten för tvättmaskiner. Vid personlig kontakt med bolagen uppger de dock att de inte rekommenderar varmvattenanslutning i någon typ av maskin. Framför allt hänvisar företagen till problemet med att få disken och tvätten ren samt att maskinerna inte egentligen är konstruerade att tåla enbart varmt vatten. Hur som helst är en stor negativ aspekt med tappvarmvattenanslutna maskiner att tappvarmvattnet kommer att komma in i maskinen med en viss temperatur som inte går att reglera. Eftersom tvätt lätt

förstör om temperaturer blir för höga är detta ytterligare en anledning till varför tvättmaskiner inte bör anslutas till endast tappvarmvatten.

3.2.1 Elenergi- och värmeenergibehov i tappvattenanslutna maskiner

Det finns idag väldigt få energianvändningsvärden för tappvarmvattenanslutna och dubbelt tappvattenanslutna vitvaror. Figur 2 visar den simulerade energiåtgången i den dubbelt tappvattenanslutna tvättmaskinen och tappvarmvattenanslutna diskmaskinen som Tomas Persson på Högskolan Dalarna utförde år 2006 [30], för bakgrunden till simuleringen se kapitel 2.3.1. Till vänster i figuren visas det totala energibehovet (heldragna linjer) samt elenergibehovet (streckade linjer) i den dubbelt tappvattenanslutna tvättmaskinen för 40°C-, 60°C- och 90°C-tvättar. Till höger visas detsamma för ett 60°C-program i den tappvarmvattenanslutna diskmaskinen. Diagrammens x-axlar visar tappvarmvattnets framledningstemperatur. Y-axlarna visar energi- och effektbehoven.

Tvättmaskinen är dubbelt tappvattenansluten i den mening att den har ett kallvatten- och ett varmvattenintag. Huvudtvätten sker dock helt och hållet med varmvatten, utan uppblandning med kallvatten, till skillnad från Askos dubbelt tappvattenanslutna Eco-tvättmaskin (se kapitel 3.2). Sköljningarna i den simulerade maskinen sker med kallvatten. Det vänstra diagrammet i figuren visar energiåtgången vid flera olika temperaturer på det inkommande varmvattnet i tvättmaskinen. Då vattnet har en högre temperatur än den önskade programtemperaturen så ökar den totala energiåtgången, vilket förklarar den starka lutningen i 40°C-programmets totala energikurva. I diagrammet lutar dock även 60°C- och 90°C-programmens totala energikurvor uppåt, trots att tappvarmvattentemperaturen hela tiden är lägre än den önskade temperaturen. Detta fenomen kan bero på något fel i simuleringsmodellen. Den totala energianvändningen borde egentligen inte bli större i en dubbelt tappvattenansluten maskin då sköljningarna sker med kallt vatten, varför de totala energianvändningskurvorna borde vara helt vågräta. [29, 30]



Figur 2 Simulerat energibehov i dubbelt tappvattenansluten tvättmaskin (till vänster) och tappvarmvattenansluten diskmaskin (till höger). Elenergianvändningen visas med streckade linjer och den totala energianvändningen visas med heldragna linjer. Ju högre temperatur tappvarmvattnet (T_{DHW}) har desto mindre elenergi krävs för att värma processvattnet. [30]

3.3 Värmedrivna vitvaror

I värmedrivna vitvaror sker uppvärmningen genom att hett vatten, så kallat värmevatten, leds in i maskinen och värmeväxlas mot inkommande processmedium. Vattnet kan ha fått sin värme från exempelvis solfångare, geoenergi eller som på Solbjer från fjärrvärme. I denna typ av maskiner är det, precis som i tappvattenanslutna maskiner, aldrig en fråga om någon minskning av den totala energianvändningen. Istället handlar det om ett skifte från elenergi till värmeenergi under

uppvärmningsfasen. Exakt hur stor del av elenergin som kan bytas ut i värmedrivna vitvaror beror på önskad processmedietemperatur och temperatur på värmevattnet. Eftersom det finns ett visst grundbehov av elenergi till att exempelvis pumpa runt processmediet och driva tvättrummans rotation, kan dock aldrig all elenergi bytas ut mot värmeenergi i vitvarorna. Vidare behövs det elenergi för att driva de pumpar som för fram värmevattnet till maskinerna.

I nedanstående kapitel beskrivs Askos olika HWC-maskiner mer ingående. Maskinerna finns för både hemmet och professionellt bruk. Gemensamt för maskinerna är att de har två extra anslutningar på baksidan jämfört med konventionellt eldrivna maskiner, en för ingående värmevatten och en för utgående värmevatten. Själva processvattnet har sin vanliga anslutning till maskinen. [49] Genom att endast aktivera värmevattenflödet när maskinen används sparas både el- och värmeenergi. Detta kan åstadkommas genom att eftermontera ett reläkort i maskinen. För att reläkortet ska fungera krävs dock att maskinen är kopplad till en värmevattenkrets där flödet styrs av en extern cirkulationspump. [50] Om värmevattnet är varmare än 80°C kan inte de medföljande PEX-inkopplingsslangarna användas, istället måste de bytas ut mot armerade slangar [51]. Om en värmedriven vitvara går sönder, kan Askos support kontaktas. Askos har avtal med det rikstäckande serviceföretaget Garantgruppen AB som jobbar specifikt med bland annat vitvaror. I installationsanvisningarna till vitvarorna står att alla moment i installationen måste utföras av en behörig fackman. [39]

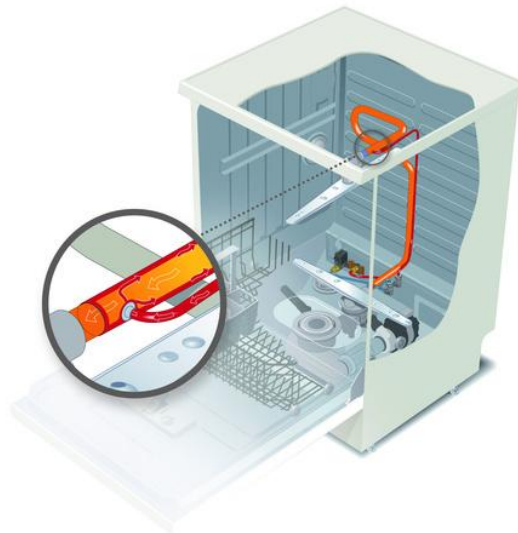
3.3.1 HWC-disk- och tvättmaskin

Gemensamt för tvättmaskinen och diskmaskinen är att de har en kompakt koaxialrörvärmväxlare, se figur 3, som består av ett inre och ett yttre rör. I det inre röret flödar processvattnet in till maskinen. I det yttre röret flödar värmevatten i en sluten krets i motsatt riktning och värmer upp ingående kallvatten. Själva processmediet cirkulerar kontinuerligt genom värmväxlaren under uppvärmningsfaserna under tvätt-/diskcykelns gång.



Figur 3 Konstruktionen för koaxialrörvärmväxlaren som används i Askos HWC-tvätt- och diskmaskiner. På bilden är det yttre röret delvis borttaget. Processvattnet flödar till maskinen från höger till vänster i det inre röret i bilden och värmevattnet från vänster till höger i det yttre röret. Det lilla röret som är vinkelrätt mot värmväxlaren är värmevattenreturledningen. [30]

Askos värmedrivna HWC-diskmaskin för privat bruk heter *D565 SOF HWC*, figur 4 visar hur maskinen är utformad. När maskinen inte är kopplad till värmevattnetsystemet, kan den kopplas in till antingen kallt eller varmt tappvatten, det vill säga att den kan fungera antingen som en konventionellt eldriven maskin eller som en tappvarmvattenansluten maskin. [52] När maskinen körs som en konventionellt eldriven maskin har den energimärkningen A+ [53]. De komponenter som finns i tvättmaskinen och diskmaskinen utöver de som finns i motsvarande konventionellt eldrivna maskiner är värmväxlare, nya anslutningar, värmevattenventil och uppdaterad programvara. Värmväxlaren är integrerad i diskmaskinen.



Figur 4 Askos HWC-diskmaskin där det orangefärgade röret är koaxialrörvärmväxlaren. Det röda representerar ingående värmevatten och det blåa utgående värmevatten. I den uppförstorade bilden syns det hur ingående värmevatten värmer upp ingående kallvatten. [54]

Askos värmedrivna HWC-tvättmaskin för privat bruk heter *W6884 HWC*, figur 5 visar hur maskinen är utformad. Tvättmaskinen går att använda som en konventionellt eldriven maskin och har då energimärkningen A++. [53] Värmväxlaren sitter mellan trumman och ytterhöljet.



Figur 5 Askos HWC-tvättmaskin där det orangefärgade röret är koaxialrörvärmväxlaren. Det röda representerar ingående värmevatten och det blåa utgående värmevatten. I den uppförstorade bilden syns det hur ingående värmevatten värmer upp ingående kallvatten. [54]

3.3.2 HWC-torktumlare

Askos värmedrivna frånluftstorktumlare för privat bruk heter *T784 HWC*, figur 6 visar hur maskinen är utformad. När maskinen körs på eldrift har den energiklassningen B. [53] De komponenter som finns i torktumlaren utöver de som finns i en motsvarande konventionellt eldriven maskin är vatten-luftvärmväxlare, nya anslutningar, luftkanaler, värmevattenventil, luftfilter och uppdaterad programvara. I värmväxlaren cirkulerar värmevatten som värmer upp ingående luft till torktumlaren.



Figur 6 Askos HWC-torktumlare där det orangefärgade området är värmeväxlaren. Det röda representerar ingående värmevatten och det blåa utgående värmevatten. [54]

Att Asko utvecklade just en frånluftstumlare berodde på att det fanns betydligt mer utrymme för nya komponenter i denna, jämfört med kondensumlare eller värmepumpstumlare. Det som framför allt är skrymmande är vatten-luftvärmväxlaren som är betydligt större jämfört med vatten-vattenvärmväxlaren i tvätt- och diskmaskinen. Vatten-luftvärmväxlaren kunde inte få plats i en kondensstorktumlare utan större förändringar. Dock är anställda på Asko medvetna om att en kondensumlare är att föredra i många fall varför de har en kondensumlare i sin framtida produktutvecklingsplan.

I Västerås, där Mimer har byggt 160 lägenheter som alla har HWC-maskiner, har de valt att inte koppla in frånluftstumlaren till någon ventilationskanal utan har utblåstet rakt i rummet. Den fuktiga luften från tumlaren blandas då med rumsluften och förs senare ut genom den vanliga ventilationsventilen i rummet. Detta kan jämföras med LKF:s projekt på Diakonissan i Södra Råbylund, se kapitel 5.1, där frånluftstumlarens utblås är kopplat till en ventilationskanal.

3.3.3 HWC-torkskåp

Askos värmedrivna torkskåp är inte lika långt komna i utvecklingen som övriga produkter. Lanseringen av skåpen kommer att ske i början av hösten år 2013 [52]. Då skåpen utvecklas av en extern leverantör har Asko inte kunnat tillhandahålla några bruksanvisningar eller annan data för dem. Företaget uppger dock att skåpens grundbehov av elenergi är väldigt lågt eftersom det förutom värmebehovet endast finns en liten fläkt och lite elektronik. Detta gör att det procentuella skiftet från elenergianvändning till värmeenergianvändning blir högt.

Figur 7 visar de två värmedrivna torkskåp som installerats i testprojektet på Rösegårdsskolans förskola i Västerås. Maskinerna är inkopplade med en separat krets där värmevattnet är drygt 60°C [35]. Det enda som tyder på att skåpen är värmedrivna är kopparrören som ansluter till fjärrvärmesystemet, i övrigt ser de ut som konventionellt eldrivna skåp. Skåpen har fyra olika torklägen med olika torktid. Målet är att minska elenergianvändningen med totalt 90 % oberoende av torkläge jämfört med konventionellt eldrivna skåp. [36]



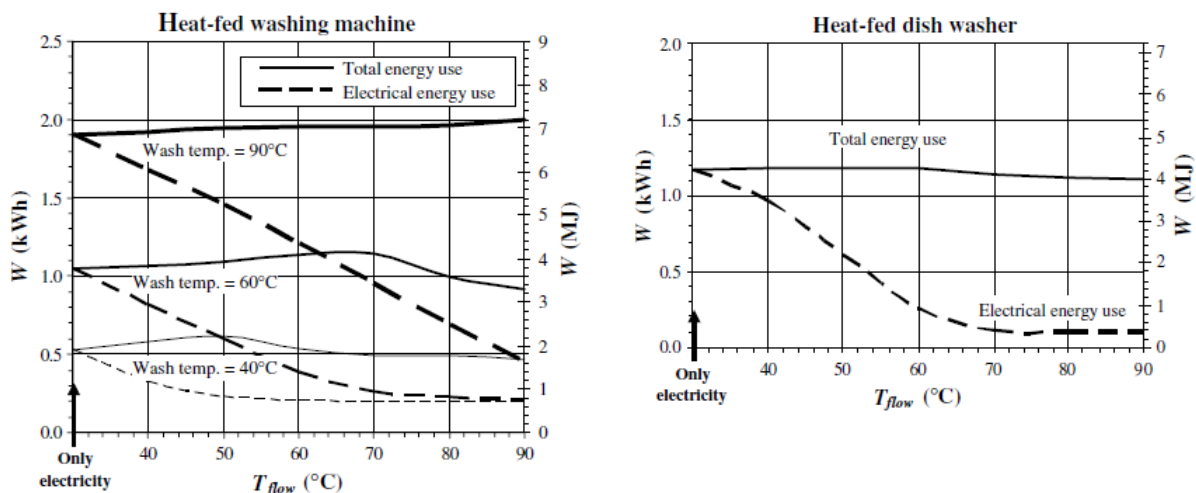
Figur 7 Två värmedrivna torkskåp installerade på Rösegårdsskolans förskola i Västerås. Det enda som tyder på att skåpen är värmedrivna är kopparrören som ansluter till fjärrvärmesystemet. [36]

3.3.4 Elenergi- och värmeenergibehov i HWC-maskiner

Figur 8 visar den simulerade energigångningen i de två värmedrivna tvättmaskins- och diskmaskinsprototyperna som Tomas Persson på Högskolan Dalarna gjorde år 2006 [30], för bakgrunden till simuleringen se kapitel 2.3.1. Till vänster i figuren visas det totala energibehovet (heldragna linjer) samt elenergibehovet (streckade linjer) i tvättmaskinen för 40°C-, 60°C- och 90°C-tvättar. Det högra diagrammet visar energianvändningen för diskmaskinen under ett 60°C-program. De två diagrammens x-axlar visar värmevattnets framledningstemperatur. Y-axlarna visar energi- och effektbehoven. Som nämnts tidigare har maskinerna ett visst grundbehov av elenergi för exempelvis rotation av tvättrumman. Detta grundläggande elenergibehov kan utläsas i båda graferna. Tvättmaskinens grundbehov ligger på cirka 0,8 W eller 0,2 kWh per tvättcykel, vilket syns särskilt tydligt för 40°C- och 60°C-tvättarna då deras elenergibehov aldrig går under denna nivå utan istället planar ut. För diskmaskinen är motsvarande grundbehov ungefär 0,4 W eller 0,1 kWh.

Allt eftersom värme överförs från värmevattnet till processmediet i värmeväxlaren så sjunker temperaturskillnaden mellan medierna. Den minskade temperaturskillnaden gör att värmeväxlingens effektivitet minskar. Om den önskade tvättemperaturen i tvättmaskinen exempelvis är 40°C så täcks hela uppvärmningsbehovet av 55°C värmevatten. Ju högre den önskade tvättemperaturen är desto större elenergiinsats krävs. Då tvätten ska ha en temperatur på 60°C behöver värmevattnet vara drygt 80°C för att ingen elenergi utöver den grundläggande driftelenergin ska krävas. Om tvätten istället ska ha en temperatur på 90°C räcker det inte med att värmevattnet också är 90°C, insats av elenergi för uppvärmning är då nödvändig.

I simuleringen av diskmaskinens 60°C-program kan elenergiebehovet för uppvärmning av processvattnet ersättas helt med värmevatten som har en temperatur på 70°C [30]



Figur 8. Simulerat energibehov i värmedriven tvättmaskin (till vänster) och diskmaskin (till höger). Elenergianvändningen visas med streckade linjer och den totala energianvändningen visas med heldragna linjer. Ju högre temperatur värmevattnet har (T_{flow}) desto mindre elenergi krävs för att värma processvattnet. [30]

Att högre temperatur på värmevattnet ger högre elenergiminuskningar gäller för samtliga av Askos HWC-produkter. Programvaran i de värmedrivna vitvarorna är designad för att maskinerna ska fungera så likt konventionellt eldrivna maskiner som möjligt med avseende på temperatur och tid. Programvaran jämför tiden det tar att komma upp i en viss processmedietemperatur med en förinställd tid-/temperaturkurva. I samtliga HWC-maskiner finns elektriska värmeelement och om det tar för lång tid att gå upp i nästa temperaturläge med endast värmevatten så går maskinen in och stöttar med elenergi. [39]

För alla Askos maskiner rekommenderas en minsta ingående värmevattentemperatur på 55°C [53]. För lägre temperaturer än 55°C blir verkningsgraden för låg för att det ska vara lönsamt att ha HWC-anslutning. En annan viktig faktor för att verkningsgraden ska vara optimal är att dimensionera tryck samt rörstorlek så att det rekommenderade flödet på 1,6 l/min upprätthålls. Ett exempel på fall där feldimensionering kan ske är om tvättmaskin och torktumlare seriekopplas. [39]

3.3.5 Prisuppgifter

Vad gäller priset för de värmedrivna vitvarorna var Askos mål från början att hamna runt 1 000 SEK dyrare jämfört med motsvarande konventionellt eldrivna maskiner. De konventionellt eldrivna modellerna är dock av en exklusiv sort och kostar redan betydligt mer än de vanligaste maskinerna på marknaden.

I ett tidigt skede av rapportskrivningen gavs, via intervjuer med Asko, prisuppgifter för HWC-maskinerna. Vitvaruleverantören uppgav då att det tidigare målet att HWC-maskinerna skulle vara 1 000 SEK dyrare per maskin jämfört med motsvarande konventionellt eldrivna modeller var orealistiskt. Det uppgavs vara mer realistiskt med ett mål på runt 2 000-2 500 SEK dyrare. Vid denna tidpunkt uppgav Asko att en HWC-tvätt- eller diskmaskin kommer kosta runt 9 000-10 000 SEK och att HWC-torktumlaren kommer vara något billigare. Således angavs priset för de konventionellt eldrivna maskinerna vara cirka 7 500 SEK. [39]

I ett senare stadium av rapportskrivningen lämnade Asko mer detaljerade prisuppgifter, vilka presenteras nedan i tabell 2. I samband med de nya prisuppgifterna uppgav Asko fortfarande att de värmedrivna disk- och tvättmaskinerna kommer kosta runt 9 000 SEK, närmare bestämt 9 000-9 500 SEK, men att detta pris är cirka 3 000 SEK dyrare (inte 2 000-2 500 SEK) jämfört med konventionellt eldrivna maskiner. Således

dras slutsatsen att Askos motsvarande konventionellt eldrivna disk- och tvättmaskiner kostar runt 6 000 SEK (inte 7 500 SEK). Vidare uppgavs den värmedrivna torktumlaren kosta cirka 7 000 SEK, varför den motsvarande konventionellt eldrivna torktumlaren antas kosta runt 4 000 SEK. Sammanfattningsvis innebar de nya prisuppgifterna från Asko att priset på de konventionellt eldrivna maskinerna är lägre än vad som angivits till byggherrarna under intervjuerna. [39]

Eftersom torkskåpet ännu inte släppts till produktion är priset för detta endast en indikation. Samtliga prisuppgifter är generella icke rabatterade priser. Vid uppköp av en större mängd maskiner uppges priserna bli lägre.

Tabell 2 Prisuppgifter för Askos HWC-maskiner. [39]

| Typ av vitvara | Prisuppgift |
|---|--------------------|
| HWC-hushållsdiskmaskin | 9 000-9 500 SEK |
| HWC-hushållstvättmaskin | 9 000 SEK |
| HWC-hushållstorktumlare | 7 000 SEK |
| HWC-fastighets-/professionell tvättmaskin | 15 500 SEK |
| HWC-fastighets-/professionell torktumlare | 11 000 SEK |
| HWC-torkskåp | 11 000- 12 500 SEK |

3.3.6 Programtabeller

Elenergianvändningen i värmedrivna diskmaskiner, tvättmaskiner, torktumlare och torkskåp beror på det inkommande värmevattnets temperatur samt rumstemperatur, lastmängd, valda tilläggsfunktioner med mera [55, 56, 41]. De värden som redovisas i detta kapitel bygger på mätningar som gjorts av Asko på företagets egna hushållsmaskiner och som anges i maskinernas bruksanvisningar. Ett undantag är torkskåpen, för vilka det inte finns några publicerade mätvärden.

Askos värmedrivna tvättmaskiner, diskmaskiner och torktumlare har tre grundprogram; ecoprogram, normal- eller autoprogram samt snabbprogram. I ecoprogrammet används värmevattnet i så stor utsträckning som möjligt, ofta på bekostnad av tid eftersom värmeväxlingens effektivitet inte alltid är så bra. I normal- eller autoprogrammet används värmevattnet i första hand men elenergi tillsätts vid behov för att programtiden inte ska bli för lång. I snabbprogrammet används både värmevatten och elenergi i full utsträckning för att programtiden ska kortas ner så mycket som möjligt. [39] De värmedrivna vitvarornas energiförbrukning och programtid redovisas vid temperaturerna 55°C samt 80°C. 55°C är den, av Asko, lägsta rekommenderade temperaturen och 80°C är den högsta temperatur som medföljande PEX-slangar tål.

Diskmaskin

I tabell 3 redovisas användningsvärden för Askos värmedrivna diskmaskin då den är ansluten till tappkallvatten, tappvarmvatten eller värmevatten. Mätningarna har gjorts för samma tre program då maskinen är ansluten till värmevattnetsystemet och då den drivs helt på elenergi. Skillnaden i elenergianvändning vid konventionell eldrift och värmedrift är därför enkel att avgöra. I tabellen anges värden för programmen *Normaldisk 60°C*, *Ecodisk 55°C* samt *Snabbdisk 30°C*. Det senare programmet är angivet med och utan tillvalen *Hög temperatur* och *Lång torkning*. Då diskmaskinen är ansluten till 80°C värmevatten är programtiden något kortare jämfört med konventionell eldrift vid samtliga tre program. Om maskinen istället är ansluten till 55°C värmevatten är disktiden istället något längre för Normal- och Ecodisk men lika lång för Snabbdisk. När diskmaskinen är tappvarmvattenansluten blir disktiderna lika långa eller något kortare jämfört med konventionell eldrift.

Tabell 3 Användningsvärden för Askos diskmaskin *D5654 SOF HWC* både när den är värmevattenansluten och när den är tappvattenansluten. Värdena vid värmedrift anges för tre olika program, där Snabbdisk har tillvalen ”Hög temperatur” och ”Lång torkning”. Värdena vid tappvarmvattendrft anges för samma program förutom att Snabbdisk inte har några tillval. [55]

| Program | Användningsvärden eldrift | | Användningsvärden tappvarmvattenanslutning (ca 60°C) | | Användningsvärden värmedrift | | | |
|----------------------------|---------------------------|-------------------|--|-------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|
| | Disktid (ca h:min) | Elenergi (ca kWh) | Disktid (ca h:min) | Elenergi (ca kWh) | Ansluten till 80°C värmevatten | | Ansluten till 55°C värmevatten | |
| | | | | | Disktid (ca h:min) | Elenergi (ca kWh) | Disktid (ca h:min) | Elenergi (ca kWh) |
| Normaldisk 60°C | 2:55 | 1,0 | 2:35 | 0,7 | 2:50 | 0,2 | 3:30 | 0,5 |
| Ecodisk 55°C | 2:40 | 1,0 | 2:20 | 0,6 | 2:30 | 0,1 | 3:00 | 0,6 |
| Snabbdisk 30°C med tillval | 1:00 | 1,0 | - | - | 0:40 | 0,5 | 1:00 | 0,9 |
| Snabbdisk 30°C | 0:20 | 0,2 | 0:20 | 0,1 | - | - | - | - |

I tabell 4 redovisas procentuell elenergiminnskning vid värmedrift och tappvarmvattendrft jämfört med konventionell eldrift. Eftersom det i en tappvarmvattenansluten diskmaskin sker en extra sköljning i varmt vatten jämfört med en konventionellt eldriven diskmaskin bör den totala energianvändningen vara något högre. I beräkningar i kommande kapitel kommer det dock antas att en tappvarmvattenansluten maskin har samma totala energianvändning som en konventionellt eldriven maskin. Detta antagande kan anses vara realistiskt eftersom den största energiåtgången ändå går till återuppvärmning av det vatten som den varma sköljningen innebär, samt eftersom maskinen inte kyls ner av någon kall mellansköljning.

Tabell 4 Procentuell elenergiminnskning i Askos diskmaskin *D5654 SOF HWC* både när den är värmevattenansluten och när den är tappvarmvattenansluten, jämfört med konventionell eldrift. Värdena är beräknade genom jämförelse mellan värmedriftprogrammen och eldriftprogrammen.

| Program | Procentuell elenergiminnskning tappvarmvattendrft | | Procentuell elenergiminnskning värmedrift | |
|-----------------|---|--|---|--------------------------------|
| | Ansluten till 60°C tappvarmvatten | | Ansluten till 80°C värmevatten | Ansluten till 55°C värmevatten |
| Normaldisk 60°C | 30 % | | 80 % | 50 % |
| Ecodisk 55°C | 40 % | | 90 % | 40 % |
| Snabbdisk 30°C | 50 % | | 50 % | 10 % |

Tvättmaskin

I tabell 5 redovisas elenergianvändningsvärden för Askos värmedrivna tvättmaskin. Mätningarna på tvättmaskinen har gjorts för ett program vid eldrift med kallvattenanslutning och för tre motsvarande program vid värmedrift. I tabellen anges värden för programmet *Normal vit/kulört 60°C* då maskinen är konventionellt eldriven. I tabellen anges även värden för motsvarande program när maskinen är värmevattenansluten, men då med de tre olika inställningarna *Eco-, Auto- eller Quicktvätt*. Varför inga mätningar på grundprogrammet, utan någon särskild inställning, gjorts vid värmedrift är oklart och försvårar jämförelsen något. Då maskinen är ansluten till 80°C värmevatten är programtiden lika lång som vid konventionell eldrift både vid Auto- och Ecotvätt. Snabbprogrammet Quicktvätt är något kortare men drar också mer elenergi. Då maskinen är ansluten till 55°C värmevatten är tvättiden väsentligt längre, som mest 50 minuter (ecoprogrammet). Elenergianvändningen är trots de långa tvättiderna inte så låg som med 80°C värmevatten.

Tabell 5 Användningsvärden i Askos tvättmaskin *W6884 HWC* när den är värmevattenansluten jämfört med konventionell eldrift. Värdena anges för programmet *Normal vit/kulört 60°C* vid eldrift och för motsvarande program vid värmedrift, men då med de tre olika inställningarna Eco-, Auto- och Quicktvätt. [41]

| Program | Användningsvärden eldrift | | Användningsvärden värmedrift | | | |
|---|---------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | Tvättid (ca h:min) | Elenergi (ca kWh) | Ansluten till 80°C värmevatten | | Ansluten till 55°C värmevatten | |
| | | | Tvättid (ca h:min) | Elenergi (ca kWh) | Tvättid (ca h:min) | Elenergi (ca kWh) |
| Normal vit/kulört 60°C | 3:20 | 1,10 | - | - | - | - |
| Normal vit/kulört 60°C Autotvätt | - | - | 3:20 | 0,2 | 3:50 | 0,5 |
| Normal vit/kulört 60°C Ecotvätt | - | - | 3:20 | 0,2 | 4:10 | 0,4 |
| Normal vit/kulört 60°C Quicktvätt | - | - | 3:10 | 0,8 | 3:15 | 0,9 |

I tabell 6 redovisas den procentuella elenergiminskningen vid värmedrift jämfört med konventionell eldrift. HWC-programmen jämförs med programmet *Normal vit/kulört 60°C* vid konventionell eldrift.

Tabell 6. Procentuell elenergiminskning i Askos tvättmaskin *W6884 HWC* när den är värmevattenansluten jämfört med konventionell eldrift. Värdena är beräknade genom jämförelse mellan värmedriftprogrammen och eldriftprogrammet *Normal vit/kulört 60°C*.

| Program | Procentuell elenergiminskning värmedrift | |
|--------------------------------------|--|--------------------------------|
| | Ansluten till 80°C värmevatten | Ansluten till 55°C värmevatten |
| Normal vit/kulört 60°C Autotvätt | 82 % | 55 % |
| Normal vit/kulört 60°C Ecotvätt | 82 % | 64 % |
| Normal vit/kulört 60°C Quicktvätt | 27 % | 18 % |

I tabell 7 redovisas användningsvärden för Askos dubbelt tappvattenanslutna tvättmaskin. Mätningarna på denna tvättmaskin gjordes då tappvarmvattnet var 60°C för programmet *Standard bomull* vid 90°C, 60°C och 40°C. [57] I tabellen anges även den procentuella elenergiminskningen som uppnås vid dubbel tappvattenanslutning jämfört med konventionell eldrift/kallvattenanslutning. Ju lägre temperatur processvattnet ska ha, desto större blir elenergiminskningen. Samtliga tvättider blir kortare vid dubbel tappvattenanslutning än vid konventionell eldrift.

Tabell 7 Användningsvärden i Askos tvättmaskin *W6884 ECO* när den är dubbelt tappvattenansluten jämfört med konventionell eldrift. Värdena anges för programmet *Standard bomull* vid 90°C, 60°C och 40°C. Även den procentuella elenergiminskningen när maskinen är dubbelt tappvattenansluten jämfört med konventionell eldrift anges. [57]

| Program | Användningsvärden eldrift | | Användningsvärden dubbel tappvattenanslutning | | Procentuell elenergiminskning vid dubbel tappvattenanslutning |
|----------------------|---------------------------|-------------------|---|-------------------|---|
| | Tvättid (ca h:min) | Elenergi (ca kWh) | Tvättid (ca h:min) | Elenergi (ca kWh) | |
| Standard bomull 90°C | 2:25 | 2,1 | 2:00 | 1,4 | 33 % |
| Standard bomull 60°C | 3:15 | 1,2 | 2:50 | 0,5 | 58 % |
| Standard bomull 40°C | 3:00 | 0,7 | 2:45 | 0,2 | 71 % |

Torktumlare

I tabell 8 redovisas användningsvärden för Askos värmedrivna frånluftstorktumlare för privat bruk. Mätningarna på torktumlaren har gjorts för ett program vid eldrift och för två motsvarande program vid värmedrift. I tabellen anges värden för programmet *Auto normaltorrt* då maskinen är konventionellt eldriven. Värdena anges även för motsvarande program när maskinen är värmevattenansluten, men då med de två olika inställningarna Eco- eller Quicktvätt. Varför inga värden på ett autoprogram gjordes är oklart och försvårar jämförelsen något. [56] Gemensamt för både el- och värmedrift är att värdena gäller för torkning av full last vid 1 000 varv per minut [58].

Tabell 8 Användningsvärden i Askos torktumlare *T784 HWC frånluft* när den är värmevattenansluten jämfört med konventionell eldrift. Värdena anges för programmet *Auto normaltorrt* vid eldrift och för motsvarande program vid värmedrift, men då med de två olika inställningarna Eco- och Quicktvätt. [56]

| Program | Användningsvärden eldrift | | Användningsvärden värmedrift | | | |
|------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|
| | Torktid (ca h:min) | Elenergi (ca kWh) | Ansluten till 80°C värmevatten | | Ansluten till 55°C värmevatten | |
| | Torktid (ca h:min) | Elenergi (ca kWh) | Torktid (ca h:min) | Elenergi (ca kWh) | Torktid (ca h:min) | Elenergi (ca kWh) |
| Auto normaltorrt | 1:45 | 3,51 | - | - | - | - |
| Auto normaltorrt Eco | - | - | 2:10 | 0,45 | 3:40 | 0,75 |
| Auto normaltorrt Quick | - | - | 1:15 | 2,45 | 1:30 | 3,18 |

I tabell 9 redovisas den procentuella elenergiminskningen vid värmedrift jämfört med konventionell eldrift. HWC-programmen jämförs med programmet *Auto Normaltorrt* vid konventionell eldrift. Då maskinen är ansluten till 80°C värmevatten är programtiden vid Ecotorkning 20 minuter längre jämfört med konventionell eldrift. Elenergianvändningen är sänkt med nästan 90 %. Vid Quicktorkning är programtiden kortare än vid eldrift, men elenergianvändningen är bara sänkt med drygt 30 %. Då maskinen är ansluten till 55°C värmevatten är programtiden mer än dubbelt så lång vid Ecotvätt som vid konventionell eldrift, tre timmar och 40 minuter jämfört med en timme och 45 minuter. Elenergianvändningen är sänkt med knappt 80 %. Vid Quicktvätt hålls programtiden nere, den är till och

med kortare än vid konventionell eldrift, men elenergianvändningen är då bara sänkt med 9 % jämfört med eldrift.

Tabell 9 Elenergiminuskning i Askos torktumlare T784 HWC frånluft när den är värmevattenansluten jämfört med konventionell eldrift. Värdena är beräknade genom jämförelse mellan värmedriftprogrammen och eldriftprogrammet *Auto normaltorrt*.

| Program | Procentuell elenergiminuskning vid värmedrift | |
|------------------------|---|--------------------------------|
| | Ansluten till 80°C värmevatten | Ansluten till 55°C värmevatten |
| Auto normaltorrt Eco | 87 % | 79 % |
| Auto normaltorrt Quick | 30 % | 9 % |

Torkskåp

Eftersom det ännu inte finns någon energianvändningsdata för värmedrivna torkskåp undersöks energianvändningen i konventionellt eldrivna torkskåp. Energimyndigheten testade år 2011 energianvändningen i fyra olika torkskåp [59]. Undersökningen sammanfattas i tabell 10 nedan.

Tabell 10 Elenergianvändning i olika torkskåp. Nederst i tabellen är ett genomsnittligt energianvändningsvärde beräknat. [60]

| Modell | Kapacitet | Testat program | Energianvändning per torkning (kWh) |
|---|-----------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Electrolux EDD2400 | 5 kg | 60°C + tidsinställning | 4,7 |
| Nimo ETS 1700 | 3,5 kg | Max värme + tidsinställning | 3,0 |
| Nimo ETS 1900E Eco Dryer | 3,5 kg | Automatiskt program 60°C | 3,2 |
| Electrolux Wascator TS60ES (äldre modell) | 4 kg | Snabbläge 60°C + tidsinställning | 3,3 |
| Genomsnittlig elenergianvändning | | | 3,55 |

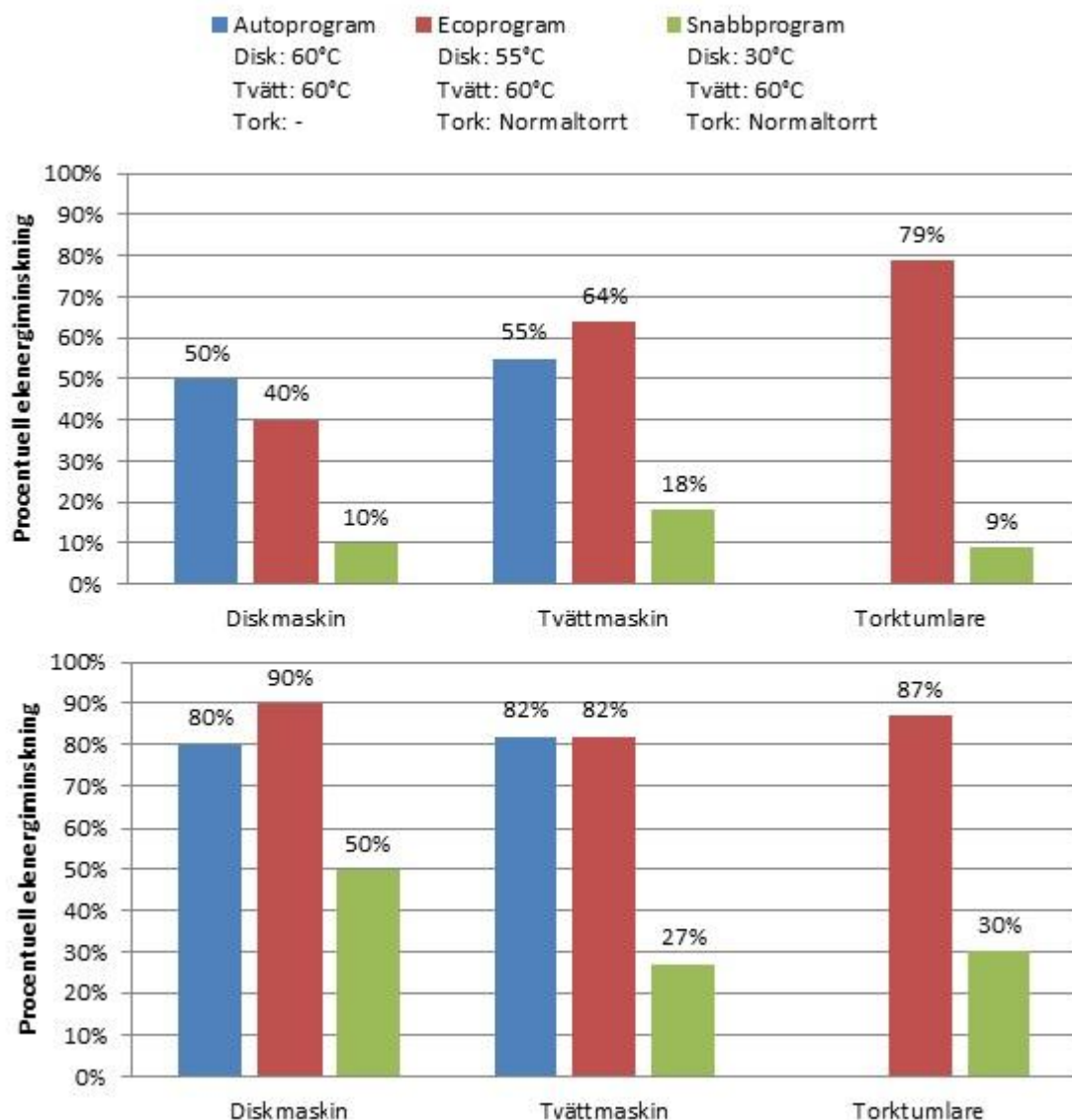
De olika modellerna har olika kapacitet, från 3,5 kg till 5 kg, vad Askos torkskåp har för kapacitet är oklart. Samtliga skåp är testade för ett 60°C-program och den genomsnittliga energianvändningen per torkning är 3,55 kWh. En elenergiminuskning på 90 %, vilket är målet i Askos torkskåp, motsvaras då av 3,2 kWh. [60]

Sammanställning

I figur 9 anges de procentuella elenergiminuskningarna för respektive maskin och program med 55°C och 80°C värmevatten, jämfört med eldrift. Diskmaskinsvärdena är uträknade via jämförelse mellan samma programinställningar vid värmedrift som vid eldrift. Tvättmaskinsvärdena är uträknade via jämförelse med programmet *Normal vit/kulört 60°C* vid eldrift. Torktumlarvärdena är uträknade via jämförelse med programmet *Auto normaltorrt* vid eldrift. Vid värmedrift är autovärdena angivna för en 60°C-disk och en 60°C-tvätt. Det finns i dagsläget inga värden att tillgå för torktumlaren vid denna inställning, varför det saknas en blå stapel för torktumlaren. Ecovärdena gäller för en 55°C-disk och en 60°C-tvätt samt en torkning med inställning normaltorrt. Snabbvärdena gäller för en 30°C-disk med tillvalen *Hög temperatur* och *Lång torkning*, en 60°C-tvätt samt en torkning med inställning normaltorrt.

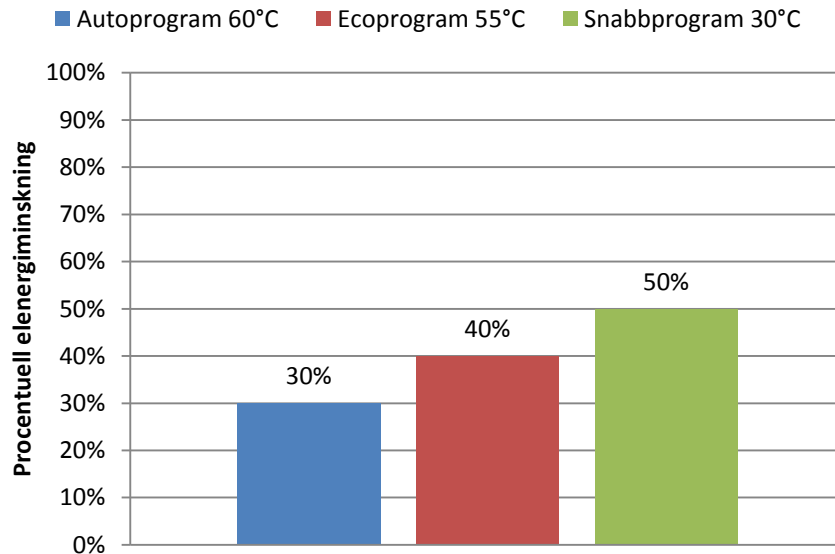
Vid jämförelse av diagrammen i figur 9 syns det tydligt att en högre temperatur på värmevattnet även innebär större elenergiminuskningar. Vidare ger ecoprogrammen i samtliga fall elenergiminuskningar som är väsentligt högre jämfört med snabbprogrammen. Generellt ger de även elenergiminuskningar som är högre än eller lika stora som autoprogrammen. Ett undantag syns dock i det översta diagrammet i figur 9, vilket visar värden med 55°C värmevatten, där diskmaskinens ecoprogram ger 10 % lägre elenergiminuskning jämfört med autoprogrammet. Någon förklaring till undantaget kan inte ges förutom att det kan handla om programtiden, vilken är en halvtimme kortare för ecoprogrammet än för autoprogrammet. En

förutsättning för ecoprogrammens förmåga att minska elenergianvändningen är just att de får ta längre tid. När det sätts en begränsning i hur lång tid ecoprogrammen får ta så begränsas även den möjliga elenergibesparingen.



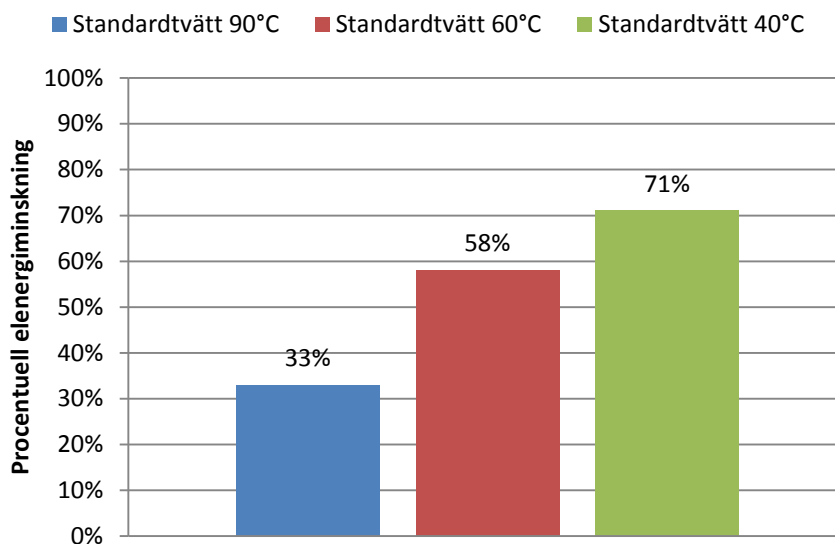
Figur 9 Procentuell elenergiminnskning i värmedrivna vitvaror vid olika programinställningar jämfört med konventionell eldrift. Det översta diagrammet visar värden med 55°C värmevatten, det nedersta diagrammet visar värden med 80°C värmevatten. De blåa staplarna anger minskningen vid normal- eller autoinställning. Inga värden finns att tillgå för värmedriven torktumlare vid denna inställning. De röda staplarna anger minskningen vid ecoinställning. De gröna staplarna anger minskningen vid snabbinställning.

I figur 10 anges de procentuella elenergiminnskningarna för diskmaskinen då den är tappvarmvattenansluten vid 60°C, jämfört med eldrift. Värdena är uträknade via jämförelse mellan samma programinställningar vid tappvarmvattendrft som vid eldrift. Ju lägre den önskade programtemperaturen är desto högre blir elenergiminnsningen. Detta syns tydligt då Snabbdisken sker vid 30°C och har en minskning på 50 %, Ecodisken sker med 55°C och har en minskning på 40 % och Autodisken som sker vid den högsta temperaturen på 60°C har en minskning på 30 %.



Figur 10 Procentuell elenergiminskning i tappvarmvattenansluten diskmaskin vid olika programinställningar jämfört med konventionell eldrift. Samtliga värden gäller vid 60°C tappvarmvatten. Den blåa stapeln anger minskningen vid normal- eller autoinställning. Den röda stapeln anger minskningen vid ecoinställning. Den gröna stapeln anger minskningen vid snabbinställning

I figur 11 anges de procentuella elenergiminskningarna för den dubbelt tappvattenanslutna tvättmaskinen, jämfört med då den drivs uteslutande med elenergi. Värdena är uträknade via jämförelse mellan samma programinställningar vid dubbel tappvattenanslutning som vid eldrift. Precis som i den tappvarmvattendriven diskmaskinen blir elenergiminskningen högre ju lägre den önskade programtemperaturen är. Vid dubbel tappvattenanslutning blir denna effekt dock ännu mer framträdande. Vid en processmedietemperatur på 40°C är elenergiminskningen 71 %, vid 60°C är minskningen 58 % och vid 90°C är minskningen 33 %.



Figur 11 Procentuell elenergiminskning i dubbelt tappvattenansluten tvättmaskin vid olika programinställningar jämfört med konventionell eldrift. Samtliga värden gäller vid 60°C tappvarmvatten. Den blåa stapeln anger minskningen vid standardtvätt 90°C, den röda stapeln anger minskningen vid 60°C-tvätt och den gröna stapeln anger minskningen vid 40°C-tvätt.

3.3.7 Jämförelse tappvattenanslutna och värmedrivna vitvaror

En jämförelse mellan diagrammen i figur 9 och figur 10-11 visar att elenergiminskningen generellt sett är större i värmedrivna tvätt- och diskmaskiner jämfört med tappvarmvattenanslutna eller dubbelt tappvattenanslutna vitvaror. Förklaringen till detta ligger i att när processvattnet når in i maskinen så kyls det ner eftersom maskinerna samt tvätten/disken i sig är relativt kalla. Vattnet måste då återuppvärmas, något som i en tappvarmvattenanslutna eller dubbelt tappvattenanslutna maskin sker med elenergi. I en värmedriven maskin sker återuppvärmningen istället i värmeväxlaren med hjälp av värmevatten. Med andra ord går den största delen av energibehovet inte åt till att värma processvattnet utan till att indirekt värma själva maskinerna och tvätten/disken. Detta är den största orsaken till att elenergibesparingen i tappvarmvattenanslutna eller dubbelt tappvattenanslutna vitvaror är mindre än i värmedrivna vitvaror. [29] I tappvarmvattenanslutna eller dubbelt tappvattenanslutna vitvaror är det dessutom sannolikt att vattnet i den inkopplade varmvattenledningen svalnar mellan själva cyklerna, samt eventuellt mellan de olika faserna i cyklerna. Även detta kräver återuppvärmning med elenergi.

3.4 Systemlösningar

Vid installation av värmedrivna vitvaror finns det framför allt två olika systemlösningar som är aktuella; Separat Vitvarukretsmodellen och Västeråsmodellen. De två modellerna kan anpassas och utvecklas efter var de ska appliceras och kan därför i verkligheten avvika något från teorin.

3.4.1 Separat Vitvarukretsmodellen

I en undercentral, belägen antingen i en källare i ett flerbostadshus eller i en separat byggnad i ett villaområde, växlas fjärrvärme över till tre sekundära kretsar: tappvarmvattenkrets, värmekrets och vitvarukrets. Ledningar går från undercentralen till respektive brukare. [32] För flödesschema i flerbostadshus se bilaga A. En separat vitvarukrets lämpar sig särskilt bra i befintliga byggnader, där det redan finns kretsar för tappvarmvatten och radiatorer. I dessa byggnader skulle det bli praktiskt omständigt och tekniskt svårt att koppla in vitvarorna på de befintliga kretsarna. Dock är det mer komplicerat att dra nya kretsar i befintliga hus jämfört med i nybyggnation. Negativt med Separat Vitvarukretsmodellen är att det blir högre installationskostnader för rören samt större värmeförluster jämfört med Västeråsmodellen. Detta beror främst på att det är fler meter rör i Separat Vitvarukretsmodellen jämfört med Västeråsmodellen. En fördel med separat vitvarukrets är att vattnet teoretiskt sett kan ha olika temperatur i de tre olika kretsarna. Således kan en hög ingående vattentemperatur fås till vitvarorna och därmed kan en större mängd elenergi ersättas med värmeenergi. Ett exempel där Separat Vitvarukretsmodellen har använts är i Västerås där torkskåp har installerats på Rösegårdsskolans förskola, för mer information se kapitel 2.3.1. [35]

Separat Vitvarukretsmodellen med tre kretsar är inte alltid aktuell i lågenergihus eftersom dessa ibland inte har några radiatorer. Husen kan istället exempelvis ha uppvärmning i form av ett vattenburet värmebatteri i tilluften. Ett alternativ i denna typ av hus skulle kunna vara att använda Separat Vitvarukretsmodellen med endast två kretsar, en för tappvarmvatten och en för vitvaror och ett eventuellt värmeluftsbatteri. Detta alternativ har dock ännu inte utretts.

3.4.2 Västeråsmodellen

I en undercentral, belägen antingen i en källare i ett flerbostadshus eller i en separat byggnad i ett villaområde, växlas fjärrvärme över till ett sekundärt värmesystem. Den sekundära kretsen dras från undercentralen till respektive brukare, där den dels växlas över till varmvatten och dels används direkt till värme och vitvaror. [32] För flödesschema i flerbostadshus se bilaga A. Två av demonstrationsprojekten med värmedrivna vitvaror som finns i Västerås, Mimers 160 lägenheter i fyra huskroppar samt Arosekens 20 villor, är lågenergihus som inte har några radiatorer. Den värme som behöver tillföras trots husens välisolerade väggar, fås genom att tilluften hettas upp i ett vattenburet batteri som är kopplat till

värmevattnet. Det finns i dagsläget inga projekt där Västeråsmodellen har tillämpats i normaliserade hus med radiatorer.

När Västeråsmodellen tillämpas i flerbostadshus har varje lägenhet en värmeväxlare, vilket innebär både för- och nackdelar. Den extra kostnad som en värmeväxlare i varje lägenhet medför kompenseras av att det behövs färre meter rör jämfört med Separat Vitvarukretsmodellen. Det blir dock högre pumpkostnader med Västeråsmodellen eftersom differenstrycken över värmeväxlarna måste upprätthållas, detta förklaras vidare i kapitel 4.3. En fördel med Västeråsmodellen jämfört med Separat Vitvarukretsmodellen är att det behövs färre mätare för att få individuell mätning av kallvatten, varmvatten, uppvärmning och värmevatten till vitvarorna. I Västeråsmodellen behövs det två mätare: en flödesmätare på kallvattnet och en värmemängdsmätare på värmesystemet. I Separat Vitvarukretsmodellen behövs det istället fyra mätare: flödesmätare för kall- och varmvatten samt värmemängdsmätare på värmesystem och vitvarukrets. Genom att ha fler mätare går det att få information om hur mycket olika enheter drar, vilket kan vara en fördel, men det blir också fler mätvärden att hantera. [32]

I lägenheterna som Mimer byggt i Västerås har kostnaderna inte blivit särskilt mycket större med värmedrivna vitvaror i Västeråsmodellen jämfört med konventionellt byggnadssätt och eldrivna vitvaror. Detta uppges bero på att kostnader för rör och rördragningar har undvikts. Till vilket pris vitvarorna köpts in är oklart. Hyresgästernas hyror blir totalt sett inte högre på grund av att den valda systemlösningen är Västeråsmodellen. Då användningen av det ofta billigare energislaget värme ökar i kombination med att den dyrare energiformen el minskar, kommer troligtvis boendekostnaden totalt sett att minska något. [35]

För att byta ut så mycket elenergi mot värmeenergi som möjligt i vitvarorna bör framledningstemperaturen i värmevattenkretsen till vitvarorna vara så hög som möjligt. Mälarenergi i Västerås har i sina projekt dimensionerat framledningstemperaturen i Västeråsmodellen efter värme- och varmvattenbehovet eftersom detta behov är mycket större, både flödesmässigt och effektmässigt, jämfört med behovet till vitvarorna. Denna skillnad i värmeenergibehov är också anledningen till att den samlade returtemperaturen i fjärrvärmenätet inte uppges påverkas nämnvärt av de värmedrivna vitvarorna. Vanlig framledningstemperatur på sekundärkretsen till tappvarmvattnet är runt 60°C. En lägre temperatur än denna kan innebära att lägenhetsvärmeväxlarna blir stora samt att risken för tillväxt av legionellabakterier ökar. [35]

Under intervjuerna med de byggherrar som är aktuella för byggnation på Solbjer framkom funderingar kring behovet av varmvattenberedare i anknötning till lägenhetsvärmeväxlarna (se kapitel 5.4.2). Dagens värmeväxlare är dock så pass effektiva vid rätt dimensionering att varmvattenberedare inte är nödvändiga. [61]

3.4.3 Gemensam tvättstuga

Föregående beskrivna systemlösningar är aktuella för flerbostadshus och villor där samtliga typer av värmedrivna vitvaror finns i varje hus eller lägenhet. I flerbostadshus kan en alternativ lösning vara att ha tvättmaskiner och torktumlare i en gemensam tvättstuga i källaren istället. Tvättstugan kan eventuellt kombineras med värmedrivna diskmaskiner i lägenheterna. En lösning med en gemensam tvättstuga med värmedrivna tvätt- och torktumlare, samt vanliga eldrivna diskmaskiner i lägenheterna, innebär att inga extra rördragningar behöver göras till lägenheterna. Det enda som krävs är en separat krets till tvättstugan som vanligtvis håller sig i källarplan, där även husets värmeväxlare brukar finnas. Det är osäkert huruvida det är lönsamt eller ej att installera och dra separata vitvarukretsar till diskmaskiner i lägenheter som har gemensam tvättstuga. Inga vidare studier har gjorts på scenariot.

4. Beräkningar

I detta kapitel redovisas energipriser och statistiska antaganden som sedan används i beräkningar av installations- och livscykelkostnader samt klimatpåverkan från de värmedrivna vitvarorna. Även en visualisering av Solbjers förväntade elenergiminskning och värmelastökning redovisas.

4.1 Energipriser

Vilka energipriser som används vid beräkningarna av lönsamhet och andra aspekter för värmedrivna vitvaror, är helt avgörande för resultaten. Eftersom det i Lund och Solbjer är Lunds Energikoncernen som äger både elnätet och fjärrvärmenätet kommer detta företags nätavgifter att användas. Det är även Lunds Energikoncernens fjärrvärmepriser som används. Vad gäller elenergipriset kommer statistiska medelvärden för hela landet att användas eftersom elmarknaden idag är avreglerad. De energipriser som används i denna rapport redovisas i tabell 11. För antaganden och källor se nedanstående delkapitel.

Tabell 11 Samtliga energiavgifter som används vid beräkningar. Källa till avgifterna redovisas i nedanstående kapitel.

| Typ av energiavgift | Kostnad |
|--|--------------|
| Rörligt fjärrvärmepris (inklusive moms) | 100 öre/kWh |
| Totalt elpris exklusive fast elnätsavgift (inklusive rörlig nätavgift och skatter) | 140 öre/kWh |
| Fast nätavgift el (inklusive moms) | 1 681 SEK/år |
| Totalt elpris inklusive fast elnätsavgift (inklusive rörlig nätavgift, skatter samt fast elnätsavgift fördelat på en energiförbrukning på 3000 kWh/år) | 200 öre/kWh |

4.1.1 Fjärrvärmepris

Den dominerande bostadsformen på Solbjer kommer troligen att vara lågenergifierbostadshus. Lägenheterna antas ha kallhyra och vara utrustade med lägenhetsvis varmvattenavläsning. Att ha lägenhetsvis varmvattenavläsning ger en rättvisare kostnadsfördelning och visualiserar energianvändningen på ett bättre sätt än vid varmhya. Detta förstärks ytterligare om värmedrivna vitvaror installeras eftersom värmelasten från dessa varierar mycket utifrån olika personers vanor och beteenden.

Vid varmhya i ett flerbostadshus idag har ägaren eller föreningen ett företagsavtal. Om kallhyra istället tillämpas kommer varje lägenhet att inneha ett eget fjärrvärmeavtal [62]. Den avtalsform som idag lämpar sig bäst för små energikunder är det rörliga fjärrvärmeavtalet som Lunds Energikoncernen erbjuder, vilket innebär ett pris på **100 öre/kWh**. [63] Vanligtvis brukar fjärrvärmepriset bestå av en rörlig del och en fast del, men i detta avtal är den fasta delen inbakad i det rörliga priset. Vilka avtalsformer och priser som till sist kommer att vara aktuella på Solbjer är dock ytterst osäkert. Det är möjligt att det utvecklas en helt ny typ av avtal och att priserna är helt andra än dagens, beroende på den unika situationen med spillvärmertilgången och de höga hållbarhetsambitionerna i området. I Lund håller även ett nytt biokraftvärmeverk på att byggas: Örtoftaverket. Från och med invigningen av detta, i mars år 2014, kommer koldioxidutsläppen att sänkas med 205 000 ton årligen. Förhoppningen är att Örtoftaverket tillsammans med ESS och MAX IV bidrar till att fjärrvärmepriset inte behöver stiga så mycket som annars kan väntas i framtiden. [64]

4.1.2 Elpris

Elpriset består av två delar, dels en elenergiavgift och dels en nätavgift. För att få ett så rättvist elenergipris som möjligt har statistik inhämtats från Statistiska centralbyrån, SCB. I tabell 12 redovisas medelvärden för specifika avtalstyper och hur stor andel kunder som har de specifika avtalstyperna. Efter viktning mellan de olika avtalstyperna beräknas det genomsnittliga elenergipriset till **68,5 öre/kWh**.

Tabell 12 För att beräkna elenergi priset har information om elenergi pris och fördelning av avtalstyp inhämtats från Statistiska centralbyrån. Värdena redovisas exklusive skatter. [65]

| Avtalstyp | Medelvärde elenergi pris under åren 2010-2012 (öre/kWh) | Fördelning av avtal på olika avtalstyper under 2012 (%) |
|----------------------------|---|---|
| Tillsvidareavtal | 87,31 | 20 |
| Rörligt pris | 62,01 | 30 |
| Fast pris 1, 2, 3-årsavtal | 64,81 | 50 |

Lunds Energikoncernens elnätsavgift består av två delar, dels en rörlig del och dels en fast del. År 2013 är den rörliga nätavgiften 16,25 öre/kWh för samtliga kundtyper och den fasta avgiften, för lägenheter, är 1 681 SEK/år inklusive moms. [66]

Utöver elenergiavgift och nätavgift tillkommer skatt och moms för varje köpt kWh. Elskattesatsen för år 2013 är 19,4 öre/kWh för vissa kommuner i norra Sverige och för resten av Sverige är skattesatsen 29,3 öre/kWh [67]. I denna rapport används skattesatsen 29,3 öre/kWh. Momsen för el är 25 % [68].

Det totala elpriset (exklusive elnätsavgift) är beräknat till **140 öre/kWh**, se tabell 13.

Tabell 13 Sammanfattande tabell över elpriset, informationen är hämtad från ovanstående text.

| Avgiftsslag | Kostnad |
|--|----------------------------|
| Elenergiavgift (exklusive skatt och moms) | 68,5 öre/kWh |
| Rörlig nätavgift (inklusive moms) | 16,25 öre/kWh |
| Elskatt | 29,3 öre/kWh |
| Moms | 25 % |
| Totalt elpris exklusive fast elnätsavgift | 140 öre/kWh (138,5) |

Vad gäller den fasta elnätsavgiften är det svårt att fördela den rättvist eftersom den beror på det totala elenergi behovet under ett år i en bostad. Vid en elnätsavgift på 1 681 SEK/år får exempelvis en lägenhet som använder 2 000 kWh/år en fast elnätsavgift på 84 öre/kWh. En lägenhet som däremot använder 10 000 kWh/år får en fast elnätsavgift på 17 öre/kWh.

En viktig fråga är om den fasta elnätsavgiften skall räknas med i det totala elpriset eller inte vid beräkningar som rör de värmedrivna vitvarorna. Ett tänkbart resonemang är att den fasta nätavgiften måste betalas vare sig det finns värmedrivna vitvaror eller inte, eftersom elektricitet kommer behövas till exempelvis lampor och elektronik. Detta medför att den fasta nätavgiften skulle kunna exkluderas ur beräkningarna som rör endast värmedrivna vitvaror. Dock är den fasta avgiften för fjärrvärme inräknat i den ovan valda prismodellen varför även den fasta elnätsavgiften borde inkluderas i elenergi priset, vilket görs i denna rapport.

En genomsnittlig lägenhet förbrukar idag runt 3 000 kWh energi per år om uppvärmning och varmvatten exkluderas [69]. Om den fasta elnätsavgiften 1 681 SEK fördelas på dessa 3 000 kWh skulle det totala elenergi priset öka med **56,0 öre/kWh**. Det slutliga priset hamnar då på knappt **200 öre/kWh**, se tabell 14.

Tabell 14 Totalt elpris inklusive fast elnätsavgift.

| | |
|--|--------------------|
| Totalt elpris exklusive fast elnätsavgift | 140 öre/kWh |
| Fast elnätsavgift fördelat på ett årligt elenergi behov på 3 000 kWh | 56 öre/kWh |
| Totalt elpris inklusive fast elnätsavgift | 200 öre/kWh |

4.2 Excelberäkningar Solbjer

På Solbjer beräknas det byggas 700 bostäder. Varje bostad antas innehålla en tvättmaskin, en torktumlare och en diskmaskin. Den totala elenergiminskningen som kan uppnås på Solbjer beräknas utifrån det totala antalet cykler i området och elenergianvändningsdifferensen mellan eldrivna maskiner och värmedrivna respektive tappvarmvattenanslutna/dubbelt tappvattenanslutna maskiner. Kalkyleringarna görs i en för ändamålet särskilt designad Excelfil, med hjälp av de programtabeller som finns i kapitel 3.3.6. Excelfilen för Solbjer återfinns i bilaga C. Viktigt att återigen konstatera är att vitvarorna inte ger upphov till någon total minskning av energianvändningen utan ett skifte från elenergianvändning till värmeenergianvändning. På grund av detta är den elenergiminskning som vitvarorna ger samma, sett till faktiska kilowattimmar, som den potentiella värmelastökningen i Solbjers fjärrvärmenät.

4.2.1 Antaganden

I detta kapitel redovisas de antaganden som gjorts för beräkningar av elenergiminskningen på Solbjer. I beräkningarna av elenergianvändning i vitvaror på området används statistik över det totala antalet cykler per år för respektive vitvara. Statistiken är hämtad från EU:s förordningar om energimärkning för var och en av vitvarorna och redovisas i tabell 15 nedan:

Tabell 15 Antal cykler per år för respektive vitvara som används i samtliga beräkningar i rapporten [6, 7, 8].

| Vitvarutyp | Antal cykler per år |
|-------------|---------------------|
| Tvättmaskin | 220 |
| Torktumlare | 160 |
| Diskmaskin | 280 |

Asko har, baserat på lång erfarenhet och kundkontakt, uppskattat att den procentuella fördelningen mellan 40°C-, 60°C- och 90°C-tvättar är 85 %, 10 % och 5 %. Då elenergianvändningen i värmedrivna, tappvattenanslutna eller helt eldrivna maskiner är olika vid olika tvättemperaturer borde temperaturfördelningen av tvättar appliceras vid energianvändningsjämförelser. Det föreligger dock ett problem med denna jämförelse eftersom Asko inte har utfört elenergianvändningstester på sina värmedrivna tvättmaskiner vid någon annan temperatur än 60°C.

För att få en uppfattning om hur den verkliga elenergiminskningen kan se ut på Solbjer då Askos procentuella temperaturfördelning används, appliceras resultat från Perssons tvättmaskinsprototypsimuleringar. Dessa resultat är beskrivna i kapitel 3.3.4. Simuleringar gjordes då prototypen var värmedriven för 40°C-, 60°C- och 90°C-tvättar. Prototypens programtemperaturer och elenergianvändning redovisas i tabell 16 nedan.

Tabell 16 Elenergianvändningsvärden för den värmedrivna tvättmaskinsprototypen. Enhet är kWh per cykel.

| Program | Ansluten till 80°C värmevatten | Ansluten till 55°C värmevatten | Eldrift |
|--------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------|
| 40°C-program | 0,2 | 0,2 | 0,6 |
| 60°C-program | 0,2 | 0,5 | 1,1 |
| 90°C-program | 0,7 | 1,3 | 1,95 |

Vid 60°C-tvätt använde prototypen cirka 1,1 kWh elenergi vid eldrift och 0,5 kWh vid värmedrift, med 55°C värmevatten. Dessa värden stämmer väl överens med de värden som Askos tvättmaskiner uppvisar, se tabell 5 för energianvändningsdata. Eftersom prototypens värden för 60°C-tvätten stämmer så väl överens med Askos tvättmaskiner, är det rimligt att anta att även värdena för Askos 40°C- och 90°C-program är samma som för prototypens.

För diskmaskiner uppskattar Asko att det program som körs mest är det som kallas Normaldisk. Detta program anges utgöra 75-80 % av diskarna. I beräkningarna antas uppdelningen vara 80 % Normaldisk och 20 % Ecodisk. [57]

På Solbjer antas antalet tvättmaskiner och torktumlare på förskolorna vara försumbart. Varje förskola antas ha en industridiskmaskin, men dessa exkluderas ur beräkningarna eftersom det i dagsläget inte finns några värmedrivna sådana. Däremot antas det finnas två torkskåp på varje förskoleavdelning. De två förskolorna på Solbjer väntas sammanlagt ha sju avdelningar, varför det totala antalet torkskåp blir 14 stycken.

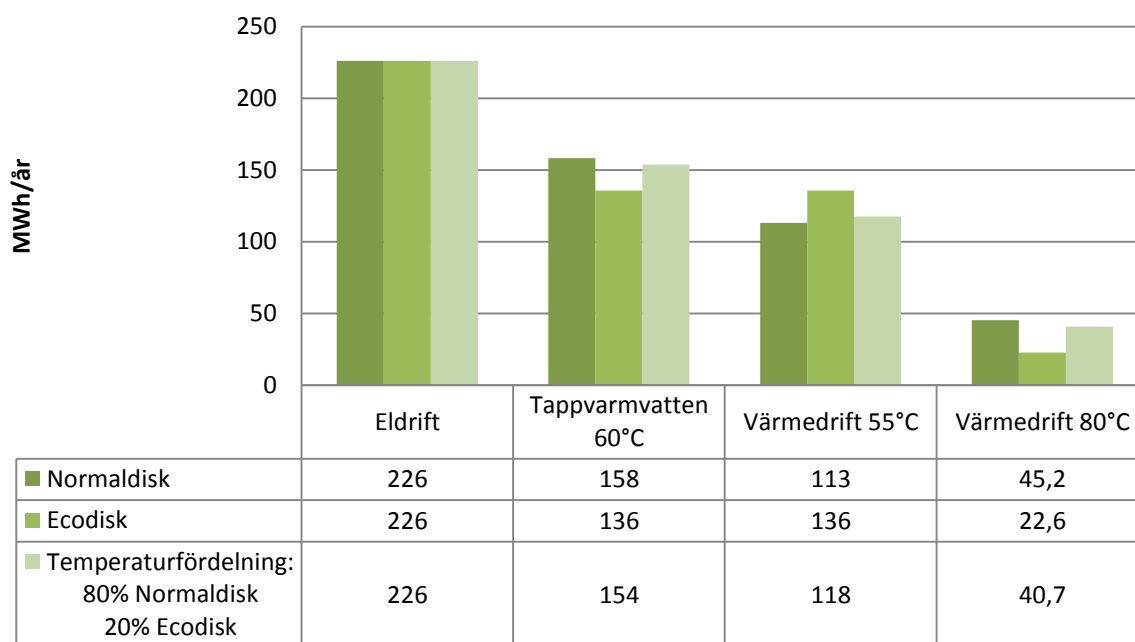
På Solbjer planeras det för cirka 43 000 kvm BTA kontors- och hotellbyggnader. Då det i dagsläget är osäkert om det kommer byggas några hotell, antas det i beräkningarna att all denna BTA är kontorslokaler. [70] På kontoren antas tvättning vara outsourcat varför tvätt- och torktumlare exkluderas ur beräkningarna. Hur stort antal diskmaskiner som installeras i kontorslokalerna kommer troligen att bero på hur många människor som jobbar där, ett antal som i sin tur beror på hur stor yta varje anställd blir tilldelad. I kontoren antas Askos hushållsdiskmaskiner användas. Dessa rymmer 14 kuvert, en disk mängd som antas alstras av cirka 20 personer under lunchtid. Således beräknas det finnas 20 anställda per maskin. Vidare antas diskmaskinerna användas 50 % oftare i kontor än i bostäder, det vill säga att antalet diskykler per maskin och år är 420 stycken.

Eftersom olika kontorslösningar, såsom cellkontor, öppet landskap eller aktivitetsbaserad arbetsplats, rymmer väldigt olika många personer per kvadratmeter, är det mycket svårt att avgöra hur många arbetande personer kontoren kommer att inhysa. En mycket grov uppskattning är att hälften av kontorens BTA kommer att bestå av faktiska kontorsytor (exklusive källare, vind, förråd och hisschaft med mera). Kontorsytan per person antas kunna variera mellan 10 och 20 kvm, vilket ger ett snittvärde på 15 kvm. [71] Det totala antalet diskmaskiner på kontoren på Solbjer beräknas då till 72 stycken.

4.2.2 Diskmaskiner på Solbjer

I figur 12 visas den totala potentiella elenergianvändningen i Solbjers diskmaskiner, både då hänsyn tas till fördelning mellan programtemperaturer och inte. När hänsyn tas visar beräkningarna att den potentiella elenergiminskningen uppgår till 185 MWh per år med 80°C värmevatten jämfört med eldrift. Motsvarande siffra för 55°C värmevatten är 108 MWh. Samma procentuella uppdelning mellan programmen i den tappvarmvattendrivna diskmaskinen med 60°C tappvarmvatten ger en total elenergiminskning på 72 MWh per år jämfört med eldrift.

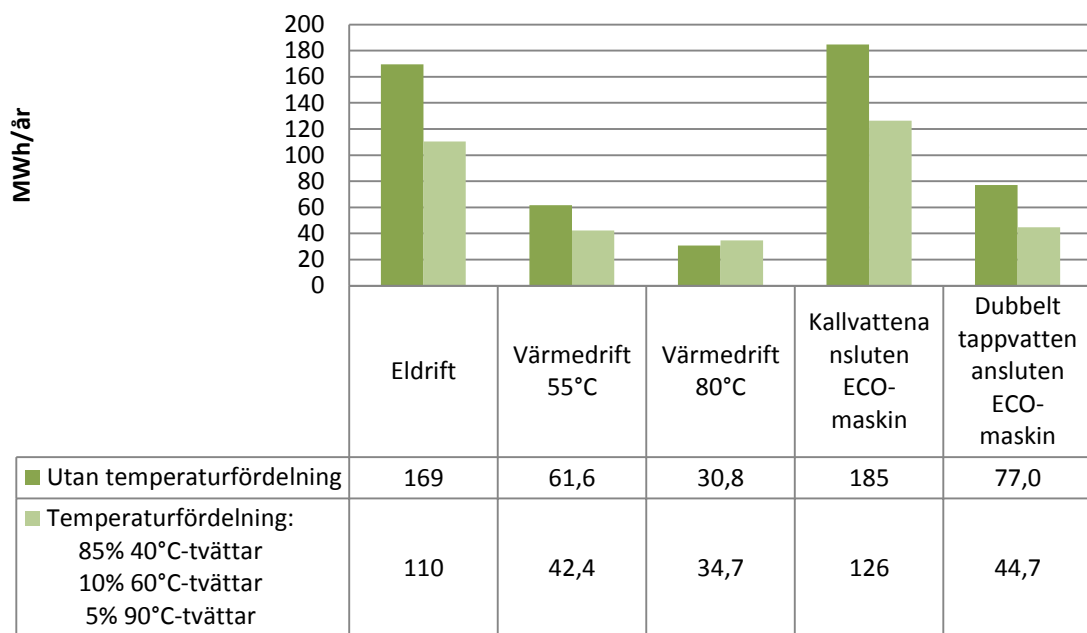
I fallet med 55°C värmevatten är stapeln för Normaldisk lägre än stapeln för Ecodisk. Ecoprogrammet ska normalt inte dra mer energi än normalprogrammet men gör det trots allt i detta fall. Som nämnts tidigare beror detta antagligen beror på att ecoprogrammet tar kortare tid jämfört med normalprogrammet.



Figur 12 Diskmaskinernas potentiella elenergianvändning på Solbjerg vid eldrift, tappvarmvattenanslutning (60°C) samt värmedrift 55°C och 80°C. Samtliga driftstyper redovisas för Normaldisk, Ecodisk och med temperaturfördelning. Enhet är MWh per år.

4.2.3 Tvättmaskiner på Solbjerg

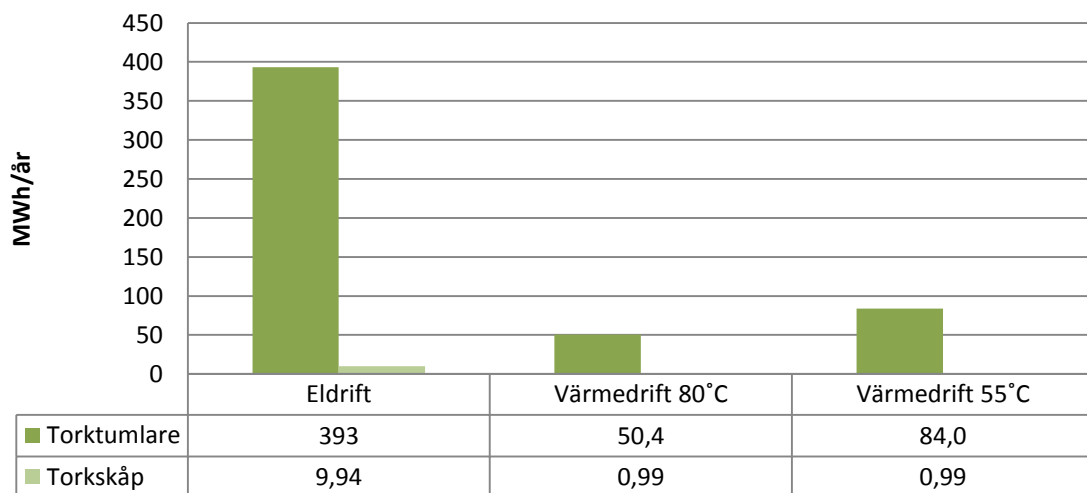
I figur 13 redovisas den potentiella totala elenergianvändningen i Solbjergs värmedrivna tvättmaskiner, både då hänsyn tas till fördelningen mellan 40°C-, 60°C- och 90°C-tvättar och då ingen hänsyn tas. När hänsyn tas, används Askos elenergianvändningsvärden för 60°C-tvättarna och Perssons tvättmaskinsprototyps värden för 40°C- och 90°C-tvättarna. Även elenergianvändningen för Askos dubbelt tappvattenanslutna Eco-tvättmaskin anges, både då den är kallvattenansluten (och därmed fungerar som en konventionell eldriven maskin) och då den är dubbelt tappvattenansluten. Figuren visar att ECO-maskinen har en högre elenergianvändning vid kallvattenanslutning än vad den konventionellt eldrivna maskinen har, vilket innebär att ECO-maskinen har ett större totalt energibehov. När ECO-maskinen är dubbelt tappvattenansluten, som den är tänkt att vara, drar den dock ändå 60 % mindre elenergi än den konventionellt eldrivna tvättmaskinen (totalt 65 MWh mindre på Solbjerg).



Figur 13 Tvättmaskinernas potentiella elenergianvändning på Solbjer vid eldrift (HWC-maskin), värmedrift 55°C (HWC-maskin), värmedrift 80°C (HWC-maskin), eldrift (ECO-maskin) och dubbelt tappvattenanslutning (ECO-maskin). Vid jämförelse mellan driftstyperna ska HWC-maskinerna och ECO-maskinerna jämföras för sig. Samtliga driftstyper redovisas med och utan temperaturfördelning. När ingen temperaturfördelning görs används 60°C-tvättar. Enhet är MWh per år.

4.2.4 Torktumlare och torkskåp på Solbjer

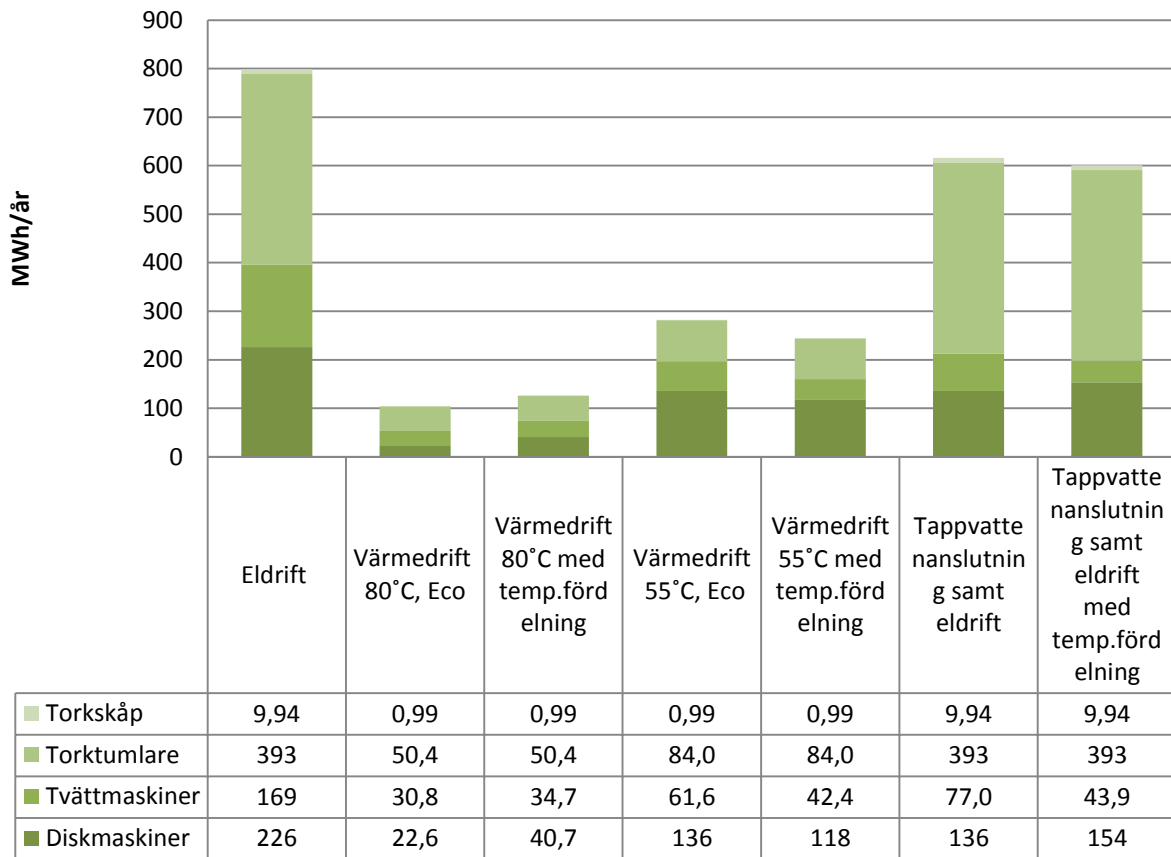
I figur 14 redovisas torktumlarnas och torkskåpens totala elenergianvändning på Solbjer. Elenergiminskningen i de värmedrivna torktumlarna uppgår till 343 MWh per år med 80°C värmevatten, och 309 MWh per år med 55°C värmevatten, jämfört med eldrift. Detta gäller för ecoprogrammet. Utifrån antaganden gjorda i kapitel 3.3.6 om torkskåp antas Askos värmedrivna torkskåp medföra en elenergiminskning på 3,2 kWh per torkcykel oavsett temperatur på värmevattnet. Därför uppgår elenergiminskningen i de värmedrivna torkskåpen till 8,95 MWh per år för både 55°C och 80°C värmevatten.



Figur 14 Torktumlarnas och torkskåpens potentiella elenergianvändning på Solbjer vid eldrift, värmedrift 55°C och värmedrift 80°C. Enhet är MWh per år.

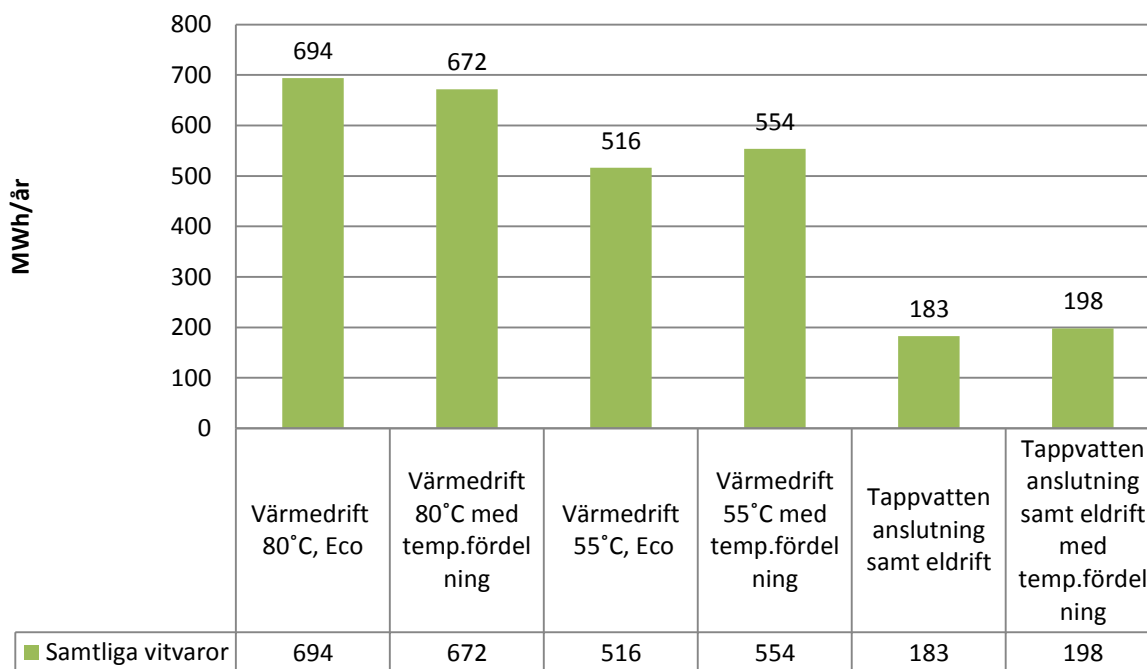
4.2.5 Total elenergiminskning/värmelastökning på Solbjer

I figur 15 redovisas den totala elenergianvändningen på Solbjer uppdelad på drift. I stapeln med eldrift drivs samtliga maskiner med elenergi. I staplarna med värmedrift drivs maskinerna med värmevatten, antingen 55°C eller 80°C. Stapeln med namnet *Tappvattenanslutning samt eldrift* visar elenergianvändningen då torkskåpen och torktumlarna drivs med el, diskmaskinerna är tappvarmvattenanslutna och tvättmaskinerna är dubbelt tappvattenanslutna. I diagrammet visas värden både då program- och temperaturfördelning görs och inte.



Figur 15 Den totala potentiella elenergianvändningen på Solbjer vid eldrift, värmedrift 80°C, värmedrift 55°C och tappvattenanslutning (vilket inkluderar tappvarmvattenansluten diskmaskin, dubbelt tappvattenansluten tvättmaskin och eldrivna torktumlare och torkskåp). Samtliga driftstyper redovisas med och utan temperaturfördelning. Enhet är MWh per år.

Figur 16 redovisas den totala elenergiminskningen på Solbjer uppdelad på drift, jämfört med eldrift.



Figur 16 Den totala potentiella elenergiminskningen på Solbjer vid värmedrift 80°C, värmedrift 55°C och tappvattenanslutning (det senare inkluderar tappvarmvattenansluten diskmaskin och dubbelt tappvattenansluten tvättmaskin). Samtliga driftstyper redovisas med och utan temperaturfördelning. Enhet är MWh per år.

Överslagsberäkningar som utförts av Lunds Energikoncernen visar att det totala elenergiebehovet på Solbjer kommer vara runt 5,7 GWh per år. Beräkningarna har gjorts med hjälp av ett beräkningsverktyg i Excel som WSP har konstruerat och med följande antaganden:

- Fjärrvärme används till uppvärmning och varmvatten
- El används inte för att kyla kontor
- Fastigheterna uppförs enligt energikrav i Miljöbyggsprogram Syd klass A
- Samtliga bruttototalareor räknas som uppvärmda ytor

Elenergiebehovet är uppdelat mellan bostäder och kontor. Beräkningarna visar att bostädernas fastighetsel uppgår till 1,1 GWh och hushållselen till 2,1 GWh. Kontorens fastighetsel uppgår till 0,8 GWh och verksamhetselen till 1,7 GWh.

Lunds Energikoncernen har även utfört överslagsberäkningar för Solbjers totala värmeenergiebehov. Resultatet uppgår till 2,6 GWh och bygger på samma antaganden som redovisas ovan. På samma sätt som elenergiebehovet så är värmeenergiebehovet uppdelat mellan bostäder och kontor. Bostädernas uppvärmningsbehov uppgår till 0,7 GWh och behovet av värmeenergi till tappvarmvattnet uppgår till 1,4 GWh. Motsvarande siffror för kontoren är 0,4 GWh respektive 1,4 GWh.

I tabell 17 redovisas hur stor procentuell andel den totala elenergiminskningen från de värmedrivna vitvarorna (se figur 16) utgör av det totala elenergiebehovet på Solbjer. Då elenergiminskningen innebär en lika stor värmelastökning, redovisas även den procentuella ökningen av Solbjers totala värmelast. Uppgifterna presenteras för samtliga typer av drift.

Tabell 17 Potentiell elenergiminuskning/värmelastökning på Solbjer vid olika typer av drift av vitvarorna, angiven som procentandel av Solbjers totala elenergianvändning/värmelast på 5,7 GWh respektive 2,6 GWh.

| | Värmedrift 80°C, Eco | Värmedrift 80°C med temp.för- delning | Värmedrift 55°C, Eco | Värmedrift 55°C med temp.för- delning | Tappvatten anslutning samt eldrift | Tappvatten anslutning samt eldrift med temp.för- delning |
|--|-------------------------|--|-------------------------|--|--|---|
| Procentuell elenergi- minskning | 12 % | 12 % | 9,1 % | 9,7 % | 3,2 % | 3,5 % |
| Procentuell värmelast- ökning | 27 % | 26 % | 20 % | 21 % | 7 % | 8 % |

Sammanfattningsvis kan följande slutsats för elenergiminuskningen och värmelastökningen på Solbjer dras:

De värmedrivna vitvarorna ger vid temperaturfördelning och 55°C värmevatten en total elenergiminuskning motsvarande cirka 10 % av Solbjers totala elenergianvändning. På motsvarande sätt ger de en värmelastökning motsvarande cirka 20 % av Solbjers totala värmelast.

4.3 Systemlösningskostnader enligt VCON-studie

Vid användning av värmedrivna vitvaror tillkommer det, förutom den extra inköpskostnaden för själva vitvarorna, extra kostnader för rördragning fram till maskinerna. Att göra en fullständig beräkning av detta över området Solbjer innefattas inte av denna rapport. Istället beskrivs och analyseras en studie för val av systemlösning som VVS-konsultbolaget VCON gjort. I kapitlet nedan beskrivs själva studien och i nästkommande kapitel ändras vissa ingående parameterar för att möjliggöra vidare analys.

På uppdrag av Högkolan Dalarna har VCON genomfört en studie angående val av systemlösning för ”vitvarukretsar” med namnet *Riktlinjer angående val av systemlösning för vitvarukretsar* [32]. I studien utreds vilka rörsystem för vitvarukretsar som är bäst med avseende på kostnader för installation och drift, i olika hustyper. De två olika systemlösningar som studeras är ett system med separat vitvarukrets (benämns A nedan), samt den så kallade Västeråsmodellen (benämns B nedan).

I studien undersöks endast vitvarorna tvättmaskin och torktumlare. Att inga beräkningar görs på diskmaskinens installations- och driftskostnader medför att studien inte är helt applicerbar i denna rapportens undersökning.

De hustyper som studeras är följande:

1. Normaliserat flerbostadshus med vattenburet system med utekompenserad värmekrets (kretsens temperaturreglering styrs efter utomhustemperatur) och VVC-krets.
2. Normaliserat villaområde med vattenburet system med utekompenserad värmekrets.
3. Lågenergi-/passivflerbostadshus med VVC-krets samt ett vattenburet värmebatteri i tilluften som enda värmekälla.
4. Lågenergi-/passivvillaområde med ett vattenburet värmebatteri i tilluften som enda värmekälla.

I samtliga hustyper är toalett och dusch utrustade med komfortvärme vilken består av handdukstork och komfortgolvvärme. Flerbostadshuset består av 36 lägenheter uppdelade på tre trapphus och fyra våningar. Varje lägenhet är på 65 kvm, för orienteringsfigur i flerbostadshus se bilaga A. Villaområdet består av 36 enfamiljshus på vardera 160 kvm. För samtliga hustyper består ventilationen av en roterande värmeväxlare med vattenburen eftervärmare. [32]

I studien undersöks sex olika kombinationer av systemen A och B med hustyperna 1-4 samt motsvarande kombinationer där vitvaror och komfortvärme (komfortgolvvärme och handdukstork) istället drivs med elenergi. Dessa beskrivs nedan, se tabell 18. Passivhus med Separat Vitvarukretsmodellen har aktivt valts bort i VCON-studien då, som nämns i kapitel 3.4, radiatorkretsen oftast inte behövs i passivhus. [29] Ett alternativ hade varit att undersöka Separat Vitvarukretsmodellen utan radiatorkrets, men detta har alltså inte gjorts av VCON.

Tabell 18 Förklaring till de olika systemkombinationer som undersökts i VCON-studien [32].

| Namn på systemkombination | Förklaring till systemkombination |
|---------------------------|--|
| A1/A1-El | A1 står för Separat Vitvarukretsmodellen i ett normaliserat flerbostadshus inklusive värmedrivna vitvaror och värmedriven komfortvärme. Det motsvarande eldrivna systemet förkortas A1-El. |
| B1/B1-El | B1 står för Västeråsmodellen i ett normaliserat flerbostadshus inklusive värmedrivna vitvaror och värmedriven komfortvärme. Det motsvarande eldrivna systemet förkortas B1-El. |
| B3/B3-El | B3 står för Västeråsmodellen i ett passiv-/lågenergi flerbostadshus inklusive värmedrivna vitvaror och värmedriven komfortvärme. Det motsvarande eldrivna systemet förkortas B3-El. |
| A2/A2-El | A2 står för Separat Vitvarukretsmodellen i ett villaområde med normaliserade hus inklusive värmedrivna vitvaror och värmedriven komfortvärme. Det motsvarande eldrivna systemet förkortas A2-El. |
| B2/B2-El | B2 står för Västeråsmodellen i ett villaområde med normaliserade hus inklusive värmedrivna vitvaror och värmedriven komfortvärme. Det motsvarande eldrivna systemet förkortas B2-El. |
| B4/B4-El | B4 står för Västeråsmodellen i ett villaområde med passiv-/lågenergihus inklusive värmedrivna vitvaror och värmedriven komfortvärme. Det motsvarande eldrivna systemet förkortas B4-El. |

I tabell 19 presenteras de återbetalningstider som VCON beräknat då de värmedrivna systemen jämförs med motsvarande eldrivna.

Tabell 19 Visar återbetalningstiden när det värmedrivna systemet jämförs med motsvarande eldrivna system [32]. För beteckningsförklaring av systemkombinationer se tabell 18.

| Jämförda system | Återbetalningstid |
|-----------------|-------------------|
| A1-El med A1 | 9 |
| B1-El med B1 | 4 |
| B3-El med B3 | 5 |
| A2-El med A2 | 16 |
| B2-El med B2 | 4 |
| B4-El med B4 | 6 |

Som nämns i kapitel 3.4.2 har Västeråsmodellen hittills endast använts i passivhus. VCON har dock gjort ett förslag på hur Västeråsmodellen skulle kunna se ut i normaliserade hus, för flödesschema för de olika modellerna i flerbostadshus se bilaga A. Den största skillnaden mellan passivhus och normaliserade hus med Västeråsmodellen är att normaliserade hus har en radiatorkrets. VCON har valt en lösning där termostaterna antas vara så pass pålitliga att de själva reglerar flödet till själva radiatorerna. En VVS-sakkunnig på Lunds Energi ifrågasätter just denna lösning. Normalt är framledningstemperaturen i radiatorkretsen utetemperaturkompenserad, men detta är inte ett alternativ i Västeråsmodellen eftersom framledningstemperaturen till vitvarorna måste hållas konstant hög under året. Att lita helt och hållet på termostaterna kan vara riskabelt. Detta är en följd av att om de går sönder kommer hett vatten strömma genom radiatorkretsen, även under perioder då uppvärmning inte behövs i så stor utsträckning. En alternativ lösning skulle vara en shuntning av radiatorkretsen, vilket skulle innebära en möjlighet för radiatorkretsavvattning att ledas förbi radiatorerna. [61]

Tabell 19 visar att återbetalningstiden är kortast för Västeråsmodellen, mellan 4 och 6 år, vilket kan jämföras med Separat Vitvarukretsmodellen där återbetalningstiden varierar mellan 9 och 16 år. Utifrån de antaganden som VCON gjort är alltså Västeråsmodellen att föredra. [32]

I tabell 20 presenteras installation- och rörkostnader samt driftskostnader för flerbostadshusen. Tabellen visar att driftskostnaden i stort sett är lika stor för båda systemen. Pumpdriften är något högre för Västeråsmodellen men kompenseras delvis av högre värmeförluster i Separat Vitvarukretsmodellen. Den höga pumpkostnaden kan förklaras med att ett högre differenstryck måste upprätthållas i sekundärkretsen. Detta beror på att värmeväxlarna för tappvarmvattnet har flyttats in till lägenheterna. Över en värmeväxlare blir det alltid ett visst tryckfall vilket, i Västeråsmodellen, måste kompenseras med pumpenergi från en pump som sitter på sekundärkretsen. I Separat Vitvarukretsmodellen kommer denna pumpenergi istället från fjärrvärmenätets sida. [72] Det som skiljer modellerna mest åt är installationskostnaderna, vilka är betydligt lägre för Västeråsmodellen. Den extra kostnaden som en värmeväxlare per lägenhet medför väger inte upp de extra kostnaderna för rördragningar i Separat Vitvarukretsmodellen. [73]

Tabell 20 Sammanställning av installation- och rörkostnader samt driftskostnader för flerbostadshusen [32]. För beteckningsförklaring av systemkombinationer se tabell 18.

| Sammanställning | A1 | A1-E1 | B1 | B1-E1 | B3 | B3-E1 | |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------|
| Installationskostnad, distributionsledningar | 557 700 | 369 900 | 319 000 | 319 000 | 319 000 | 319 000 | SEK |
| Installationskostnad, undercentral | 285 000 | 195 000 | 180 000 | 178 000 | 175 000 | 168 000 | SEK |
| Installationskostnad, lägenheter/hus | 2 106 000 | 1 915 200 | 2 214 000 | 2 023 200 | 1 602 000 | 1 411 200 | SEK |
| Totalt | 2 948 700 | 2 480 100 | 2 713 000 | 2 520 200 | 2 096 000 | 1 898 200 | SEK |
| Kostnad för uppvärmning | 154 440 | 154 440 | 154 440 | 154 440 | 57 915 | 57 915 | SEK/år |
| Kostnad för värmeförluster, distributionsledningar | 2 426 | 1 296 | 1 405 | 1 293 | 1 292 | 1 106 | SEK/år |
| Kostnad för pumpdrift | 2 851 | 377 | 6 012 | 3 538 | 5 360 | 2 938 | SEK/år |
| Kostnad för drift av vitvaror och komfortvärme | 39 884 | 95 099 | 39 884 | 95 099 | 29 084 | 68 099 | SEK/år |
| Totalt | 199 601 | 251 212 | 201 741 | 254 370 | 93 651 | 13 0058 | SEK/år |

I tabell 21 presenteras ett urval av de antaganden som gjorts i VCON-studien baserat på vad som är relevant för vidare analys [32]. Inom lägenheterna och husen har värmeförlusterna exkluderats. VCON har även gjort förenklingar vad gäller rörstorlekar för att undkomma kostnadsberäkningar för flera olika rördimensioner.

Tabell 21 Ett urval av de antaganden som gjorts i VCON-studien [32].

| Typ av antagande | |
|--|-------------------|
| Specifik energiåtgång normaliserat hus | 120 kWh/(kvm, år) |
| Specifik energiåtgång passivhus | 45 kWh/(kvm, år) |
| Framledningstemperatur vitvarukrets | 60°C |
| Returledningstemperatur vitvarukrets | 40°C |
| Fjärrvärmepris | 0,5 öre/kWh |
| Elpris | 1,25 öre/kWh |
| Antal cykler per år för tvättmaskin | 200 stycken |
| Antal cykler per år för torktumlare | 70 stycken |

4.4 Känslighetsanalys av VCON-studie

Det är i dagsläget svårt att avgöra hur applicerbar VCON-studien är i området Solbjer eftersom det inte finns några detaljerade ritningar över hur bostäderna kommer se ut. Att flerbostadshusen på Solbjer kommer se ut på liknande sätt som i studien är dock inte helt otroligt. VCON:s flerbostadshus har 4 våningar och flerbostadshusen på Solbjer kommer att ha 2-6 våningar. Vad gäller VCON-studien har endast normaliserade hus undersökts för Separat Vitvarukretsmodellen, varför ingen återbetalningstid finns för passivhus med denna modell. Viktigt att poängtera är att VCON inte har med någon diskmaskin i beräkningarna. Diskmaskiner skulle höja värmelasten ytterligare men även höja installationskostnaderna. I studien har även inköpskostnaden för vitvarorna exkluderats. Energipriserna i VCON-studien skiljer sig markant åt från de energipriser som antagits i kapitel 4.1. Framför allt är fjärrvärmepriset ytterst osäkert. Framledningstemperaturen till vitvarorna är 60°C, denna framledningstemperatur är inte orealistisk eftersom det är samma framledningstemperatur som används i Västerås (se kapitel 2.3.1). En fördel med Separat Vitvarukretsmodellen, som VCON inte undersökt, är att en högre framledningstemperatur kan hållas i just den kretsen.

I följande delkapitel analyseras endast flerbostadshus, det vill säga hustyperna 1 och 3, eftersom bostäderna på Solbjer kommer bestå av just lägenheter. Det hus som analyseras antas vara en kopia av

flerbostadshuset i VCON-studien, varför samtliga parametrar är hämtade från denna om inget annat anges. I VCON-studien visas kostnad för drift av vitvaror och komfortvärme i en gemensam kolumn. För att tydliggöra energi- och kostnadsfördelning mellan handdukstork, komfortgolvvärme, tvättmaskin och torktumlare görs en uppdelning av dessa. Dessutom ändras vissa av VCON:s antaganden så att de stämmer bättre överens med tidigare antaganden och statistik i denna rapport. Inga nya antaganden vad gäller installationskostnaderna görs. Dock adderas inköpskostnaden för värmedrivna vitvaror för att möjliggöra analys av dess påverkan på återbetalningstiden. Ingen hänsyn tas till parametrar som energiprisökning, internränta eller inflation. Vad gäller komfortgolvvärmen och handdukstorken används samma energivärden som i VCON-rapporten.

I tabell 22 redovisas nya antaganden samt antaganden som VCON gjort för tvättmaskin och torktumlare. VCON har antagit en framledningstemperatur till vitvarorna på 60°C. För Askos maskiner finns det dock endast energianvändningsvärden med en framledningstemperatur på 55°C eller 80°C varför den närmst liggande temperaturen på 55°C används i beräkningarna. Vidare antas valt tvättprogram fördelas lika mellan de 60-gradiga eco- och autoprogrammen, se kapitel 3.3.6 om tvättmaskiner, vilket innebär att elenergianvändningen i tvättmaskinen sätts till 0,45 kWh/cykel och värmeenergianvändningen till 0,65 kWh/cykel. Även antal cykler i tvättmaskinen ändras till 220 stycken per år så att de stämmer överens med antaganden i tidigare kapitel.

För torktumlaren används energianvändningsvärden för programmet *Auto normaltorrt*, se tabell 8. Antal torkcykler ändras till 160 stycken per år.

Tabell 22 Antaganden för tvättmaskin respektive torktumlare som gjordes i VCON-studien, samt nya antaganden [32].

| | VCON:s antaganden | Nya antaganden |
|--------------------------------|----------------------|-------------------|
| Tvättmaskin | | |
| Antal tvättcykler (st) | 200 | 220 |
| Energiåtgång värme (kWh/cykel) | 1 | 0,65 |
| Energiåtgång el (kWh/cykel) | 0,17 | 0,45 |
| Torktumlare | | |
| Antal torkcykler | 70 | 160 |
| Energiåtgång värme (kWh/cykel) | 3,5 | 2,76 |
| Energiåtgång el (kWh/cykel) | 0,49 | 0,75 |

4.4.1 Återbetalningstider

Elenergi- och fjärrvärmepriset är avgörande för vilken skillnad i återbetalningstid det blir för installationskostnaden mellan värmedrivna vitvaror och motsvarande maskiner som är eldrivna. I tabell 23 redovisas de olika energipriser som används för att beräkna återbetalningstiderna. I fall 1 används samma elenergi- och fjärrvärmepris som VCON använder i sina beräkningar. Dessa priser är intressanta att behålla för att kunna se hur ändrat antal cykler och ändrad energifördelning påverkar återbetalningstiden. I fall 2 till 4 är fjärrvärmepriset samma men elenergi- och fjärrvärmepriset ändras. I fall 2 är antaganden baserade på de energipriser som beräknades i kapitel 4.1 och är därmed de energipriser som är mest representativa för dagsläget. Fortsättningsvis är resultaten för fall 2 är markerade med svart.

Att fjärrvärmepriset antas vara konstant i fall 2 till 4 är för att kunna se hur en ökad differens mellan fjärrvärmepris och elenergi- och fjärrvärmepris påverkar återbetalningstiderna. Dessutom har fjärrvärmen inte haft samma höga prisökning som elenergin de senaste åren [74]. Förhoppningen är även att fjärrvärmepriset i Lund inte ska öka lika mycket som tidigare tack vare det nya kraftvärmeverket i Örtofta och spillvärmen från

ESS och MAX IV [70]. Elenergi priset har antagits öka med 8 öre per år vilket är den genomsnittliga årliga ökningen mellan år 2001 och år 2011 [74]. Fall 3 motsvarar en elenergi prisökning under 5 år och fall 4 en elenergi prisökning under 10 år.

Tabell 23 De olika energipriserna som används för beräkningar för återbetalningstiden. För antaganden se text ovan.

| | Fjärrvärmepris (öre/kWh) | Elenergi pris (öre/kWh) |
|--|-----------------------------|----------------------------|
| Fall 1 (VCON:s energipriser) | 50 | 125 |
| Fall 2 (Energi priser baserade på kapitel 4.1) | 100 | 200 |
| Fall 3 | 100 | 240 |
| Fall 4 | 100 | 280 |

Tabell 24 visar installations- och driftskostnaderna när de nya antagandena från tabell 22 appliceras. Kostnaderna är beräknade med energipriserna för fall 2, se tabell 23. Samma energibehov som VCON räknar med används för uppvärmning, värmeförluster och pumpdrift, det är endast energipriserna som ändras. Driftskostnaderna blir betydligt mycket högre jämfört med tabell 20, vilket framför allt beror på högre energipriser. I tabell 20 redovisas komfortgolvvärme, handdukstork, tvättmaskin och torktumlare tillsammans i kategorin *Kostnad för drift av vitvaror och komfortvärme*. I tabell 24 redovisas de istället separat, det blir här extra tydligt att komfortgolvvärmen står för en stor del av energibehovet.

Tabell 24 Installations- och driftskostnader för ett flerbostadshus med de nya antagandena vad gäller tvättmaskin och torktumlare. Energi priset är fall 2, det vill säga med ett elpris på 200 öre/kWh och ett fjärrvärmepris på 100 öre/kWh. För beteckningsförklaring av systemkombinationer se tabell 18.

| Sammanställning- Nya antaganden | A1 | A1-E1 | B1 | B1-E1 | B3 | B3-E1 | |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------|
| Installationskostnad, distributionsledningar | 557 700 | 369 900 | 319 000 | 319 000 | 319 000 | 319 000 | SEK |
| Installationskostnad, undercentral | 285 000 | 195 000 | 180 000 | 178 000 | 175 000 | 168 000 | SEK |
| Installationskostnad, lägenheter/hus | 2 106 000 | 1 915 200 | 2 214 000 | 2 023 200 | 1 602 000 | 1 411 200 | SEK |
| Totalt | 2 948 700 | 2 480 100 | 2 713 000 | 2 520 200 | 2 096 000 | 1 898 200 | SEK |
| Kostnad för uppvärmning | 308 880 | 308 880 | 308 880 | 308 880 | 115 830 | 115 830 | SEK/år |
| Kostnad för värmeförluster, distributionsledningar | 4 852 | 2 592 | 2 810 | 2 586 | 2 584 | 2 212 | SEK/år |
| Kostnad för pumpdrift | 4 562 | 603 | 9 619 | 5 661 | 8 576 | 4 701 | SEK/år |
| Kostnad för komfortgolvvärme | 43 200 | 86 400 | 43 200 | 86 400 | 21 600 | 43 200 | SEK/år |
| Kostnad för handdukstork | 14 400 | 28 800 | 14 400 | 28 800 | 14 400 | 28 800 | SEK/år |
| Kostnad för tvättmaskin | 12 276 | 17 424 | 12 276 | 17 424 | 12 276 | 17 424 | SEK/år |
| Kostnad för torktumlare | 24 538 | 40 435 | 24 538 | 40 435 | 24 538 | 40 435 | SEK/år |
| Totalt | 412 707 | 485 134 | 415 723 | 490 186 | 199 804 | 252 602 | SEK/år |

Tabell 25 visar återbetalningstiden för samtliga fyra fall. I tabellen syns det tydligt att energipriserna är avgörande för lönsamheten vid byte till värmedrivna vitvaror. Västeråsmodellen (modell B) har i samtliga fall kortare återbetalningstid jämfört med Separat Vitvarukretsmodellen (modell A). Redan efter två till fem år har den extra investeringskostnaden betalats tillbaka. Med en stor differens mellan elenergi pris och värmepris får även Separat Vitvarukretsmodellen en återbetalningstid på cirka fem år.

Tabell 25 Återbetalningstiden för de fyra olika energiprisfallen, se tabell 23, för den extra installationskostnaden som krävs för värmedrivna vitvaror jämfört med eldrivna. För beteckningsförklaring av systemkombinationer se tabell 18.

| Jämförda system | Återbetalningstid | Återbetalningstid | Återbetalningstid | Återbetalningstid |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Fall 1 (år) | Fall 2 (år) | Fall 3 (år) | Fall 4 (år) |
| A1 med A1- El | 8,5 | 6,5 | 4,5 | 3,5 |
| B1 med B1- El | 3,4 | 2,6 | 1,8 | 1,4 |
| B3 med B3- El | 4,9 | 3,7 | 2,6 | 2,0 |

Fall 1 visar att genom att ändra antal tork- och tvättcykler samt energianvändning och energifördelning mellan värme och el men behålla samma energipriser som VCON räknat med blir återbetalningstiden liknande den som VCON kom fram till, se tabell 19.

De värmedrivna vitvarorna kommer ha en högre investeringskostnad jämfört med likvärdiga konventionellt eldrivna vitvaror. I VCON-studien räknas det dock inte med någon extra investeringskostnad för de värmedrivna vitvarorna. Om en extra kostnad på 2 000 SEK per maskin adderas till installationskostnaderna blir återbetalningstiden betydligt längre, se tabell 26.

Tabell 26 Återbetalningstiden för den extra installationskostnaden som krävs för värmedrivna vitvaror jämfört med eldrivna. Här har en extra inköpskostnad på 2 000 SEK per värmedriven maskin adderats. För beteckningsförklaring av systemkombinationer se tabell 18.

| Jämförda system | Återbetalningstid | Återbetalningstid | Återbetalningstid | Återbetalningstid |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Fall 1 (år) | Fall 2 (år) | Fall 3 (år) | Fall 4 (år) |
| A1 med A1- El | 11,1 | 8,5 | 5,9 | 4,6 |
| B1 med B1- El | 6,0 | 4,5 | 3,2 | 2,5 |
| B3 med B3- El | 8,5 | 6,5 | 4,6 | 3,5 |

4.4.2 Livscykelkostnader

En livscykelkostnad utgörs av totalkostnaden för en viss utrustning under hela dess livslängd och är något som är intressant i denna rapport ur ett investeringsperspektiv. I kommande delkapitel beräknas livscykelkostnaden för de sex olika fallen i det fiktiva flerbostadshuset med 36 lägenheter. Livscykelkostnaderna beräknas för 10 år och 30 år när de värmedrivna respektive de konventionellt eldrivna vitvarorna antas vara icke kvalitetsmässigt lika. De två livslängderna väljs för att ge en uppfattning om kortsiktiga och långsiktiga kostnader. Utöver detta beräknas livscykelkostnaden för 30 år då de värmedrivna respektive de konventionellt eldrivna vitvarorna antas vara kvalitetsmässigt lika, samt när en dubbelt tappvattenansluten tvättmaskin installeras istället för en konventionellt eldriven tvättmaskin. Denna kvalitetsuppdelning förklaras närmre nedan.

För att beräkna en produkts livscykelkostnad måste följande parametrar beaktas: investeringskostnaden för produkten, underhållskostnaden för produkten under dess livslängd och energikostnaden under produktens livslängd. I följande beräkningar antas underhållskostnaderna vara noll, dock antas det att återinvesteringar av vitvaror görs. Den totala livscykelkostnaden, LCC:n, beräknas enligt följande:

$$\text{Livscykelkostnad} = \text{investeringskostnad} + \text{återinvesteringskostnad} + \text{energi kostnad}$$

Investeringskostnaden för denna beräkning utgörs av vad produkten, eller summan av produkterna, kostar idag samt av installationskostnader för vald systemlösning. Det totala nuvärdet för energikostnaden beräknas enligt följande:

$$\text{Energikostnad} = \sum_{k=1}^n \frac{C_e * e^k}{[1 + (i - p)]^k}$$

där n står för antal år som livscykelkostnaden beräknas för, C_e för energikostnaden vid år ett, e för energiprisökningen, i för internräntan och p för förväntad inflation. Nuvärdeskostnaden för återinvestering av nya vitvaror beräknas enligt följande:

$$\text{Återinvesteringskostnad} = \sum_{k=1}^n \frac{C_n}{[1 + (i - p)]^k}$$

där C_n står för återinvesteringen av vitvarorna i SEK för ett specifikt år. [75]

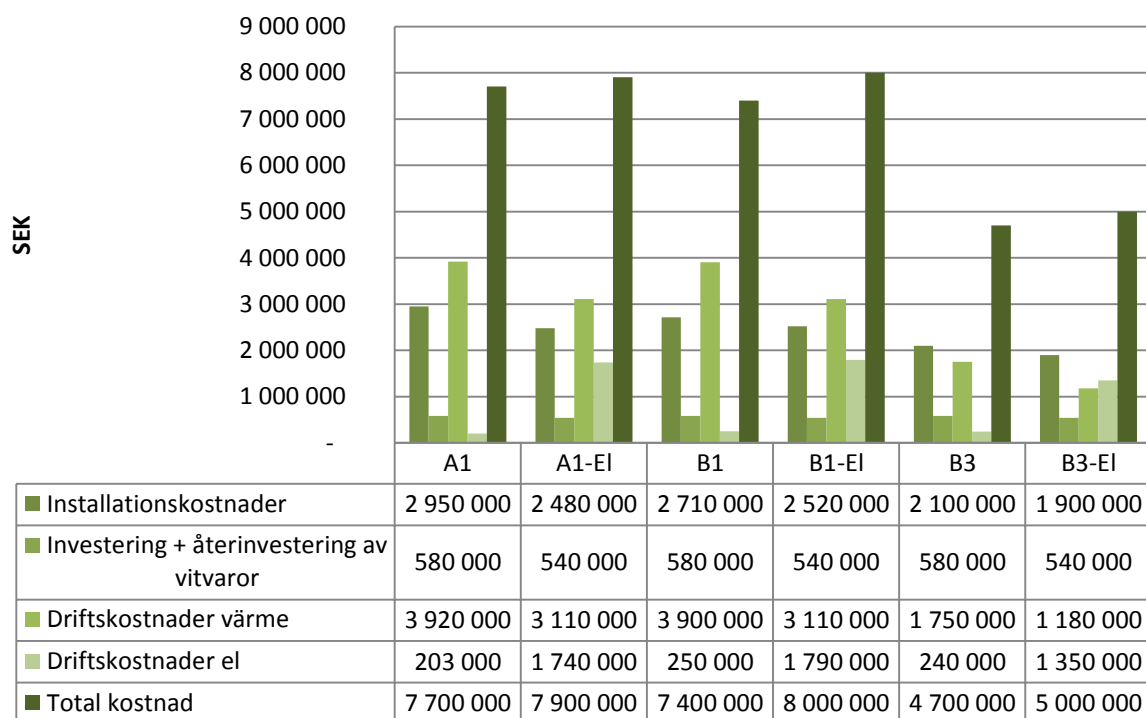
Baserat på VCON-studien och de parametrar som anges tabell 27, beräknas systemens livscykelkostnader. Investeringskostnaden för vitvaror varierar men generellt finns det ett samband mellan pris och livslängd. En billigare vitvara har oftast kortare livslängd jämfört med en dyrare. Askos uppger att deras maskiner har en livslängd på upp till 20 år. Fjärrsynprojektet (se kapitel 2.3.1) har dock räknat med en livslängd på 15 år vilket även antas gälla i nedanstående beräkningar. [35] Priserna för de värmedrivna vitvarorna är hämtade från tabell 2. Prisbilderna för en konventionellt eldriven vitvara varierar mycket, allt från ett par tusen SEK och uppåt. Alternativet till en värmedriven maskin är troligtvis inte en konventionellt eldriven maskin med motsvarande kvalitet utan en billigare variant. Bakgrunden till detta påstående är att flera av de byggherrar som intervjuats har uppgett att de köper in vitvaror i en prisklass runt 5 000 SEK. Torktumlare ligger generellt sett dock i en något lägre prisklass. En konventionellt eldriven torktumlare antas i dessa beräkningar kosta 3 000 SEK. Då priserna är markant lägre än priserna på Askos maskiner, antas livslängden vara hälften så lång, det vill säga 7,5 år. Detta stämmer överens med den uppfattning som byggherrarna har om livslängder, vilket framkommer i kapitel 5.4.

För antaganden gällande energianvändning för tvättmaskinen och torktummlaren se tabell 22. Den totala energianvändningen i de konventionellt eldrivna maskinerna antas vara samma som den totala energianvändningen i de värmedrivna maskinerna. Elenergi priset och värmeenergi priset antas vara samma som i kapitel 4.1.

Tabell 27 Parametrar för livscykelkostnadsberäkningar för icke kvalitetsmässigt likvärdiga vitvaror.

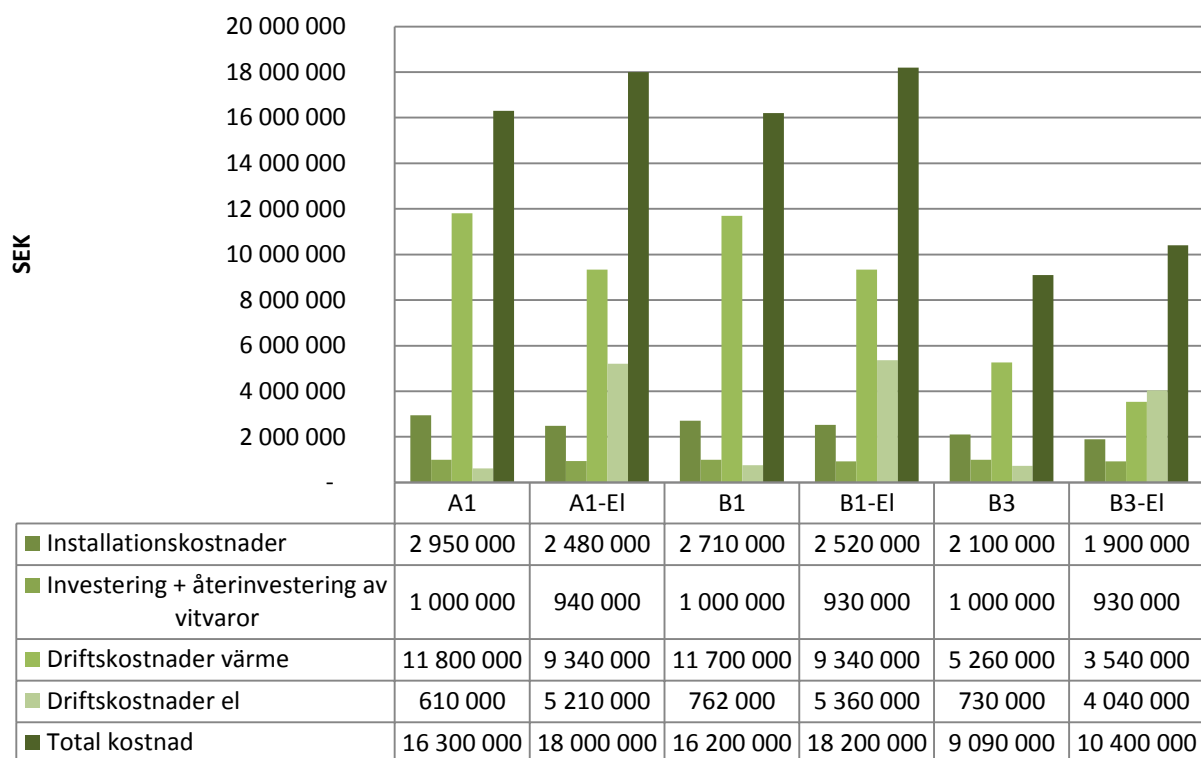
| | |
|---------------------------------------|-------|
| Kostnad värmedriven tvättmaskin (SEK) | 9 000 |
| Kostnad eldriven tvättmaskin (SEK) | 5 000 |
| Kostnad värmedriven torktumlare (SEK) | 7 000 |
| Kostnad eldriven torktumlare (SEK) | 3 000 |
| Livslängd värmedrivna maskiner (år) | 15 |
| Livslängd eldrivna maskiner (år) | 7,5 |
| Energiprisökning per år (%) | 2 |
| Inflation per år (%) | 2 |
| Internränta per år (%) | 4 |
| Elenergi pris (öre/kWh) | 200 |
| Värmeenergi pris (öre/kWh) | 100 |

I figur 17 visas livscykelkostnaden för en 10-årsperiod med antaganden utifrån tabell 27. De konventionellt eldrivna maskinerna byts ut en gång. De värmedrivna maskinerna byts inte ut någon gång eftersom de har en livslängd på 15 år. Redan efter 10 år finns det en viss skillnad i total livscykelkostnad mellan de eldrivna respektive de värmedrivna systemen. Skillnaden är till de värmedrivna systemens fördel. Diagrammet visar tydligt att elenergi kostnaden minskar med de värmedrivna systemen jämfört med de eldrivna.



Figur 17 Livscykelkostnader för en 10-årsperiod för de sex olika systemkombinationerna där de konventionellt eldrivna vitvarorna inte är kvalitetsmässigt likvärdiga de värmedrivna. För beteckningsförklaring av systemkombinationer se tabell 18.

I figur 18 visas livscykelkostnaden för en 30-årsperiod med antaganden utifrån tabell 27. De konventionellt eldrivna maskinerna byts ut tre gånger och de värmedrivna maskinerna en gång. Efter 30 år har de tre värmedrivna systemen kostat väsentligt mycket mindre jämfört med motsvarande eldrivna system. Störst skillnad blir det för system B1-EI, normaliserade hus med Västeråsmodellen, där kostnaden blir två miljoner SEK lägre jämfört med B1. Minst besparing blir det för system B3, passivhus med Västeråsmodellen. Dock är de totala livscykelkostnaderna i detta system betydligt lägre jämfört med de andra systemen.



Figur 18 Livscykelkostnader för en 30-årsperiod för de sex olika systemkombinationerna där de konventionellt eldrivna vitvarorna inte är kvalitetsmässigt likvärdiga de värmedrivna. För beteckningsförklaring av systemkombinationer se tabell 18.

Ett alternativ till att jämföra de värmedrivna vitvarorna med icke kvalitetsmässigt likvärdiga eldrivna maskiner, är att jämföra dem med eldrivna maskiner som faktiskt är kvalitetsmässigt likvärdiga. En likvärdig tvättmaskin kostar enligt Asko 6 000 SEK och en likvärdig torktumlare 4 000 SEK, se tabell 2. Skillnaden mot livscykelkostnadsberäkningarna ovan blir ändrad kostnad för de konventionellt eldrivna vitvarorna och att dessa antas ha likvärdig kvalitet och livslängd som de värmedrivna vitvarorna. De två typerna av vitvaror byts därmed ut en gång var under en 30-årsperiod. Livscykelkostnaderna för de värmedrivna systemen blir samma som i figur 18. För de eldrivna systemen A1-EI, B1-EI och B3-EI blir de totala livscykelkostnaderna för en 30-årsperiod 300 000 SEK lägre jämfört med de totala kostnaderna i figur 18. Se bilaga B för livscykelkostnadsdiagram som visar dessa resultat.

Ett annat intressant alternativ att undersöka är när den eldrivna tvättmaskinen byts ut mot en dubbelt tappvattenansluten. I beräkningarna används Askos ECO-maskin med programmet *Standard bomull 60°C*. Den extra installationskostnad som framledningen av tappvarmvattnet medför antas vara marginell och tas därför inte med i beräkningarna. ECO-maskinen kostar 6 500 SEK och antas ha samma livslängd som de värmedrivna vitvarorna, det vill säga 15 år. Även torktumlaren antas ha samma livslängd och kostar därmed 4 000 SEK. För en 30-årsperiod sjunker livscykelkostnaderna för samtliga eldrivna system med 400 000 SEK, se bilaga B för livscykelkostnadsdiagram.

4.4.3 Klimatpåverkan

Klimatpåverkan beräknas i form av koldioxidutsläpp och endast för den estimerade energianvändningen som vitvarorna i det fiktiva flerbostadshuset med 36 lägenheter ger upphov till. Påverkan beräknas inte för exempelvis tillverkning av produkter. Energianvändningen kommer från parametrarna uppvärmning, värmeförluster från distributionsledningar, pumpdrift och komfortgolvvärme, samt från handdukstork, diskmaskiner, torktumlare och tvättmaskiner.

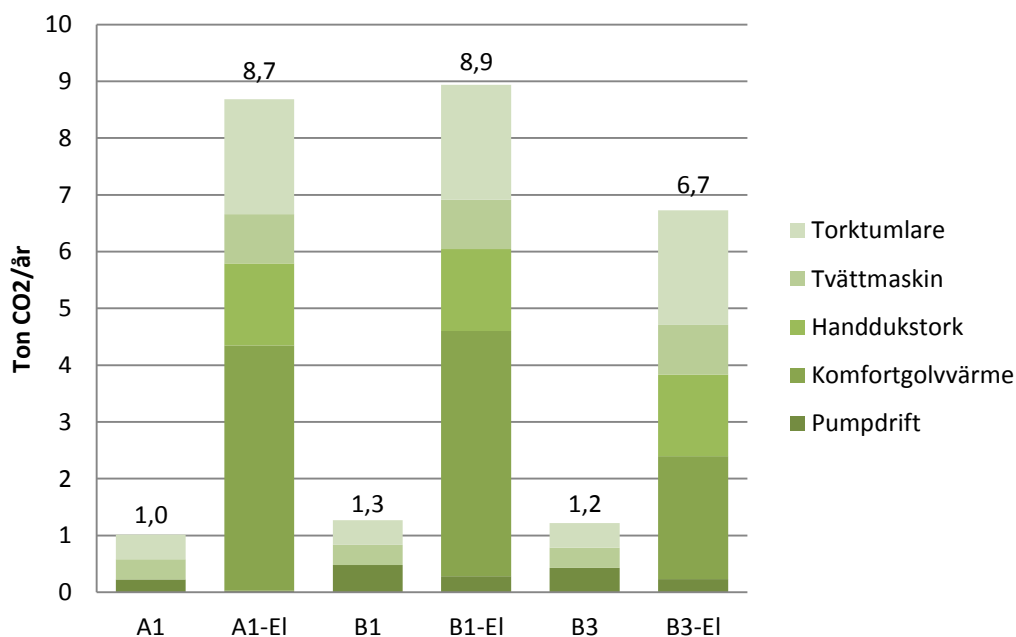
För att beräkna klimatpåverkan görs antaganden om vilka emissionsfaktorer som elenergin och värmeenergin har. Emissionsfaktorerna varierar från år till år beroende på vilka antaganden som görs för produktion och utsläpp. För att få en så nyanserad bild som möjligt av vilken klimatpåverkan som kan tänkas komma från vitvarorna på Solbjer beräknas den för två olika scenarier.

I figur 19 och 20 visas klimatpåverkan från energianvändningen i det fiktiva flerbostadshuset för de sex olika fallen under ett år. I det första scenariot, figur 19, används emissionsfaktorerna 0 g CO₂/kWh och 100 g CO₂/kWh för värmeenergi respektive elenergi [76]. Eftersom Sverige tillhör den nordiska elmarknaden har en emissionsfaktor för nordisk elproduktion använts. Emissionsfaktorn för värmeenergi sätts till noll utifrån resonemanget att den består av fjärrvärme producerad på spillvärme från ESS och MAX IV som annars skulle behöva dumpas. Nu kommer den istället att användas till uppvärmning och andra värmedrivna applikationer. Dessutom ska 100 % av elenergianvändningen på ESS och MAX IV baseras på förnybar energi.

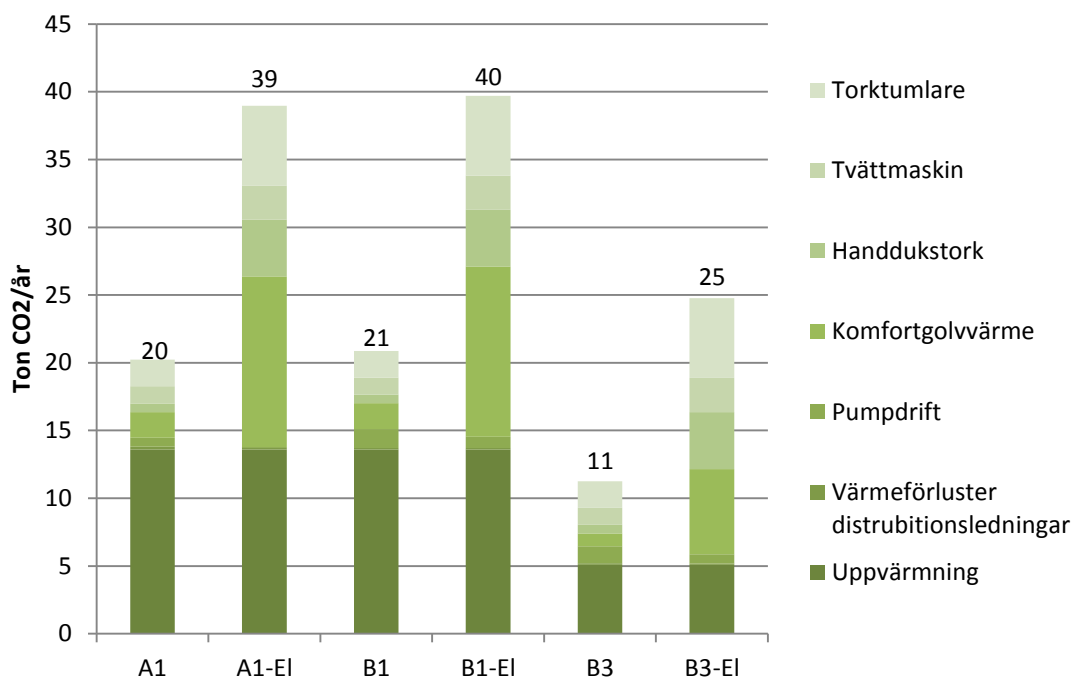
I det andra scenariot, figur 20, används emissionsfaktorerna 44 g CO₂/kWh och 291 g CO₂/kWh för värmeenergi respektive elenergi [76]. Dessa emissionsfaktorer är de som Lunds Energikoncernen brukar använda i egna beräkningar samt i kommunikation med kunder. Värmeenergins emissionsfaktor baseras på Lunds fjärrvärmemix år 2011 och elenergins emissionsfaktor är residualmixens enligt Energimarknadsinspektionen för år 2011.

I figur 19 syns inte klimatpåverkan från värmeförluster från distributionsledningar samt uppvärmning eftersom de är noll. I diagrammet syns också att av de redovisade parametrarna är komfortgolvvärmen den post som drar mest elenergi och bidrar mest till utsläppen. I figur 20 orsakar uppvärmningen stor klimatpåverkan.

Sammanfattningsvis visar figur 19 och 20 tydligt att fallen där värmedrivna vitvaror installeras har en betydligt lägre klimatpåverkan jämfört med fallen där eldrivna vitvaror installeras. I scenario ett minskar samtliga värmedrivna systemkombinationer påverkan med över 80 %. På motsvarande sätt minskas påverkan med runt 50 % i scenario två. På Solbjer kommer emissionerna troligtvis ligga någonstans mitt emellan de två scenarierna. Spillvärmes kommer att blandas upp med övrig fjärrvärme i Lund och boende på Solbjer kommer därför inte få endast spillvärme till sina bostäder. Utöver dessa scenarier kan kunderna såklart välja andra avtal, exempelvis förnybar elproduktion, och därmed ändras utsläppen.



Figur 19 Scenario ett. Klimatpåverkan för de sex olika systemkombinationerna med antagandet att värmeenergin har en emissionsfaktor på 0 g CO₂/kWh och elenergin har en emissionsfaktor på 100 g CO₂/kWh, enheten är ton koldioxid per år. För beteckningsförklaring av systemkombinationer se tabell 18.



Figur 20 Scenario två. Klimatpåverkan för de sex olika systemkombinationerna med antagandet att värmeenergin har en emissionsfaktor på 44 g CO₂/kWh och elenergin har en emissionsfaktor på 291 g CO₂/kWh, enheten är ton koldioxid per år. För beteckningsförklaring av systemkombinationer se tabell 18.

4.5 Energianvändning enligt Boverket

Enligt Boverket beräknas en byggnads energianvändning utifrån dess behov av uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och fastighetsenergi. Energibehovet från eldrivna vitvaror räknas till hushållsel, vilket inte inkluderas i beräkningarna. När ett elenergibehov byts ut mot ett värmeenergibehov inkluderas den ökade värmelasten i byggnadens totala energianvändning eftersom både uppvärmning och tappvarmvatten ingår i beräkningarna av denna. Det kan därmed bli svårare att nå upp till de energikrav som ställs på byggnaden av exempelvis Boverket och olika miljömärkningssystem.

Utifrån ovanstående resonemang är det intressant att få en bild av hur stor påverkan det kan bli på en byggnads energianvändning om värmedrivna vitvarorna installeras. I tabell 28 presenteras antaganden och resultat för en enkel beräkning av hur en diskmaskin, en tvättmaskin och en torktumlare påverkar energianvändningen i en byggnad. Viktigt att poängtera är att denna uträkning endast visar en slags indikation på hur det kan komma att se ut.

I beräkningarna har energianvändningskrav för normaliserade byggnader enligt Boverket BFS 2011:26 och riktlinjer för passivbyggnader enligt Sveriges Centrum för Nollenergihus använts som utgångspunkt. För normaliserade byggnader med annat uppvärmningssätt än el gäller kravet 90 kWh/kvm i Skåne. För passivhus gäller 50 kWh/kvm i Skåne [77]. Vidare antas vitvarorna finnas i en byggnad med en yta motsvarande antingen 70 kvm eller det dubbla, 140 kvm. En yta på 70 kvm används eftersom en normalstor lägenhet antas vara av denna storlek. 140 kvm används för att ge en uppfattning av hur stor roll ytan spelar för beräkningarna. Beräkningarna görs med framledningstemperaturer på värmevattnet på 55°C och 80°C. För diskmaskinen antas fördelningen vara 20 % 60°C ecodiskar och 80 % 60°C normaldiskar. För tvättmaskinen antas tvättarna fördelas lika mellan 60°C ecoprogram och 60°C normalprogram. För torktumblaren används det enda program för värmedrift som finns. Se kapitel 3.3.6 för energianvändningsvärden för vitvarorna och tabell 15 för antal cykler per vitvara och år.

Tabell 28 Årlig ökning av den totala energianvändningen i normaliserade hus och passivhus då värmedrivna vitvaror installeras.

| Temperatur värmevatten (°C) | 55 | | | | 80 | | | |
|---|------|-----|------|------|------|-----|------|------|
| Krav på energianvändning (kWh/ kvm) | 90 | | 50 | | 90 | | 50 | |
| Yta som vitvarorna finns på (kvm) | 70 | 140 | 70 | 140 | 70 | 140 | 70 | 140 |
| Ökning av energianvändning med värmedrivna vitvaror (kWh/kvm) | 10 | 5,1 | 10 | 5,1 | 13 | 6,6 | 13 | 6,6 |
| Procentuell ökning | 11 % | 6 % | 21 % | 10 % | 15 % | 7 % | 26 % | 13 % |

Som tabell 28 visar kommer de värmedrivna vitvarornas påverkan på energianvändningen i en byggnad vara betydlig. Om vitvarorna finns på en yta motsvarande 70 kvm kommer en ökning av energianvändningen på mellan 11 % och 26 % att ske. Finns de på en yta motsvarande 140 kvm kommer en ökning på mellan 6 % och 13 % att ske. Energianvändningen blir högre med 80°C framledningstemperatur jämfört med 55°C eftersom en högre värmevattentemperatur möjliggör att en större del av elenergin kan bytas ut mot värmeenergi. Resultatet visar även att påverkan blir större ju lägre energianvändningskravet är, något som bidrar till att kraven för passivhus kan bli svårare att uppnå.

Även Mälarenergi i Västerås har funderat över problemet med ökad värmeenergianvändning i byggnader vid installation av värmedrivna vitvaror. De nybyggda bostäderna med värmedrivna vitvaror i Västerås (se kapitel 2.3.1) har dock så låg energianvändning att BBR:s prestandakrav ändå uppfylls. Mälarenergi har tillsammans med Västerås stad diskuterat de lokala energianvändningskraven som staden ställer och kommit fram till att vid en installation av värmedrivna vitvaror eventuellt tillåta en ökad värmeenergiförbrukning på 700 kWh extra per år och bostad. Alternativt kan den verkliga energimängden

mätas men det blir dyrt. Om samma antaganden som ovan görs så kommer värmeenergianvändningen öka med 720 kWh/år för 55°C varmvatten och 920 kWh/år för 80°C varmvatten. Mälarenergis föreslagna siffra på 700 kWh extra per år och bostad kan därför anses rimlig. Mälarenergi har dock ännu inte tagit kontakt med Boverket om de föreslagna lösningarna. [35]

5. Marknadsanalys

I detta kapitel presenteras Lunds Kommuns Fastighets AB (LKF) som är den enda byggherre i Lund som har pilotprojekt med värmedrivna vitvaror. Därpå presenteras sju av de nio byggherrar, inklusive LKF, som i dagsläget är aktuella för byggnation på Solbjer och som har ställt upp på intervjuer för denna rapport. Samtliga byggherrar har fått svara på samma intervjufrågor och resultaten redovisas sist i detta kapitel.

5.1 Lunds Kommuns Fastighets AB (LKF)

LKF har idag två pilotprojekt med värmedrivna vitvaror, på området Diakonissan i Södra Råbylund och på området Oden i Linero. På Diakonissan rör det sig om 19 stycken lågenergiradhus där det än så länge har provinstallerats en tvättmaskin, en torktumlare och en diskmaskin i ett av husen. Innan inflyttning, som kommer ske under år 2013, skall samtliga hus ha värmedrivna vitvaror. På Oden rör det sig om tre flerbostadshus med 20 lägenheter i varje hus, där det kommer finnas gemensamma tvättstugor med värmedrivna tvättmaskiner och torktumlare. I de två projekten köps och levereras maskinerna av Lunds Energikoncernen.

På Diakonissan används en systemlösning som liknar Västeråsmodellen, men utan undercentral. Primärledningarna ansluts till varje radhus där det finns värmeväxlare i garaget eller i badrummet i husen. I figur 21 syns tre bilder från ett av radhusen, där värmeväxlarenheten och frånluftsaggregatet ryms i ett skåp i badrummet. Som synes tar värmeväxlarenheten inte speciellt stor plats. Den högra bilden visar värmevattenrören som kommer att kopplas till den värmedrivna diskmaskinen. Att husen fått fjärrvärme och värmedrivna vitvaror har mycket att göra med att området blivit ett pilotprojekt. LKF är tveksam till att liknande hus kommer få värmedrivna vitvaror i framtiden. I vanliga fall installerar LKF frånluftsvärmpumpar med elenergi som spets i denna typ av radhus. Nu kommer varje hyresgäst ha kallhyra och ett eget avtal med Lunds Energikoncernen. När husen har både fjärrvärme och vanlig hushållsel så får hyresgästerna betala två fasta avgifter istället för en – detta är en negativ effekt av att ha två medier. Kallhyran gör också att LKF inte får ta del av de låga driftskostnaderna på samma sätt som på Oden som kommer ha varmhya.



Figur 21 Bilder från en lägenhet på Diakonissan i Södra Råbylund. Till vänster: värmeväxlarenheten. I mitten: nederst värmeväxlarenheten och överst frånluftsaggregatet i ett skåp i badrummet. Till höger: Under diskbänken i köket syns diskmaskinens två extra rör längst till höger. [78]

Husen på Oden är passivhus och inflyttning är innan sommaren år 2014. I dagsläget väljer LKF oftast att inte ha gemensamma tvättstugor eftersom det innebär en ökad risk för osämja bland hyresgästerna. I detta fall har byggherren valt att ha det på grund av kommunens nya tillgänglighetskrav, vilka anges i dokumentet "Bättre för alla". Dessa kommunala särkrav säger bland annat att tvättmaskiner och

torktumlare inte får stå ovanpå varandra, utan måste stå på golvet. Detta ökar golvarean i bostäderna med några kvadratmeter, vilket ökar hyrorna. Att bygga gemensamma tvättstugor är ett sätt att minska antalet maskiner (samt tillhörande golvyta och kostnader) per person. Konceptet med värmedrivna tvättmaskiner i gemensam tvättstuga är något som LKF eventuellt kommer fortsätta med.

LKF köper oftast en totalentreprenad för att bara ha en motpart. I byggnadsprojektet Diakonissan har byggherren förutom totalentreprenören haft den externa leverantören Asko, vilket har varit problematiskt. Bland annat har leveranserna varit försenade, vilket i sin tur beror på att Askos produktion håller på att flytta utomlands (se kapitel 2.3.3). [79]

5.2 Intervjuade Byggherrar

Nedan presenteras de byggherrar som har intervjuats samt vad de planerar att bygga på Solbjer. Ingen av de byggherrar som ska bygga kontor hade möjlighet att ställa upp på personlig intervju.

Derome Hus AB

Planerad byggnation på Solbjer: Flerbostadshus med hyresrätter. Troligtvis kommer kallhyra att tillämpas.

Intervjuobjekt: Christian Kylin, fastighetschef med ansvar för forskning och utveckling.

Hauschild & Siegel Architecture AB

Planerad byggnation på Solbjer: Flerbostadshus med cirka 20 lägenheter, framför allt tvåor och treor. Det är i dagsläget osäkert om det blir hyresrätter eller bostadsrätter.

Intervjuobjekt: Cord Siegel, exploatör och arkitekt.

Ikano Fastighets AB

Planerad byggnation på Solbjer: Flerbostadshus med bostadsrätter, ettor till fyror men framför allt tvåor och treor.

Intervjuobjekt: Peter Skantz, projektchef. Karl Martell, projektledare. Ulrika Hammargren, miljösamordnare.

Lunds Kommuns Fastighets AB

Planerad byggnation på Solbjer: Flerbostadshus med cirka 90 hyresrätter uppdelade på tre kvarter, från ettor till fyror.

Intervjuobjekt: Peter Ovenlund, byggnadschef och projektledare.

NCC Boende AB

Planerad byggnation på Solbjer: Flerbostadshus med cirka 50-60 lägenheter. Det är i dagsläget osäkert om det blir hyresrätter eller bostadsrätter.

Intervjuobjekt: Camilla Persson, projektchef.

Peab Sverige AB

Planerad byggnation på Solbjer: Flerbostadshus med 30-40 bostadsrätter uppdelade på två kvarter.

Intervjuobjekt: Gunilla Hansson, projektutvecklingschef. Bertil Hopp, projektchef.

Skanska Nya Hem AB

Planerad byggnation på Solbjer: Flerbostadshus med bostadsrätter, från ettor till femmor.

Intervjuobjekt: Kim Kulstad, projektchef. Marika Stemming, inredare.

5.3 Tillvägagångssätt intervjuer

Under intervjuerna presenterades tekniken bakom de olika typer av vitvaror (konventionellt eldrivna, tappvarmvattenanslutna, dubbelt tappvattenanslutna och värmedrivna) som denna rapport berör. För- och nackdelar med, samt skillnader mellan, de olika vitvarutyperna beskrevs. Vidare presenterades systemlösningar, återbetalningstider och klimatpåverkan (se kapitel 4.4). Frågor till byggherrarna ställdes

kontinuerligt under genomgångarna, se bilaga D, men fokus låg på att ställa frågor efter att allt material presenterats. Varje intervju varade i ungefär en timme.

För att underlätta läsning i följande kapitel presenteras företagen med förkortade namn, exempelvis skrivs *Ikanostad AB* enkelt som *Ikanostad*. Byggherrarna Derome och NCC intervjuades över telefon med en, via mejl, översänd Power Point-presentation som stöd. De andra byggherrarna intervjuades personligen, även då med en Power Point-presentation som hjälpmedel. Viktigt att poängtera är att det som framkommit under intervjuerna och som redovisas nedan är vad en eller ett fåtal personer från företagen har för uppfattning och åsikter. Personerna benämns dock med det företagsnamn de företräder.

5.4 Intervjuresultat

Vid tiden för intervjuerna fanns och presenterades endast ungefärliga prisuppgifter för Askos HWC-maskiner. Efter intervjuerna informerade Askostad om mer exakta prisuppgifter, vilka visade sig vara något lägre (se kapitel 3.3.5). På grund av detta kan byggherrarnas åsikter kring priser endast kopplas samman med de ungefärliga prisuppgifterna på HWC-vitvarorna.

Intervjuerna inleddes med att byggherrarna fick berätta vilken förkunskap de hade kring värmedrivna vitvaror. Eftersom vitvarorna nämnts på de energigruppsmöten som Lunds Energikoncernen hållit sedan hösten år 2012 och under de byggherremöten som kommunen hållit, hade samtliga byggherrar hört talas om dem. Utöver detta hade de flesta byggherrar ingen eller mycket lite förkunskap. Hauschild & Siegel var ensam om att ha viss teknisk kunskap om vitvarorna. Derome och Hauschild & Siegel uppgav att de tittat på andra, energisnåla, vitvaror: både konventionellt eldrivna och tappvarmvatten- och dubbelt tappvattenanslutna.

5.4.1 Byggherrarnas vitvaror

De byggherrar som ska bygga bostadsrätter på Solbjerg uppger att de kommer installera både diskmaskin, tvättmaskin och torktumlare i samtliga lägenheter. I hyreslägenheter är det mindre vanligt att diskmaskin installeras, istället är det ibland möjligt som tillval. Derome, som ska bygga hyreslägenheter, tror att om värmedrivna vitvaror ska användas i deras bostäder kommer endast tvättmaskin och torktumlare att installeras. Varken komfortgolvvärme eller torkskåp används av byggherrarna i någon större utsträckning.

De flesta av byggherrarna har någon typ av avtal med en vitvaruleverantör. Avtalen avser ofta välkända märken såsom Electrolux, Husqvarna, Siemens, Bosch och Whirlpool. Många av byggherrarna menar att det är viktigt att vitvaruleverantören är känd eftersom kunderna då vet vad de får. Ibland vill kunden ha ett annat märke än det som föreslås av byggherren. LKF påtalar att frågan om upphandling av vitvaror för denna kommunägda byggherre ligger under lagen om offentlig upphandling. LKF måste i sitt förfrågningsmaterial till totalentreprenören därför uttrycka det som exempelvis ”Electrolux eller likvärdigt”. Hauschild & Siegel har inget avtal med någon leverantör.

Samtliga byggherrar uppger att kvaliteten på de vitvaror som köps in beror på vad som byggs. Vanligen handlar det om varor i en mellanprisklass på 4 000-5 000 SEK. Hauschild & Siegel är den enda byggherren som köper in vitvaror i högre prisklasser. Till sina fastigheter har byggherren tidigare köpt in dubbelt tappvattenanslutna tvättmaskiner i en prisklass på 10 000 SEK och specialdesignade diskmaskiner i en prisklass runt 13 000 SEK. Skanska har svårt att säga något om vilken prisklass diskmaskinerna, tvättmaskinerna och torktumlarna ligger i eftersom maskinerna inte köps in till styckpris utan som delar av ett helt vitvarupaket. Ett paket med stor kyl och stor frys, diskmaskin, håll, fläkt, ugn, mikrovågsugn, torktumlare och tvättmaskin samt ibland torkskåp, kan köpas in för runt 20 000-25 000 SEK. Byggherren har större rabatt på det som köps in ofta och mindre rabatt på det som köps in mer sällan.

5.4.2 Ny teknik och systemlösningar

Samtliga byggherrar anser att nya lösningar är intressanta. Detta är en följd av att energikraven i byggnader blir allt hårdare och att energikostnaderna blir allt högre. Ny teknik för dock alltid med sig en risk och benägenheten att prova en ovanlig lösning skiljer sig åt något mellan byggherrarna. Generellt uppges det att byggbranschen är konservativ och eftersom ett byggprojekt är en tidskrävande process tar det lång tid för nya idéer att slå igenom. Samtliga byggherrar uppger att om ny teknik ska provas är det troligt att det först görs ett pilotprojekt som därefter utvärderas. Fungerar tekniken bra så kan konceptet eventuellt användas i andra projekt.

LKF har redan valt att testa värmedrivna vitvaror men då i liten skala (se kapitel 5.1). Byggherren Skanska gör oftast stora projekt vilket försvårar möjligheten att testa ny teknik i mindre projekt. Byggherren Peab uppger att det inte är ovanligt att nya lösningar testas, men att det alltid förbereds en reservplan om tekniken inte skulle fungera på tänkt sätt. Byggherren Hauschild & Siegel uppger sig vara intresserad av nya lösningar samt testar dem ofta.

Derome säger sig ha använt Västeråsmodellen, utan värmedrivna vitvaror, och att det till och med är ett vanligt sätt att bygga. Exempelvis har byggherren byggt ett stort område i Kungsbacken där det finns värmeväxlare i varje lägenhet för att bland annat underlätta avläsning av fjärrvärmeanvändning. Byggherren har även varit med om en variant där allt flöde går till lägenheternas värmeväxlare, det vill säga att det inte finns någon rörförgrening innan växlarna. Deromes uppfattning är att dessa systemlösningar fungerar väldigt bra och att det skulle vara en bra lösning tekniskt sett att även koppla in värmedrivna vitvaror. Ikano har inte testat Västeråsmodellen och är av en annan åsikt. Byggherren tror inte att branschen är redo eller att kunderna är beredda att betala för den extra kostnad som lägenhetsvis fjärrvärmeavläsning skulle innebära. Ikano tror även att värmeväxlare och eventuell varmvattenberedare till varje lägenhet skulle ta så pass stor plats att ytan per våningsplan skulle bli mindre.

Flera av byggherrarna tror att en lösning med värmedrivna vitvaror lämpar sig bäst i gemensamma tvättstugor. Där blir det färre maskiner att serva och eventuellt byta ut. Samtidigt blir det mycket mindre rördragnin jämfört med om varje lägenhet ska ha värmedrivna vitvaror. Byggherren Ikano verkar extra intresserad av gemensamma tvättstugor då denne ofta brukar ha sådana vid byggnation av hyresrätter. Vidare tror Ikano inte att den extra projekteringskostnaden blir speciellt stor utan istället är det installationskostnaden som kan göra budgeten svår att hålla. Byggherren är, precis som Peab, intresserad av Västeråsmodellen och skulle gärna vilja undersöka den vidare.

Trots att komfortgolvvärme inte används av byggherrarna i någon större utsträckning verkar de överens om att ifall värmedrivna vitvaror installeras är även denna applikation samt handdukstork aktuell. Peab anser att Västeråsmodellen är mycket intressant. Byggherren tror inte att modellen kommer innebära någon teknisk svårighet för varken rörläggare, installatörer eller andra involverade. Det bör inte heller vara några problem med fjärrvärmesystemet eller med värmeväxlarnas placering utanför lägenheterna då de är så små. En aspekt som måste beaktas är dock underhållet av undercentraler och värmeväxlare. Ett problem är att de värmedrivna vitvarorna inte är utvärderade och inte kan bli det förrän de blivit använda i några, kanske så många som tio, år. Ikano undrar om installationen av själva vitvaran kan göras av kunden själv eller om det behövs en branschkundig person för detta.

Det är endast en av byggherrarna, Hauschild & Siegel, som har använt sig av dubbelt tappvattenanslutna vitvaror tidigare. Detta beror troligtvis på att det i företaget finns ett personligt engagemang och intresse för nya teknikköslösningar. Många av de andra byggherrarna tycker dock också att dessa vitvaror låter intressanta. Peab poängterar att det måste finnas ett varmvattencirkulationssystem i huset för att det inte ska vara avkyllt vatten som kommer in i de tappvattenanslutna vitvarorna. På grund av detta lämpar sig dessa maskiner bättre i flerbostadshus än i villor. Ikano menar att idén med tappvarmvattenanslutna

maskiner kan vara besvärlig eftersom tappvarmvattnet alltid har en viss temperatur. LKF trycker på att det är viktigt att tappvarmvattnet kommer från en bra energikälla, exempelvis solpaneler och inte luftvärmepump, för att en verklig elenergiminskning ska göras.

5.4.3 Kostnader och garantitid

Alla byggherrar förutom Derome och Hauschild & Siegel uppger att priset för de värmedrivna vitvarorna är ett problem. Prisuppgifterna var vid intervjutillfällena att varje värmedriven maskin kommer kosta dubbelt så mycket som byggherrarna vanligen köper in vitvaror för, eller ännu mer. Byggherrarna ansåg därför att det blir en så pass stor extra kostnad att det påverkar budgeten på ett negativt sätt.

Skanska tror att det är svårt att få kunderna att betala ett högre pris för bostäderna bara för att de innehåller värmedrivna vitvaror. Istället är risken att kunderna väljer konkurrenternas billigare lägenheter. Skanska ser generellt ett problem i att byggpriserna idag är så höga och att ny teknik måste hållas på en nivå som inte höjer kostnaderna. Byggherren tror att intresset för värmedrivna vitvaror skulle öka om de kunde ge fördelar vid exempelvis beräkningar av energiåtgången i passivhus. Om de kunde det så skulle andra åtgärder i passivhus, exempelvis rörande isolering, kunna minskas och pengar sparas in. Detta skulle innebära att den extra kostnaden för vitvarorna skulle kunna täckas upp av andra kostnadsänkningar.

LKF trycker på att det viktiga är att de värmedrivna maskinerna inte går sönder eftersom missnöjda kunder och reparationer är betydligt mer kostsamma jämfört med inköpskostnaden för maskinerna. Inte heller Derome tror att själva inköpskostnaden för maskinerna skulle vara den tunga utgiftsposten utan snarare installationskostnaderna. Det gäller därför att hitta en kostnadseffektiv installationslösning.

Samtliga byggherrar återkom ofta under intervjuerna till frågan om garantitid. De flesta vitvaruleverantörer lämnar idag en garantitid på två år. Dock lämnar totalentreprenören en garantitid på fem år vilket även innefattar vitvaror. Många av byggherrarna undrar över Askos garantitid och menar att den måste vara minst lika lång som återbetalningstiden. Om Asko marknadsför sig själv med maskiner med lång livslängd borde leverantören även ha en längre garantitid tycker samtliga byggherrar.

Vid resonemang om vilka återbetalningstider som är rimliga så tycker byggherrarna att en återbetalning på mellan två och fem år låter överkomlig. Derome menar att inget underhåll eller utbyte av exempelvis värmeväxlare och vitvaror bör behöva ske på minst femton år. En återbetalningstid på fem år medför då vinst i minst tio år. Hauschild & Siegel tycker att det är viktigt att hitta en bra affärlösning som fungerar, exempelvis att Asko leasar ut vitvarorna. Hauschild & Siegel tror även att en extra projekteringskostnad kan tillkomma vilket förlänger återbetalningstiden. NCC menar att en bedömning av hur mycket mer deras kunder är beredda att betala för en lägre driftskostnad alltid måste göras. Budgetarna är idag hårt åtstramade och varje extra kostnad måste avvägas noga.

5.4.4 Beslutsprocessen

De flesta byggherrar uppger att beslut om värmedrivna vitvaror tas av projekt- eller byggnadschefen. Nya idéer, såsom idén om värmedrivna vitvaror, kan dock även komma underifrån organisatoriskt sett men i det enskilda projektet tar byggnadschefen beslut. Det enda företag som uppger att ett beslut om värmedrivna vitvaror sker på en annan nivå är NCC. Där bör frågan istället beslutas i stabsfunktionerna som har hand om inredningsstilarna. Personer ute i NCC:s organisation kan ha åsikter om nya lösningar men det tar betydligt längre tid innan dessa synpunkter beaktas än om det kommer beslut från ledningen själv. Ikano utgår vanligen från en mall när de bygger, dock går det att bestämma på lägre nivå i företaget om saker som exempelvis värmedrivna vitvaror ska installeras eller inte. Organisationen hos den nämnda byggherren är relativt liten och därför är det förhållandevis lätt att förändra i den.

Samtliga byggherrar uppger att om värmedrivna vitvaror ska installeras måste ett beslut tas i ett tidigt skede, senast i detaljprojekteringen. Helst ska beslutet vara taget redan i ett skissningsstadium, innan

systemprojektering, eftersom varorna måste projekteras in och finnas med i installationsbeskrivningar. NCC och Ikano uppger att eftersom de värmedrivna vitvarorna kan påverka hur stora schakten blir i flerbostadshus så är det viktigt att beslut tas innan bygglovshandlingarna lämnas in. Att vitvarorna blir påtänkta i ett tidigt stadium är också viktigt eftersom de kan påverka kostnadskalkylerna för bostäderna. Enligt Derome kan tiden för planering av vitvarorna röra sig om 1-1,5 år innan byggstart. Ingen av byggherrarna uppger vid intervjutillfällena att det är för sent att projektera in värmedrivna vitvaror i bostäderna på Solbjer.

5.4.5 Klimataspekter

Byggherrarna måste anpassa sig efter kommunens detaljkrav för Solbjer och de flesta tror inte att de kommer ha en högre miljöprofil än vad som redan krävs därifrån. Några av byggherrarna har dock åsikter om vitvarornas roll på Solbjer. Hauschild & Siegel tror att värmedrivna vitvaror kan tänkas vara extra intressanta i stadsdelen eftersom byggherren uppfattar miljöprofilen som hög där. Incitamenten att installera vitvarorna skulle även öka om den klimatvänliga spillvärmen kunde få ett betydligt lägre pris jämfört med andra energislag. Hauschild & Siegel menar även att eftersom det kommer finnas god tillgång på värmeenergi på Solbjer så borde lösningar som värmedrivna vitvaror prioriteras före exempelvis extra god husisolering. Eftersom det finns många miljöintresserade människor i Lund tror Skanska att det kan vara rätt stad för en hög miljöprofilering för ett bostadsområde. Även Ikano tror att Solbjer kan vara rätt område för värmedrivna vitvaror.

Många av byggherrarna som bygger bostadsrätter tror att de måste försöka hålla nere kostnaderna så mycket som möjligt eftersom det alltid är svårt att sälja bostäder på ett helt nybyggt område. Solbjer ligger dessutom långt ifrån värdefulla attraktioner som lockar dit människor, exempelvis hav och stränder. Skanska tror att området kan bli populärt men att det kanske skulle behövas något som sätter Solbjer på kartan, exempelvis en ännu starkare klimat- och energiprofil för samtliga involverade byggherrar. En sådan hög satsning skulle kunna utgöra ett försäljningsargument där värmedrivna vitvaror utgör en del. Om installation av värmedrivna vitvaror blev ett krav från kommunens sida skulle alla aktörer på Solbjer få samma kostnadsökning och förutsättningarna skulle vara lika för alla. Skanska tror mer på denna idé än på exempelvis kommunens särkrav ”Bättre för alla” som handlar om utökad tillgänglighet i bostäderna och har påtalat detta för kommunen. Skanska tror att externa krav eller att det är ekonomiskt lönsamt är nödvändiga faktorer för att de värmedrivna vitvarorna ska få ett ordentligt genomslag. Att klimatvinsten skulle ha en så stor betydelse att den ekonomiska lönsamheten inte är av betydelse tror inte byggherren är realistiskt.

Derome planerar att bygga hyresrätter med kallhyra på Solbjer, vilket innebär att hyresgästerna kommer betala sin uppvärmning själva. Detta innebär att byggherren inte kommer att ta del av de lägre driftskostnader som de värmedrivna vitvarorna för med sig. Trots detta uppges att vitvarorna kan vara viktiga eftersom de bidrar till en bra klimat- och energiprofil, något som är viktigt för byggherren som företag. Generellt har Derome stort fokus på energifrågor men uppfattar inte att marknaden har lika stort intresse. Det är oklart om det bristande intresset beror på den rådande lågkonjunkturen eller något annat, men byggherren tror att arbetet med energieffektiva lösningar och därmed värmedrivna vitvaror snart kan bli ett försäljningsargument. Ikano tror inte att de värmedrivna vitvarorna i sig kommer att göra det lättare att sälja bostäderna. Dock kan de extra komfortegenskaper som exempelvis värmedriven handdukstork och komfortgolvvärme bidra till att lägenheterna känns mer exklusiva och därmed öka försäljningsvärdet.

Peab tycker att det är svårt att på grund av en viss miljöprestanda i byggnaden sticka ut som byggherre. Miljöcertifieringar är komplexa enligt Skanska, och de flesta är dåligt anpassade till byggnader och svenska förhållanden. De flesta byggherrar anger även att de brukar bygga hus med en specifik miljöcertifiering och att de brukar ha en lägre energianvändning jämfört med Boverkets byggregler. NCC tror att om vitvarorna kan bidra till miljöcertifieringen på ett positivt sätt så kan det öka incitamenten att installera

dem. Skanska uppger att det finns ett problem med dagens beräkningsmodeller för energianvändning i byggnader. Ingen hänsyn tas till om energin som används är mer miljövänlig, istället är det endast kWh/kvm som är av betydelse.

5.4.6 Marknadsaspekter

Att varumärket är viktigt för kunden gör det faktum att nästan ingen av byggherrarna hade hört talas om Asko innan intervjuerna till ett problem. Skanska uppger att de vitvaror som installeras inte måste vara av det bästa märket på marknaden, men att det är viktigt att det är ett välkänt märke. NCC uppger ett bekymmer kring att kunder skulle kunna uppleva vitvarorna som sämre eller mer okända, vilket skulle bidra till att sänka uppfattningen om standarden på byggnaderna. Även Ikano trycker på att leverantören av vitvarorna måste vara trovärdig. Eftersom Asko är ett relativt litet och än så länge okänt företag framkom det under intervjuerna en oro rörande ifall Asko kan tillverka och leverera de stora mängder vitvaror som byggherrarna vill ha.

LKF:s inledande kommentar rörande Asko var att byggherren aldrig installerat Askos maskiner tidigare och att det troligtvis inte är ett lågprisföretag eftersom totalentreprenören (som även har hand om uppköp av vitvaror) letar efter det billigaste alternativet. Även Ikano, som tidigare hört att Asko levererar tvättmaskiner till tvättstugor, hade uppfattningen att vitvaruleverantören ligger i en högre prisklass. Byggherren har dock ingen uppfattning om kvaliteten på vitvarorna och tror att Asko även är ett okänt märke för kunderna. Vidare uppger sig Peab ha projekt där det kan vara intressant med Askos värmedrivna vitvaror, men att det är synd att vitvaruleverantören inte marknadsför sig bättre. Byggherren undrar även över utseende på Askos maskiner eftersom kunderna tycker att det är en viktig detalj i lägenheterna.

Hauschild & Siegel var den byggherre som visste mest om Asko innan intervjun. Denna byggherre köper idag in vitvaror från Miele till ett pris som är betydligt högre än vad de andra byggherrarna köper in sina vitvaror för. Enligt Hauschild & Siegel har dessa dyrare maskiner en högre kvalitet vilket gör att de är värda sitt pris och uppger att det också är lätt att kommunicera till kunderna att produkterna håller en väldigt hög kvalitet. Vidare är byggherren tveksamt inställd till om det skulle vara lika lätt att kommunicera till kunderna att Askos vitvaror är bra eftersom Asko inte har någon särskild kvalitetsstämpel eller något prestigefullt namn.

Många av byggherrarna trycker på att det är ett problem att det inte finns andra leverantörer av värmedrivna vitvaror på marknaden. Fler leverantörer skulle förmodligen leda till lägre priser. Ikano tror dessutom, speciellt för bostadsrätter, att det av kunderna kan uppfattas negativt om byggherren binder upp sig vid en teknik som endast produceras av ett företag och därmed ett märke. En annan osäkerhet med att det endast finns en leverantör på marknaden är att om Asko beslutar att lägga ner produktionen så kommer det inte finnas någon möjlighet att köpa in nya vitvaror. Hauschild & Siegel tror även att det kan vara svårare att få samma antal offerter från byggnadsentreprenörer eftersom det är en ny teknisk lösning som dessa är ovana vid att bygga.

5.4.7 Kundaspekter

Några av byggherrarna undrar över vitvarornas energimärkning. Skanska menar att många av kunderna vill ha varor med så bra klassning som möjligt, vilket tros bero på att kunderna är medvetna om att en högre klassad vara bidrar till en lägre energiförbrukning. Även Ikano visar ett stort intresse för denna fråga och menar att om en värmedriven vitvara har en hög energiförbrukning så spelar det ingen roll att en mer miljövänlig energikälla (exempelvis fjärrvärme) används.

Samtliga byggherrar menar att många frågor som handlar om miljöarbete idag ses som ett hygienkrav, det vill säga något som kunderna tar för givet att byggherrarna ska arbeta med. Det är därför svårt att ta ut ett högre pris för en bostad på grund av en viss miljöprofil eller en låg energianvändning. Samtidigt uppger

Peab att energieffektiva hus utgör ett försäljningsargument på absolut högsta nivå. Detta är anledningen till att byggherren satsar på att bygga villor som använder 55 kWh/kvm eller lägre. Byggherren påtalar dock att det finns en betydande skillnad mellan hur människor använder energi i bostadsrätter och hyresrätter. Personer som själva ansvarar för sin uppvärmning med mera är också mer medvetna om hur mycket energi deras hushåll drar. Även Ikano satsar på runt 55 kWh/kvm i eluppvärmda byggnader på Solbjer, men inte i rena passivhus.

Peab påtalar också att det kan vara mycket svårt att övertala människor om att en viss vitvara är bättre än en annan. Detta resonemang hör ihop med att människor har en tendens att lägga mycket mer pengar på utseendemässiga aspekter i sina bostäder än på klimatmässiga aspekter, något även Skanska påtalar. De två byggherrarna menar att det finns mycket annat som människor värdesätter framför miljön när de väljer bostad, exempelvis läge, våningsplan och utseende med mera. På grund av detta upplevs det som svårt att marknadsföra det gröna. Även lägre driftskostnader upplevs som svåra att marknadsföra tycker de byggherrar som ska bygga bostadsrätter. De säger därför att värmedrivna vitvaror kan vara mer intressanta för byggherrar som förvaltar sina fastigheter själva. LKF som bygger hyresrätter uppger sig dock vara mycket försiktig när det gäller att prova nya lösningar. Då LKF är en förvaltare, vilket medför en mer omfattande kundkontakt efter att inflyttning har skett, drabbar dålig teknik byggherren annorlunda än vad det drabbar byggherrar som inte förvaltar sina bostäder själva.

6. Diskussion

Nedan följer en kritisk granskning och diskussion av resultatet utifrån ett tekniskt, ekonomiskt, kund- och klimatperspektiv. Kapitlet avslutas med några kortfattade slutsatser.

6.1 Elenergiminskning och klimatpåverkan

Värmedrivna vitvaror är intressanta för fjärrvärmebolag eftersom de kan bidra till framtida expansion av fjärrvärmenäten. I och med en stagnation av fjärrvärmeförsäljningen som bland annat beror på mer energisnåla hus måste nya värmedrivna applikationer utvecklas. Lunds Energikoncernens intresse för värmedrivna vitvaror bygger på en förhoppning om att maskinerna kan öka värmelasten i bolagets fjärrvärmenät samt bidra till det nödvändiga skiftet från elenergi till värmeenergi på Solbjer. Som svar på förhoppningen visar denna rapport att de värmedrivna vitvarorna har potential att byta ut cirka 10 % (550 MWh) av elenergianvändningen på Solbjer mot värmeenergi. Detta motsvarar en ökning av Solbjers totala värmelast med 20 %. Även de tappvattenanslutna vitvarorna kan bidra till ett väsentligt skifte från elenergi till värmeenergi på Solbjer. De beräknas ha en potential att byta ut cirka 3,5 % (200 MWh) av elenergianvändningen mot värmeenergi, vilket motsvarar en värmelastökning på 8 %. Huruvida de potentiella värmelastökningarna räcker för att motivera att nya fjärrvärmeledningar dras till bostadsområdet återstår för Lunds Energikoncernen att avgöra. Vid beräkningarna av de värmedrivna vitvarornas potential att byta ut elenergi mot värmeenergi användes bland annat överslagsberäkningar av Solbjers totala elenergianvändning, som gjorts av Lunds Energikoncernen. Dessa beräkningar bygger på en del antaganden och är just *överslagsberäkningar*, varför de bör ses som en indikation snarare än något definitivt. Exempelvis är ett av antagandena att all BTA består av uppvärmda ytor (se kapitel 4.2.5), vilket är en överdrift. Detta talar för att den egentliga värmelasten är lägre än vad som beräknats. Således skulle de värmedrivna vitvarorna innebära en ännu större värmelastökning än 20 %.

Den potentiella elenergiminskningen på Solbjer kan även kopplas till de beräkningar som nämndes i rapportens inledning, vilka visar att tillgången på lokalt tillverkad förnybar elenergi (mikroproduktion av sol- och vindel) på *bela* Brunnsberg som bäst kommer att vara 2 GWh/år. Installation av värmedrivna vitvaror i Solbjer, som är den första av flera etapper i Brunnsberg, har potential att byta ut cirka 550 MWh elenergi mot värmeenergi. Detta motsvarar cirka 30 % av *bela* Brunnsbergs tillgång på förnybar energi. Om värmedrivna vitvaror även installeras i efterföljande byggetapper är det möjligt att hela mängden på 2 GWh täcks. Installation av värmedrivna vitvaror skulle således kunna ha stor betydelse för att uppnå visionsmålen på Brunnsberg. Till denna slutsats bör det tilläggas att 2 GWh/år är en uppskattning som är mycket grövre än de beräkningar som gjorts i denna rapport.

Den potentiella elenergiminskningen i de 700 planerade bostäderna på Solbjer har tagits fram genom att jämföra elenergianvändningen vid eldrift med värmedrift respektive tappvattenanslutning. Beräkningarna har gjorts både med och utan uppdelning mellan olika typer av program. Då det inte är troligt att exempelvis samtliga diskmaskiner i området alltid körs på ecoprogrammet och inte heller alltid på normalprogrammet, är det mest sannolikt att den verkliga elenergianvändningen ligger någonstans mellan dessa två fall. Huruvida uppdelningen mellan 80 % Normaldiskar och 20 % Ecodiskar som Asko uppskattat stämmer är oklart. Då vitvaruleverantören är erfaren bör uppdelningen kunna anses rimlig, men för att bekräfta uppgifterna hade fler källor egentligen behövts. Detsamma gäller Askos uppskattning för tvättmaskinerna, vilken är 85 % 40°C-tvättar, 10 % 60°C-tvättar och 5 % 90°C-tvättar. Hur som helst blir resultaten mer verklighetsbaserade med någon typ av temperaturfördelning än ingen alls.

Ett problem vid beräkning av tvättmaskinernas elenergianvändning har varit att Asko endast gjort elenergianvändningstester på 60°C-tvättar. För att kunna uppskatta elenergianvändningen när temperaturfördelning görs, har Perssons tvättmaskinsprototyp använts. Prototypen har utgjort grunden

för utvecklingen av Askos värmedrivna vitvaror och dess energianvändningsvärden för 60°C-tvättarna stämmer väl överens med Askos produkt. Båda dessa saker talar för att prototypens värden är representativa och lämpliga för beräkningar. Mest korrekt hade dock varit att få verkliga energianvändningsvärden från Asko. Ytterligare en osäkerhet i beräkningarna utgörs av att samtliga program i de värmedrivna tvättmaskinerna, oavsett auto-/eco- eller snabbinställning, jämförs med ett och samma program vid eldrift. Motsvarande gäller för torktumlarna. Anledningen till detta är att det bara finns elenergianvändningsvärden för detta enda program vid eldrift, se kapitel 3.3.6. För en mer korrekt jämförelse hade fler mätvärden vid eldrift behövts.

Lunds Energikoncernen hoppades även att vitvarorna skulle hjälpa till att minska klimatpåverkan och bidra till visionen om Solbjer som en hållbar stadsdel, vilket de kommer att göra. I rapporten har klimatpåverkansberäkningar gjorts utifrån VCON-studien för det fiktiva flerbostadshuset med 36 lägenheter. Oavsett om emissionsfaktorn för fjärrvärmesätts till 0 eller 44 g CO₂/kWh och emissionsfaktorn för elenergin till 100 eller 291 g CO₂/kWh, blir resultatet en väsentlig minskning av klimatpåverkan i de värmedrivna systemkombinationerna jämfört med de eldrivna. Med antagandet att samtliga bostäder på Solbjer kommer likna det fiktiva flerbostadshuset uppskattas klimatpåverkan därför bli 50-80 % lägre med värmedrivna vitvaror jämfört med eldrivna. Det bör dock påpekas en viss skepsis till de uppvärmningssystem som används i det fiktiva bostadshuset. I VCON:s uträkningar antas uppvärmningen skötas med fjärrvärme i samtliga fall, antingen via vattenburet värmebatteri i tilluften (lågenergihus/passivhus) eller via radiatorer (normalisolerat hus). I lågenergi-/passivhusens fall kan detta antagande ifrågasättas eftersom det ofta anses för dyrt att dra in fjärrvärme i nya hus med låg energianvändning.

Vid en analys av de värmedrivna vitvarornas klimatnytta är det viktigt att titta på deras totala energianvändning. Vitvarorna har ännu inte någon energimärkning när de är anslutna till varmvatten. Däremot har de en viss – relativt bra – märkning vid eldrift. Eftersom maskinerna drar lika mycket totalt sett vid värmedrift som vid eldrift är slutsatsen att även de värmedrivna maskinerna är minst lika bra, sett ur ett energianvändningsperspektiv. Om de istället hade haft sämre energimärkningar vid eldrift, det vill säga hade använt mycket energi totalt sett, så skulle den framräknade klimatnyttan som värmeenergianvändningen innebär blivit mindre. För att de värmedrivna vitvarorna ska få ett genomslag på marknaden är det viktigt att de får en energimärkning. Detta beror på att konsumenter såväl som byggherrar efterfrågar en sådan. Kontentan blir att energimärkningssystemet för vitvaror behöver utvecklas så att det inkluderar värmedrivna vitvaror. Förhoppningsvis skulle vitvarornas användning av värmeenergi istället för elenergi dessutom gynnas i systemet.

6.2 Energibolags- och byggherreperspektiv

I och med installation av värmedrivna vitvaror byts ett elenergibehov, som räknas till hushållsel, ut mot ett värmeenergibehov. Eftersom beräkningsmodellen för en byggnads totala energianvändning exkluderar hushållsel men inkluderar uppvärmning, gör vitvarorna att det blir svårare att nå upp till Boverkets energianvändningskrav. Exempelvis visar beräkningar i denna rapport att ett hus med ett mål på 50 kWh/kvm (passivhus) kan få en ökning av sin energianvändning på 10-21 % med 55°C värmevatten, beroende på om bostadsytan är 70 eller 140 kvm. Ökningen blir ännu större med 80°C värmevatten. Detta är en väsentlig påverkan, varför det är intressant för fjärrvärmebranschen och Asko att uppvakta Boverket för en regeländring. Behovet blir extra tydligt då flera av de intervjuade byggherrarna menar att en motivering till att installera vitvarorna vore om de kunde göra det *lättare* att nå upp till energikraven för passiv- och lågenergihus.

Något annat som skulle gynna de värmedrivna vitvarorna vore om Lunds kommun jobbade ännu mer med att ge Solbjer en hög miljöprofil. Om det hållbarhetsprogram som håller på att tas fram för Solbjer inkluderar värmedrivna vitvaror som en av flera möjliga åtgärder kan chanserna att värmedrivna vitvaror

installeras öka ytterligare. Om alla byggherrar fick samma krav på sig att installera vitvarorna skulle alla även påverkas lika mycket av de förändrade byggnationskostnaderna. Frågan är dock hur bra det är med kommunala särkrav av detta slag, speciellt i kombination med att Malmö stads och Lunds kommuns gemensamma verktyg för hållbart byggande ”Miljöbyggprogram Syd” redan finns i Lund.

Utifrån en kunds synvinkel kan både tappvattenanslutna och värmedrivna vitvaror vara ett bra alternativ. Om tekniken ska installeras i ett befintligt hus är det första alternativet enklare och troligtvis billigare. Det enda som måste adderas är en tappvarmvattenledning fram till tvättmaskinerna. Byggs däremot ett nytt hus kan båda alternativen vara aktuella. De värmedrivna vitvarorna kan ses som en mer långsiktig investering eftersom den initiala investeringskostnaden är högre men driftkostnaderna lägre. Användarmässigt är de olika vitvarutyperna, tappvattenanslutna eller värmedrivna, likvärdiga för kunden.

En nackdel ur både ett kund- och ett förvaltarperspektiv är att Asko är den enda leverantören av de värmedrivna vitvarorna på marknaden. Dels är det negativt ur en ekonomisk synvinkel. Konkurrens medför ofta prispress på produkter och kan medföra att de utvecklas snabbare. Dels är det negativt i och med att om Asko beslutar att lägga ner produktionen så kommer kunder inte kunna återinvestera i nya vitvaror. Eftersom värmedrivna vitvaror medför en stor initial investeringskostnad skulle det innebära en trygghet om Asko kunde lämna garanti på att vitvarorna även går att köpa en viss tid framöver. En annan aspekt är att produktionen fram till idag har befunnit sig i Sverige vilket eventuellt kunnat inge en trygghets- och kvalitetsstämpel som inte kan fås när den flyttas till Slovenien.

Det är också ett problem att Asko än så länge är ett relativt okänt företag. Byggherrarna har inte tidigare hört talas om Asko och upplever detta bekymmersamt då människor tenderar att vilja ha inredning från kända och etablerade märken. Då det bara är tre år sedan Asko började tillverka vitvaror under sitt eget märke istället för under Cylinda, är det dock inte konstigt att märket är okänt. I och med att slutrapporten från Fjärrsynprojektet där de värmedrivna vitvarorna utvecklats kommer att publiceras under år 2013 kanske Asko får mer uppmärksamhet på marknaden.

Förutom att människor gärna vill ha kända märken så är de relativt obenägna att betala extra för en bättre klimatprestanda. Att prestandan ska vara klimatmässigt bra är snarare något som kunderna förväntar sig. Detta märks enligt byggherrarna då det generellt är svårt att ta ut ett högre pris för en bostad bara för att den har låg energianvändning. Samtidigt utgör låg energianvändning ändå ett försäljningsargument i och med att ett hus med hög energianvändning och dålig klimatprestanda inte skulle accepteras av kunderna. I och med detta kan värmedrivna vitvaror, vilka inte sänker den totala energianvändningen men som ändå skiftar från en ofta mindre ekonomisk och miljömässigt fördelaktigt energiform till en bättre, vara svår att motivera för kunder. Detta gäller särskilt då märket dessutom är så pass okänt. På grund av detta tror byggherrarna att det skulle vara svårt att övertyga kunderna om att värmedrivna vitvaror är ett fördelaktigt alternativ. Byggherrarna uppger dock ändå att de värmedrivna vitvarorna är intressanta och att de vill veta mer om dem. För att vitvarorna ska installeras är den ekonomiska biten viktig. På grund av kundernas sviktande inställning till att betala för ”det gröna” tror de flesta byggherrarna inte att det räcker med någon som är driven inom miljöfrågorna på företaget för att det ska bli verklighet av vitvaruinstallationerna. Detta motbevisas av att Hauschild & Siegel länge har valt att installera dubbelt tappvattenanslutna tvättmaskiner trots att dessa är dyrare än konventionellt eldrivna maskiner. Denna byggherre visar exempel på att det kan räcka med en stark vilja för att främja miljön.

Eftersom byggherrarna trots allt är intresserade av de värmedrivna vitvarorna kan det vara en idé för Asko att själv ta kontakt med dem, om inte annat så för att visa upp sig och sprida kunskap om sitt varumärke. Något som byggherrarna undrar över är vitvarornas garantitider. De är skeptiska till att den teoretiska livslängden för Askos maskiner är så lång men att garantitiderna inte är länge än andra vitvaruleverantörers. Längre garantitider skulle troligen ge större trovärdighet och ge Asko en

konkurrensfördel på marknaden. Ett alternativ kan vara att längre garantitid ges på särskilda delar av maskinerna.

De byggherrar som bygger bostadsrätter tror att de värmedrivna vitvarorna kan vara mer aktuella för dem som bygger hyresrätter eftersom dessa kan ta del av de låga driftskostnaderna på ett sätt som inte bostadsrättsbyggarna kan. Å andra sidan menar LKF, som faktiskt bygger hyresrätter, att de måste vara försiktiga eftersom dålig teknik drabbar dem extra hårt i form av reparationer och missnöjda hyresgäster. Om hyresrätterna dessutom har kallhyra kommer de låga driftskostnaderna ändå inte byggherren till gagn. LKF har i sina projekt upplevt problem med att köpa in vitvaror från Asko eftersom vitvaruleverantören inte varit en del av totalentreprenaden. För att underlätta för byggherrarna bör Asko undersöka möjligheterna att ingå i totalentreprenaderna. Att många av byggherrarna redan har avtal med vitvaruleverantörer kan ses som ett hinder. Hindret hade dock varit detsamma för vilken typ av ”ny” vitvaruleverantör som helst.

6.3 Framledningstemperaturer och tappvattenanslutna vitvaror

Asko har gjort tester på sina HWC-maskiners olika program när värmevattnet har en framledningstemperatur på 55°C respektive 80°C. I de flesta av rapportens beräkningar har testresultaten för 55°C värmevatten använts. Detta är dels för att visa det sämsta tänkbara scenariot (då 55°C är den lägsta rekommenderade temperaturen från Asko och den temperatur som ger lägst elenergiminuskningar) och dels för att den temperaturen troligtvis ligger närmst vad som lämpar sig bäst att använda i bostäder. I de beskrivna byggprojekten som använder Västeråsmodellen har framledningstemperaturen dimensionerats efter tappvarmvattenanvändningen eftersom det behovet är så pass mycket större. I Separat Vitvarukretsmodellen blir det svårt att hålla en väldigt hög framledningstemperatur eftersom det innebär större värmeförluster, vilket i sin tur minskar nyttan med att ha värmedrivna vitvaror. Utifrån vad energibolag och byggherrar sagt är en framledningstemperatur på mer än runt 60°C är inte särskilt trolig för någon av systemlösningarna. Ett undantag kan vara gemensamma tvättstugor med separat vitvarukrets där avståndet mellan fjärrvärmecentralen och maskinerna kan vara relativt kort.

Vid en så låg framledningstemperatur som 55°C-60°C är de värmedrivna vitvarornas elenergianvändning som högst (inom spannet av vilka framledningstemperaturer som Asko rekommenderar). Det är därför viktigt att vid dessa framledningstemperaturer även beakta alternativet tappvattenanslutna maskiner. Baserat på denna rapportens undersökningar är slutsatsen att det inte finns några dubbelt tappvattenanslutna diskmaskiner på marknaden. Detta verkar bero på att vattenförbrukningen i diskmaskiner är så pass låg att den extra kostnad som tekniken medför inte väger upp den kostnadsbesparing som skiftet från elenergi till värmeenergi skulle ge. Alternativet är då en tappvarmvattenansluten diskmaskin. Tappvarmvattenanslutning lämpar sig i princip endast för just diskmaskiner eftersom antalet sköljningar, som vanligtvis sker med kallt vatten, inte är lika stort i dessa som i tvättmaskiner. Då sköljningar i diskmaskinen sker med varmt vatten finns det dock en risk att den totala slutliga energianvändningen blir något högre. Energiökningen består dock av värmeenergi som ofta är en billigare och mer miljövänlig energikälla jämfört med elenergi. Om den totala driftskostnaden blir högre eller inte är därför svårt att veta.

Fördelar med en tappvarmvattenansluten diskmaskin är att den har samma investeringskostnad som en konventionellt eldriven. Investeringskostnaden för en dubbelt tappvattenansluten tvättmaskin är mer osäker då prisuppgifter endast inhämtats från Asko. Deras Eco-tvättmaskin kostar runt 6 500 SEK vilket av många kan uppfattas som en relativt hög prisklass. En dubbelt tappvattenansluten vitvara kräver också att en extra ledning dras fram för tappvarmvattnet, vilket medför ytterligare en kostnad.

Gällande elanvändningen så är skillnaden mellan en tappvarmvattenansluten diskmaskin ansluten till 60°C varmvatten och en värmedriven diskmaskin ansluten till 55°C värmevatten liten. Ecodiskarnas

elenergianvändning minskar med 40 % i båda fallen, normaldiskarnas minskar med 30 % och 50 % vid tappvarmvattendrift respektive värmedrift. När den dubbelt tappvattenanslutna tvättmaskinen är kopplad till 60°C varmvatten kan elenergiminuskningar på nästan 60 % göras för ett 60°C-program. Detta är nästan samma som värdena för den värmedrivna maskinen, vilken har elenergiminuskningar på 55 % och 64 % vid auto- respektive ecotvättar.

Kontentan är att tappvattenanslutna maskiner inte ger riktigt lika hög elenergiminuskning som värmedrivna maskiner. Tappvattenanslutna maskiner möjliggör ändå användning av värmeenergi, samt kan vara ett ekonomiskt fördelaktigt alternativ och betydligt enklare att installera i såväl nybyggnationer som befintliga byggnader. Nackdelen är att det inte finns några tappvattenanslutna torktumlare och att sådana troligtvis aldrig heller kommer utvecklas då det vore slöseri med tappvatten. Att torktumlaren är den värmedrivna vitvara som ger högst elenergiminuskning bidrar även till att ett val med tappvattenanslutna vitvaror ger en mycket lägre total elenergiminuskning.

6.4 Systemlösningar

I denna rapport har två systemlösningar presenterats: Västeråsmodellen och Separat Vitvarukretsmodellen. Utifrån intervjuer och analysering av VCON-studien kan ett antal för- och nackdelar med respektive modell beskrivas. De huvudsakliga skillnaderna är att Västeråsmodellen innebär färre antal meter ledning, vilket innebär en lägre investeringskostnad, och om värmedrivna vitvaror installeras innebär modellen även lägre värmeförluster. Det som talar för Separat Vitvarukretsmodellen är att det i grund och botten är en lösning som såväl byggherrar som byggnadsentreprenörer är vana vid. Att både testa värmedrivna vitvaror och en ny systemlösning, som Västeråsmodellen är, kan kanske vara ett större steg att jämföra med att installera vitvarorna i Separat Vitvarukretsmodellen. Utifrån de uppgifter som inhämtats är det osäkert hur väl Västeråsmodellen skulle lämpa sig i normalisolerade hus med radiatorer. Radiatorernas termostaters förmåga att reglera flödet skulle behöva utredas vidare. I dagsläget verkar det därför troligast att Västeråsmodellen lämpar sig bäst i lågenergi- eller passivhus (som oftast inte har radiatorer). Nackdelar med Västeråsmodellen är att fler antal värmeväxlare måste underhållas och att pumpenergin blir högre jämfört med Separat Vitvarukretsmodellen, se tabell 24. Vid avläsning av förbrukad mängd fjärrvärmevatten för varje hushåll finns det för- och nackdelar med båda modellerna. I Västeråsmodellen behövs inte lika många mätare vilket underlättar hantering av mätdata. I Separat Vitvarukretsmodellen behövs det fler mätare vilket innebär fler mätvärden att hantera men det går dessutom att få information om hur mycket värme olika enheter drar.

Som nämnts ovan innebär en ny teknisk lösning, som Västeråsmodellen, alltid osäkerheter och frågetecken för inblandade parter. Exempelvis tror Ikano att varmvattenberedare behövs till varje lägenhetsvärmeväxlare. Så är inte fallet, det räcker att dimensionera värmeväxlaren utifrån tappvarmvattenbehovet. Vidare funderade vissa byggherrar över den projekteringskostnad som en ny lösning medför. Hauschild & Siegel tror att den eventuellt blir högre medan Ikano tror att den inte påverkas nämnvärt. Oavsett om det blir dyrare eller inte måste ett beslut tas någonstans ifrån och att komma till den punkten verkar vara det största hindret att överkomma.

Till de värmedrivna vitvarornas fördel är varken de beräknade livscykelkostnaderna eller klimatpåverkan högre jämfört med motsvarande eldrivna system, se kapitel 4.4. Att livscykelkostnaderna blir lägre beror främst på en lägre driftskostnad. För en privatkund kan det därför i längden vara lönsamt att investera i värmedrivna vitvaror. Detta förutsatt att livlängden på de värmedrivna vitvarorna även i verkligheten är 15 år.

Det är inte speciellt stor skillnad i livscykelkostnader mellan de eldrivna respektive de värmedrivna systemlösningarna för normalisolerade hus (det vill säga A1 jämfört med B1 och A1-El jämfört med B1-El). Dock har Västeråsmodellen en lägre investeringskostnad men en högre driftskostnad. Den högre

driftskostnaden beror på en högre pumpdrift. I ett längre perspektiv, längre än 30 år, kommer Separat Vitvarukretsmodellen vara en mer lönsam investering. I ett kortare perspektiv, på åtminstone 30 år, är Västeråsmodellen ett något mer fördelaktigt system. Framledningstemperaturen antas vara 55°C i båda fallen.

En intressant slutsats utifrån livscykelkostnadsberäkningarna är att Separat Vitvarukretsmodellen (exklusive värmedrivna vitvaror), som är den vanligaste systemlösningen idag i Sverige, har högre livscykelkostnad jämfört med både Separat Vitvarukretsmodellen och Västeråsmodellen där värmedrivna vitvaror inkluderats. Värmedrivna vitvaror är därmed ett fördelaktigt alternativ jämfört med den systemlösning som idag är vanligast i Sverige. Däremot har Västeråsmodellen jämfört med Separat Vitvarukretsmodellen (båda med eldrivna konventionella vitvaror) något högre livscykelkostnad. Det är utifrån dessa beräkningar alltså inte fördelaktigt att vid användning av konventionella eldrivna vitvaror använda Västeråsmodellen. Viktiga parametrar som hållits konstanta under uträkningarna är energipriser, energiprisökning, inflation och internränta. Istället har vitvarutyp ändrats. En potentiell känslighetsanalys, som alltså inte har gjorts, är att ändra de nämnda parametrarna och se hur utfallet blir.

Även återbetalningstiderna där de eldrivna och motsvarande värmedrivna system jämförts, se kapitel 4.4.1, visar att i många fall kan de värmedrivna vitvarorna vara ett fördelaktigt alternativ. Återbetalningstiderna visar att Västeråsmodellen är att föredra framför Separat Vitvarukretsmodellen. Elenergi- och värmepriser har stor betydelse för vilken slutlig återbetalningstid det blir. En högre differens mellan priserna medför en kortare återbetalningstid, vilket var huvudorsaken till varför endast elenergifriset ändrades i beräkningarna. Mest realistiskt vore att även öka värmeenergifriset något men eftersom förhoppningen är att värmeenergifriset inte ska öka lika snabbt som elenergifriset i Lund kan de olika fallen ses som relativt troliga.

Vid beräkning av återbetalningstider för det fiktiva flerbostadshuset som beskrivits i VCON-studien har tvättprogrammen fördelats lika mellan eco- och autoprogrammen. Däremot har ingen temperaturfördelning gjorts. Frågan är hur återbetalningstiderna skulle påverkas av en temperaturfördelning. För att få en uppfattning om detta kan följande resonemang föras: En jämförelse av elenergianvändningen mellan eldrivna och värmedrivna tvättmaskiner, utan temperaturfördelning, visar en skillnad på 107 och 138 kWh för 55°C respektive 80°C värmevatten. Med temperaturfördelning blir resultatet 68 och 75 kWh för 55°C respektive 80°C värmevatten, se figur 13 för elenergianvändningsvärden. Sammanfattningsvis är skillnaden mellan el- och värmedrift, sett till faktiska kWh, mindre då hänsyn tas till temperaturfördelning än då ingen hänsyn tas. Detta innebär att maskinerna måste användas under en längre tid för att komma upp i det antal kWh som – i och med att värmeenergi är billigare än elenergi – krävs för att systemlösningarna ska betala tillbaka sig. Således blir återbetalningstiderna längre när hänsyn tas till temperaturfördelning än när ingen hänsyn tas. Exakt hur mycket längre återbetalningstiderna blir är dock oklart.

Förutsatt att maskinerna håller den tänkta livslängden kommer en kund att efter ett visst antal år tjäna på att installera värmedrivna vitvaror. Återbetalningstiden varierar mycket men genom att titta på det scenario som är mest troligt idag (fall 2) går det att läsa av hur stor besparing som kan göras med valda antaganden. Genom att utifrån tabell 24 subtrahera de värmedrivna systemens driftskostnader från motsvarande eldrivna systems, kan en driftskostnadsminskning fås. Exempelvis blir den 74 463 SEK/år för normaliserade hus med Västeråsmodellen. Utifrån tabell 25 går det då att utläsa att efter cirka 3 år kommer ett 36-lägenhetshus att spara 75 000 SEK/år med ett värmedrivet system.

En stor post, sett både ur ett klimatpåverkansperspektiv och ur ett kostnadsperspektiv, i installationskostnadsberäkningarna är komfortgolvvärme och handdukstork i badrum. Enligt de byggherrar som intervjuats byggs standardlägenheter idag oftast utan dessa applikationer. Dock verkade byggherrarna

eniga om att ifall värmedrivna vitvaror ska installeras är det intressant med ett helt system. Vissa byggherrar trodde även att de två nämnda applikationerna kan tänkas tillföra en fördel ur ett försäljningsperspektiv då detta får lägenheterna att sticka ut från konkurrenternas. Något att fundera över är att handdukstorken och golvvärmen eventuellt endast behövs under den del av året då uppvärmning sker. Det kan därför vara till fördel om dessa applikationer går att reglera lätt, åtminstone golvvärmen som är en så pass stor energianvändningspost. Risken är annars att detta extra värmetillskott måste kylas bort.

Viktigt att återigen poängtera är att VCON-studien inte inkluderar diskmaskiner. Om diskmaskiner hade inkluderats i beräkningarna hade såväl investeringskostnaderna som driftskostnaderna ändrats. Det är svårt att utvärdera om diskmaskinen skulle påverka kostnaderna på ett positivt eller negativt sätt. I det system som beskrivits i rapporten är de undersökta applikationerna (handdukstork, golvvärme, tvättmaskin och torktumlare) samlade i ett och samma rum. Att inkludera golvvärme och handdukstork medför därför inga nämnvärda extra distributionsledningar. För att minska antal meter distributionsledningar – och därmed värmeförluster och installationskostnader – när diskmaskin installeras, bör även kök och badrum ligga nära varandra. Vidare har VCON-studien inte räknat med några värmeförluster inom lägenheterna och husen. Anledningen till detta är att värmeenergin troligen anses komma bostäderna tillgodo i form av uppvärmning. Huruvida detta antagande är korrekt kan ifrågasättas. I denna rapport har det inte funnits utrymme för någon vidare utredning av detta.

Det alternativ där värmedrivna vitvaror kanske är mest intressant i såväl befintliga som i nybyggda hus är i tvättstugor. Dels för att tvättstugor ofta befinner sig nära en fjärrvärmecentral och dels för att färre antal maskiner behöver installeras och därmed underhållas. Färre antal maskiner innebär också en lägre investeringskostnad, dock är de professionella maskinerna något dyrare jämfört med hushållsmaskinerna. Många av byggherrarna poängterade även att det låter enklast och mest fördelaktigt att installera maskinerna i tvättstugor. LKF som kommer testa värmedrivna vitvaror i både tvättstugor och i lägenheter verkar i dagsläget mer positiva till att i framtida projekt använda vitvarorna i just tvättstugor.

6.5 Förslag på vidare undersökningar

Rapportens syfte var bland annat att undersöka de värmedrivna vitvarorna ur ett ”kundperspektiv”. Inom detta perspektiv ryms både byggherrar och byggherrars kunder. Fokus har under arbetets gång dock endast legat på byggherrarna. I framtida utredningar bör även potentiella hyresgäster och köpare av bostadsrätter intervjuas för att erhålla en säkrare bild av deras inställning.

I fjärrvärmebranschen diskuteras framtidens lågtempererade nät. Hur väl de värmedrivna maskinerna kommer passa in i dessa nät är något som kan undersökas vidare. Så länge framledningstemperaturen på värmevattnet till maskinerna kan hållas vid minst 55°C borde resultaten i denna rapport även kunna appliceras på lågtempererade nät. Vidare är det intressant att undersöka de olika systemlösningarna närmre. Det skulle även vara bra om fler undersökningar görs på de potentiella installations- och driftskostnaderna för att få ett bättre teoretiskt underlag. I Västerås där Västeråsmodellen testas görs förhoppningsvis en ekonomisk och en teknisk analys av pilotprojektet.

För energibolag som vill dra fjärrvärme till nya bostadsområden är det viktigt att redan i ett tidigt skede vara ute hos byggherrar. Om de i ett tidigt stadium kan marknadsföra, och kanske även sälja in, värmedrivna applikationer ökar chanserna till att det blir ekonomiskt och klimatmässigt lönsamt att dra fjärrvärme till nybyggda områden. Det är därför intressant att vidare undersöka om energibolagen kan tänkas erbjuda andra värmedrivna produkter och affärslösningar än de gör idag. Exempelvis att de finansierar värmedrivna vitvaror i gengäld mot att de får ta del av vinsterna från den sänkta driftskostnaden, eller att fjärrvärmebolagen sänker anslutningsavgiften om värmedrivna vitvaror installeras.

Något annat som är hett på agendan idag är smarta hus och smarta elnät. Går det även att integrera de värmedrivna vitvarorna – och deras medföljande värmelast – i dessa? Det optimala vore att de värmedrivna vitvarorna används när det är låga effektuttag från el- och fjärrvärmenäten.

Utifrån de uppgifter som inhämtats i denna rapport drar de värmedrivna vitvarorna, i sig själva, inte mer total energi jämfört med de eldrivna motsvarigheterna. Något som inte undersökts är hur stor pumpenergin är för att få fram värmevatten till vitvarorna. Om denna pumpenergi är allt för hög så minskar både miljöfördelarna och de ekonomiska fördelarna med att ha värmedrivna vitvaror.

Det bör undersökas ytterligare hur olika styrmedel och miljöcertifieringar kan underlätta för installation av värmedrivna vitvaror. Det kan även vara intressant att göra klimatberäkningar med hänsyn tagen till primärenergifaktorer. Eftersom värmeenergi oftast har en betydligt lägre primärenergifaktor jämfört med elenergi kommer resultatet troligtvis vara till fördel för de värmedrivna vitvarorna.

Eftersom det uppe på Solbjer framför allt kommer att byggas flerbostadshus har denna rapports undersökningar och beräkningar fokuserat på denna typ av hus. I vidare undersökningar bör även vitvaror i villor och småhus undersökas i större utsträckning.

Då prisuppgifterna på de värmedrivna vitvarorna vid intervjutillfällena var något felaktiga kan det i fortsatta studier vara värt att ställa frågorna om prisuppfattningen till byggherrarna igen.

6.6 Slutsatser

- De värmedrivna vitvarorna är ur ett livscykelperspektiv både ett ekonomiskt och – framför allt – ett klimatmässigt mer lönsamt alternativ jämfört med konventionella eldrivna vitvaror.
- På Solbjer kan cirka 550 MWh elenergi, motsvarande 10 % av Solbjers totala elenergibehov, bytas ut mot värmeenergi om värmedrivna vitvaror installeras. Detta motsvarar en värmelastökning i området på cirka 20 %. 550 MWh motsvarar även hela 28 % av Brunnhögs tillgång på förnybar energi (vilken i bästa fall har uppskattats till 2 GWh). Till denna slutsats bör det påpekas att Solbjer endast är en av flera etapper på Brunnhög där de värmedrivna vitvarorna skulle kunna installeras.
- Tappvattenanslutna vitvaror kan vara ett ekonomiskt och klimatmässigt fördelaktigt alternativ till de värmedrivna och de konventionellt eldrivna vitvarorna. Dessa vitvaror ger lägre elenergiminuskningar men är lättare att installera än värmedrivna vitvaror, speciellt i befintliga byggnader.
- Värmedrivna vitvaror är lättare att installera i nybyggnationer jämfört med befintliga byggnader. Allra enklast är det att installera dem i gemensamma tvättstugor.
- För att de värmedrivna vitvarorna ska få ett genombrott på marknaden kan det vara en idé för Asko att marknadsföra sig bättre gentemot byggherrarna. Asko bör även överväga att garantera längre garantitider på sina produkter då de själva anger att produkterna har en lång livslängd.
- Byggherrarna efterfrågar konkurrens på de värmedrivna vitvarorna, bland annat för att få ner priserna på produkterna.
- De värmedrivna vitvarorna kan behöva gynnas genom styrmedel såsom kommunala särkrav, energimärkningssystem eller miljöcertifieringssystem för att få ett genombrott på marknaden.
- Med dagens beräkningsmetod ökar energianvändningen i byggnader då värmedrivna vitvaror installeras och används. Det finns på grund av detta ett behov från fjärrvärmebranschens och Askos sida att uppvakta Boverket för en regeländring.

7. Referenser

- [1] Fjärrsyn 2009. *Ansökan om bidrag för projekt: Hetvattendrivna vitvaror säkrar framtida fjärrvärmesbyggnad i lågenergihus*. Opublicerat dokument. Sökande: Erhållen via mejl 2013-01-24 från Kjell Andersson.
- [2] Boverket 2013. *BBR – Byggregler*. Hämtad 2013-04-22 från World Wide Web <http://www.boverket.se/Lag-ratt/Boverkets-forfattningssamling/BFS-efter-forkortning/BBR/>
- [3] Rikstermbanken 2013. *BOA*. Hämtad 2013-05-17 från World Wide Web <http://rikstermbanken.se/rtb/visaTermpost.html?id=196685>
- [4] Rikstermbanken 2013. *BTA*. Hämtad 2013-05-17 från World Wide Web <http://rikstermbanken.se/rtb/visaTermpost.html?id=161168>
- [5] Boverket 2013. *PBL Kunskapsbanken – Boverkets vägledning för plan- och bygglagen. Utnyttjandegrad*. Hämtad 2013-04-22 från World Wide Web <http://www.boverket.se/Vagledning/PBL-kunskapsbanken/Detaljplanering/Planbestammelser/Egenskapsbestammelser/Utnyttjandegrad/>
- [6] Kommissionens delegerade förordning (EU) nr 1059/2010 av den 28 september 2010 om komplettering av Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/30/EU vad gäller energimärkning av diskmaskiner för hushållsbruk. Publicerad 2010-11-30 i Europeiska unionens officiella tidning L 314/1.
- [7] Kommissionens delegerade förordning (EU) nr 392/2012 av den 1 mars 2012 om komplettering av Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/30/EU vad gäller energimärkning av torktumlare för hushållsbruk. Publicerad 2012-05-09 i Europeiska unionens officiella tidning L 123/1.
- [8] Kommissionens delegerade förordning (EU) nr 1061/2010 av den 28 september 2010 om komplettering av Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/30/EU vad gäller energimärkning av tvättmaskiner för hushållsbruk. Publicerad 2010-11-30 i Europeiska unionens officiella tidning L 314/47.
- [9] Klimatkompassen 2013. *Beräkningsmetodik och grundantaganden*. Hämtad 2013-04-08 från <http://www.klimatkompassen.se/index.php?id=348257>
- [10] Energimarknadsinspektionen 2013. *Ursprungsmärkning av el*. Hämtad 2013-05-08 från World Wide Web <http://www.energiinspektionen.se/sv/el/elmarknader-och-elhandel/ursprungsmarkning-av-el/>
- [11] Boverket 2006. *Regelsamling för byggande- Boverkets byggregler, BBR, BFS 1993:57 med ändringar till och med 2006:12*. Avsnitt 9:12.
- [12] Olsson, Daniel 2003. *Tappvarmvatten i flerbostadshus*. Effektiv: Rapport nr 2003:04. ISBN 91-7848-952-0. ISSN 1650-1489.
- [13] Energimyndigheten 2011. *Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler 2011*. Hämtad 2013-02-14 från World Wide Web <http://webbshop.cm.se/System/TemplateView.aspx?p=Energimyndigheten&view=default&id=5de8ac74c98a4090ba9d6d33fdc0f91d>
- [14] Frederiksen, S. och Werner, S. 2012. *District Heating and Cooling*. 6th draft merger: August 13, 2012.

- [15] Stadsbyggnadskontoret Lund 2012. *Detaljplan för del av Östra Torn 27:2 m.fl. i Lund, Lunds kommun (Solbjerområdet)*. Samrådshandling för Solbjer. Hämtad 2013-05-17 från World Wide Web [http://web.lund.se/upload/Stadsbyggnadskontoret/LundNE_Brunnsh%C3%B6g/pdf-filer/Detaljplan%20Solbjer/BN%20Planbeskrivning%202012-10-30%20Dp%20f%C3%B6r%20del%20av%20%C3%96stra%20Torn%2027_2%20m%20f%20\(Solbjerom%C3%A5det\).pdf](http://web.lund.se/upload/Stadsbyggnadskontoret/LundNE_Brunnsh%C3%B6g/pdf-filer/Detaljplan%20Solbjer/BN%20Planbeskrivning%202012-10-30%20Dp%20f%C3%B6r%20del%20av%20%C3%96stra%20Torn%2027_2%20m%20f%20(Solbjerom%C3%A5det).pdf)
- [16] Lunds Energikoncernen AB 2011. *Rapport Hållbar stadsdel – Brunnshög Hållbar energi*. Skriven av WSP på uppdrag av Lunds Energikoncernen.
- [17] Lund Northeast 2012. *Strukturbild*. Hämtad 2013-04-09 från World Wide Web http://web.lund.se/kultur2/kulturpage____108719.aspx
- [18] Fransson, Liisa 2012. Lunds Energikoncernen AB, affärsutvecklare. Mejlkonversation 2012-11-15. Mejladress liisa.fransson@lundsenergi.se
- [19] ESS 2013. *The European Spallation Source*. Hämtad 2013-03-07 från World Wide Web <http://europeanspallationsource.se/european-spallation-source-0>
- [20] Max IV Laboratory 2013. *About us*. Hämtad 2013-01-22 från World Wide Web. <https://www.maxlab.lu.se/about>
- [21] Gierow, Martin 2013. Lunds Energikoncernen AB, projektingenjör. Mejlkonversation 2013-02-08. Mejladress martin.gierow@lundsenergi.se.
- [22] ESS Energy Solution 2011. *Energy for Sustainable Science*. Hämtad 2013-02-06 från World Wide Web. http://www.lundsenergi.se/Global/Lunds_Energikoncernen/Pdfer/ESSrapport_engelska.pdf
- [23] Miljöbyggprogram Syd 2013. *Om programmet*. Hämtad 2013-02-05 från World Wide Web http://web.lund.se/program/page____109534.aspx
- [24] Malmö Stad, Lunds kommun och Lunds universitet 2012. *Miljöbyggprogram SYD version 2*. Hämtad 2013-05-16 från World Wide Web <http://web.lund.se/upload/Stadsbyggnadskontoret/milj%C3%B6byggprogram/pdf-er/Milj%C3%B6byggprogram%20SYD%20version%20%2020120903%20rev%2020121211.pdf>
- [25] Tekniska förvaltningen Lund 2011. Tjänsteskrivelse 2011-05-18. Dnr 11/312. *Preliminära markanvisningar på Solbjer i Lund*. Mark- och exploateringskontoret.
- [26] Projektkontoret Lund NE/Brunnshög 2012. *Lund NE/Brunnshög, Vision- och mål*. Reviderad upplaga maj 2012. Hämtad 2013-02-05 från World Wide Web http://web.lund.se/upload/Stadsbyggnadskontoret/LundNE_Brunnsh%C3%B6g/pdf-filer/m%C3%A5l%20och%20vision/Vision_M%C3%A5l_Lund_NE_120528%20sidorna%2057-74.pdf
- [27] Zegers, F.T.S och Molenbroek, E.C., 2000. *Field test of heat-fed washing machines and tumble dryers*. Ecofys E400/E4068.
- [28] Zinko, Heimo et al. 2006. *Demonstrationsprojekt fjärrvärmeanpassade småbus Göteborg - Avancerad fjärrvärmeanvändning i småbus*. Värmegles 2006:29.
- [29] Persson, Tomas 2013. Högskolan i Dalarna, teknisk forskningsingenjör inom energi och miljöteknik. Mejlkonversation 2013-02-21/2013-03-04/2013-02-01 och telefonintervju 2013-02-26. Mejladress tpe@du.se. Telefonnummer 023-77 87 17.

- [30] Persson, Tomas 2007. *Dishwasher and washing machine heated by a hot water circulation loop*. s. 120-128, Återgivet material från Applied Thermal Engineering, Vol. 27. Copyright (2007), med tillåtelse från Elsevier.
- [31] Rezk, Kamal 2006. *Studie över värme-, kyl- och kondenseringsförmågan på ett externt värme- och kylpaket kopplat till en torktumlare*. Examensarbete 10 P. Institutionen för ingenjörsvetenskap, fysik och matematik. Karlstads universitet.
- [32] Larsson, Joel 2011. *Förstudie: Riktlinjer angående val av systemlösning för vitvarukretsar*. Opublicerat dokument. VCON VVS-konsult AB.
- [33] Widlund, Rasmus 2010. *Simulering av värmeförlusterna i ett värmevattensystem för distribution av värmevatten till disk-, tvättmaskin samt torktumlare*. Examensarbete 22,5 hp. Fakulteten för teknik- och naturvetenskap, Energi- och miljöteknik. Karlstads universitet.
- [34] Norrström, Jan 2013. Mimer Bygg AB, driftingenjör. Telefonintervju 2013-03-14. Telefonnummer 021-39 71 92.
- [35] Andersson, Kjell 2013. Mälarenergi AB. Mejlkonversation 2013-01-24/2013-03-12/2013-04-23 och telefonintervju 2013-02-25/2013-04-10. Mejladress kjell.andersson@malarenergi.se. Telefonnummer 021-39 51 05.
- [36] Grefberg, Kristina 2012. *Fjärrvärmedrivna torkskåp kan sänka driftkostnaden till hälften*. Artikel ur Mälarenergis tidning NONSTOP nr 4/2012. Hämtad 2013-05-19 från World Wide Web <http://www.malarenergi.se/Documents/Nonstop/nonstop-4-2012.pdf>
- [37] Ottosson, Ulrika, Wollerstrand, Janusz, Lauenburg, Patrick, Zinko, Heimo och Brand, Marek 2012. *Nästa generations fjärrvärme*. Fjärrsyn: Rapport 2012:1.
- [38] Asko Appliances AB 2013. *ASKOs historia*. Hämtad 2013-05-06 från World Wide Web <http://www.asko.se/om-asko/historia/>
- [39] Bohman, Pehr 2013. Asko Appliances AB, Business Manager Professional. Mejlkonversation 2013-05-05 och telefonintervju 2013-02-11/2013-02-22/2013-05-03. Mejladress pehr.bohman@asko.se. Telefonnummer 0512- 78 52 66.
- [40] Helmersson, Mats 2013. Cylinda Elektroskandia Sverige AB, produktinformatör. Telefonintervju 2013-02-01. Telefonnummer 023-77 87 17.
- [41] Asko Appliances AB 2013. *Bruksanvisning tvättmaskin Asko W6884 HWC*. Opublicerat dokument. Erhållen via mejl 2013-02-11 från Pehr Bohman.
- [42] Energimyndigheten 2010. *Energimärkning av torktumlare*. Hämtad 2013-02-14 från World Wide Web <http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Din-ovriga-energianvandning-i-hemmet/Energimarkning/Produkter-med-energimarkning/Torktumlare/>
- [43] Ljungby fuktighetskontroll och sanering AB 2013. *Avfuktare integrerad i torktumlare*. Hämtad 2013-02-14 från World Wide Web <http://www.lfs-web.se/avfuktare-torktumlare.htm>
- [44] Berghel, Jonas, Brunzell, Lena och Bengtsson, Peder 2004. *Performance analysis of a tumble dryer*. Institutionen för ingenjörsvetenskap, fysik och matematik. Karlstads universitet.

- [45] Energimyndigheten 2012. Energimyndigheten 2012. *Ny torktumlare drar halva energin*, Hämtad 2013-02-14 från World Wide Web
<http://www.energimyndigheten.se/PageFiles/18095/Torktumlare%20Infoblad%204121-99-1607.pdf>
- [46] Svensk Fjärrvärme 2013. *Fjärrvärmedrivna vitvaror och vitvaror med varmvattenanslutning*. Hämtad 2013-01-30 från World Wide Web <http://www.svenskfjarrvarme.se/Medlem/Fokusomraden-/Fjarrvarldens-omvarld/Energieffektivisering/Energieffektiviseringsexempel/Bostader/vitvaror/>
- [47] Asko Appliances AB 2013. *Produktspecifikation W6884ECO*. Hämtad 2013-03-05 från World Wide Web <http://www.asko.se/tvattstuga/tvattmaskiner/w6884-eco/>
- [48] Energimyndigheten 2011. *Fastighetstvättmaskiner- Tabell testresultat*. Hämtad 2013-05-16 från World Wide Web
<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Testerresultat/Testresultat/Fastighetstvattmaskiner/?productGroupId=119&productTypeVersionID=119&productTestId=724&tab=2>
- [49] Asko Appliances AB 2012. *HWC maskiner*. Hämtad 2013-01-31 från World Wide Web
<http://www.asko.se/om-asko/miljo-och-halsa/hwc-maskiner/>
- [50] Asko Appliances AB 2013. *Installationsanvisning värmvattenansluten torktumlare*. Opublicerat dokument. Erhållen via mejl 2013-02-11 Pehr Bohman.
- [51] Asko Appliances AB 2013. *Installationsanvisning värmvattenansluten tvättmaskin*. Opublicerat dokument. Erhållen via mejl 2013-02-11 Pehr Bohman.
- [52] Sahlén, Anders 2013. Asko Appliances AB, FoU-ansvarig. Mejlkonversation 2013-03-05/2013-03-08. Mejladress anders.sahlen@asko.se.
- [53] Asko Appliances AB 2013. *HWC-folder online*. Hämtad 2013-03-05 från World Wide Web
http://www.asko.se/_includes/flash/asko_online_pdf.swf?pubID=3AB3707F-B1B7-F1CC-4F2BC068D2940E58
- [54] Asko Appliances AB 2012. *HWC diskmaskiner*. Hämtad 2013-01-31 från World Wide Web
<http://www.asko.se/om-asko/miljo-och-halsa/hwc-maskiner/hwc-produkter/>
- [55] Asko Appliances AB 2013. *Bruksanvisning diskmaskin Asko D5654 SOF HWC*. Opublicerat dokument. Erhållen via mejl 2013-02-11 från Pehr Bohman.
- [56] Asko Appliances AB 2013. *Bruksanvisning torktumlare Asko T784 HWC*. Opublicerat dokument. Erhållen via mejl 2013-02-11 från Pehr Bohman.
- [57] Johansson, Christine 2013. Asko Appliances AB, sakkunnig på VF-logistik. Mejlkonversation 2013-03-07/2013-03-18 och telefonintervju 2013-04-05. Mejladress christine.johansson@asko.se.
- [58] Skoglund Carlsson, Ida 2013. Asko Appliances AB, sakkunnig på utveckling/prestanda labb. Mejlkonversation 2013-03-07. Mejladress ida.skoglundcarlsson@asko.se.
- [59] Energimyndigheten 2011. *Torkskåp. Tabell. Testresultat*. Hämtad 2013-03-11 från
<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Testerresultat/Testresultat/Torkskap/?tab=2>
- [60] Energimyndigheten 2011. *Torkskåp. Mer om testet av torkskåp*. Hämtad 2013-03-11 från World Wide Web
<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Testerresultat/Testresultat/Torkskap/?tab=1>

- [61] Ragazzo, Johnny 2013. Lunds Energikoncernen AB, drifttekniker. Personlig kommunikation 2013-04-25. Mejladress johnny.ragazzo@lundsenergi.se.
- [62] Andersson, Susanne 2013. Lunds Energikoncernen AB, säljare fjärrvärme. Personlig kommunikation 2013-02-26. Mejladress susanne.andersson@kraftringen-forsaljning.se.
- [63] Lunds Energikoncernen AB 2013. *Fjärrvärmepreiser för privatpersoner*. Hämtad 2013-02-22 från World Wide Web <http://www.lundsenergi.se/Privat/Varme/Fjarrvarme/Fjarrvarmepreiser-2013/>
- [64] Lunds Energikoncernen AB 2013. *Intensiva förberedelser – turbinen kommer snart*. Hämtad 2013-05-08 från World Wide Web <http://www.lundsenergikoncernen.se/Ortoftaverket/Ortofta/>
- [65] Statistiska centralbyrån 2013. *Priser på elenergi och på överföring av el (nättariffer)*. Hämtad 2013-02-22 från World Wide Web http://www.scb.se/Pages/ProductTables___6429.aspx Excel-filen har följande länk: [http://www.scb.se/Statistik/EN/EN0301/2013M01/Manadsvarden_apr2004_\(jan1996\)-jan2013.xls](http://www.scb.se/Statistik/EN/EN0301/2013M01/Manadsvarden_apr2004_(jan1996)-jan2013.xls)
- [66] Lunds Energikoncernen AB 2013. *Elnätsavgifter*. Hämtad 2013-02-22 från World Wide Web <http://www.lundsenergi.se/Privat/El/Elnat/Elnatsavgifter/>
- [67] Skatteverket 2013. *Ändrade skattesatser på bränslen och el fr.o.m. 1 januari 2013*. Hämtad 2013-02-21 från World Wide Web <http://www.skatteverket.se/download/18.2b543913a42158acf800016263/1354780124382/Skattesatser+2013+RA.pdf>
- [68] Skatteverket 2013. *25 procents moms*. Hämtad 2013-02-21 från World Wide Web <http://www.skatteverket.se/foretagorganisationer/moms/vadarmoms/2512eller6procentmoms/25procent.4.58d555751259e4d66168000342.html>
- [69] E.ON Sverige AB 2013. *Jämför din förbrukning*. Hämtad 2013-03-07 från World Wide Web <http://www.eon.se/privatkund/Energiradgivning/Bra-att-veta/Andras-elforbrukning/>
- [70] Petterson, Maria 2013. Lunds Energikoncernen AB, projektledare. Mejlkonversation 2013-03-21 och personlig kommunikation 2013-05-07. Mejladress maria.petterson@lundsenergikoncernen.se.
- [71] Arbetsmiljöverket 2013. *Hur stor arbetsytta bör man ha på ett kontor?* Hämtad 2013-03-20 från World Wide Web: <http://www.av.se/fragorochsvar/475.aspx?AspxAutoDetectCookieSupport=1>
- [72] Lauenburg, Patrick 2013. Lunds Tekniska Högskola, doktor inom fjärrvärme. Telefonintervju 2013-04-09. Telefonnummer 046-222 92 73.
- [73] Larsson, Joel 2013. VCON, VVS-konsult. Telefonintervju 2013-02-15. Telefonnummer 031-69 68 77.
- [74] Energimyndigheten 2012. *Energiläget i siffror*. Hämtad 2013-05-09 från World Wide Web <http://webbshop.cm.se/System/TemplateView.aspx?p=Energimyndigheten&view=default&id=ac3bcc6d1511459390d08f89568c2415>
- [75] Energimyndigheten 2010. *Beräkna LCC*. Hämtad 2013-04-05 från World Wide Web <http://www.energimyndigheten.se/sv/Foretag/Energieffektivisering-i-foretag/Finansiering-och-inkop/Livscykelkostnad/Berakna-LCC/>
- [76] Svensk Energi 2013. *Hur mycket koldioxid medför din elanvändning?* Hämtad 2013-05-08 från World Wide Web <http://www.svenskenergi.se/Elfakta/Miljo-och-klimat/Klimatpaverkan/Hur-mycket-koldioxid-medfor-din-elanvandning/>

[77] Sveriges centrum för nollenergihus 2012. *FEBY 12 Kravspecifikation för nollenergihus, passivhus och minienergihus Bostäder*. Hämtad 2013-05-17 från World Wide Web
<http://www.nollhus.se/dokument/Kravspecifikation%20FEBY12%20-%20bostader%20sept.pdf>

[78] Hess, Alma 2013. Foto taget 2013-05-16. Mejladress almahess@gmail.com.

[79] Ovenlund, Peter 2013. Lunds kommuns fastighets AB, byggnadschef och projektledare. Personlig kommunikation 2013-04-03. Mejladress peter.ovenlund@lkf.lund.se.

[80] Asko Appliances AB 2013. *Bruksanvisning Tvättmaskin Asko W6884 ECO*. Opublicerat dokument. Erhållen via mejl 2013-02-11 från Pehr Bohman.

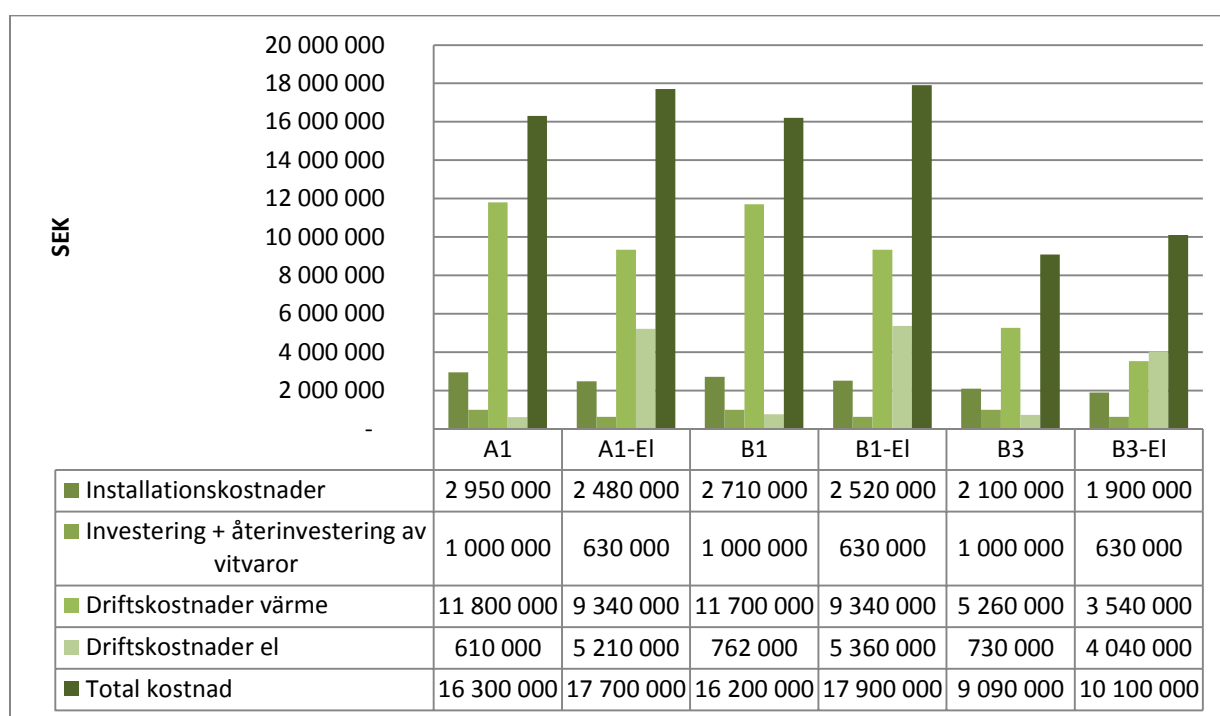
[81] Energimyndigheten 2013. *Torkskåp*. Hämtad 2013-04-08 från World Wide Web
<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Testerresultat/Testresultat/Torkskap/>

B. Bilaga

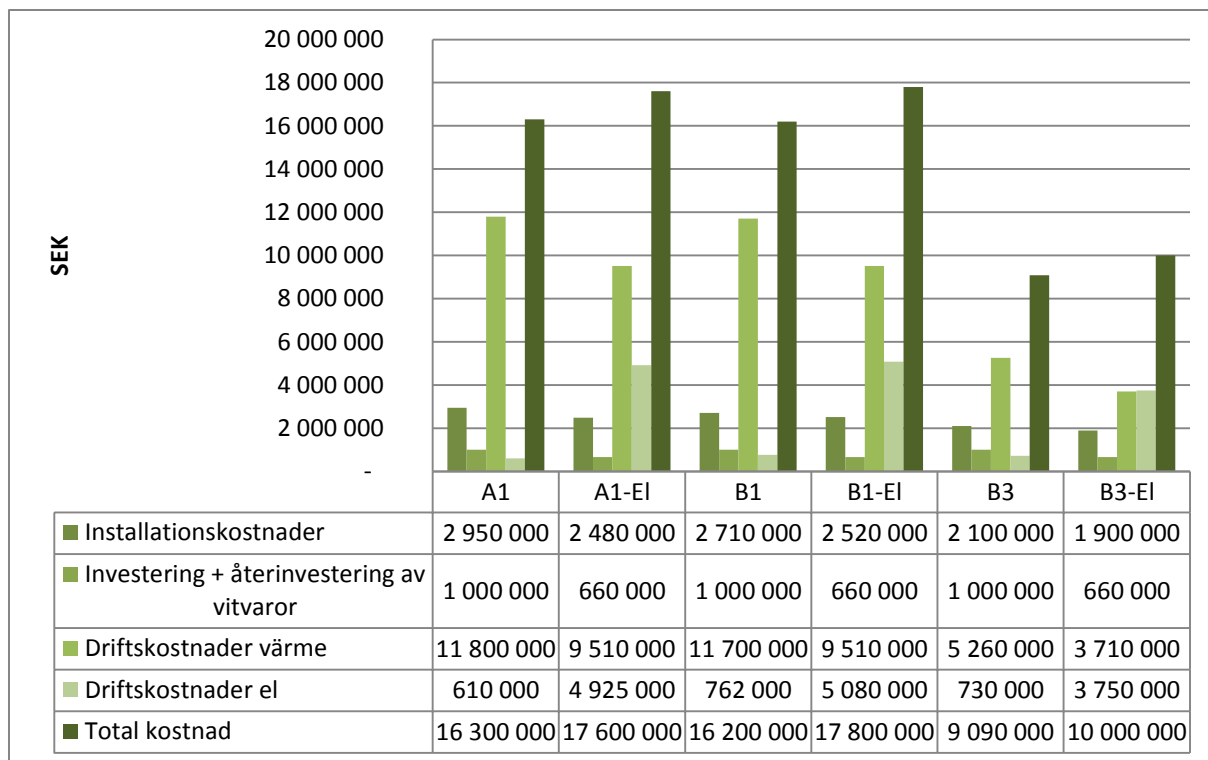
Livscykelkostnadsberäkningar

Tabell 1 Ändrade parametrar för livscykelkostnadsberäkningar jämfört med tabell 27 i rapporten då vitvarorna antas vara kvalitetsmässigt lika. Övriga ingående parametrar är samma som i tabell 27.

| Parametrar för livscykelkostnadsberäkningar för kvalitetsmässigt likvärdiga vitvaror | |
|--|-------|
| Kostnad eldriven tvättmaskin (SEK) | 6 000 |
| Kostnad Eco-tvättmaskin (dubbelt tappvattenansluten) (SEK) | 6 500 |
| Kostnad eldriven torktumlare (SEK) | 4 000 |
| Livslängd tvättmaskin och torktumlare (år) | 15 |



Figur 1 Livscykelkostnader för en 30-årsperiod för de sex olika systemkombinationerna där de konventionellt eldrivna vitvarorna är kvalitetsmässigt likvärdiga de värmedrivna. För beteckningsförklaring av systemkombinationer se tabell 18 i rapporten.



Figur 2 Livscykelkostnader för en 30-årsperiod för de sex olika systemkombinationerna där de konventionellt eldrivna vitvarorna är kvalitetsmässigt likvärdiga de värmedrivna och de eldrivna konventionella tvättmaskinerna är utbytta mot dubbelt tappvattenanslutna tvättmaskiner. För beteckningsförklaring av systemkombinationer se tabell 18 i rapporten.

C. Bilaga

Excellfil för energiberäkningar på Solbjer

Beräkning av potentiell elenergiminskning och värmelastökning i ett specifikt bostadsområde genom installation av:

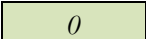


- Värmedrivna vitvaror
- Tappvarmvattenanslutna vitvaror
- Dubbelt tappvattenanslutna vitvaror

1. Inledning

Denna fil är avsedd att fungera som ett verktyg för att uppskatta den elenergiminskning som kan uppnås i ett specifikt bostadsområde genom användning av värmedrivna respektive tappvarmvattenanslutna och dubbelt tappvattenanslutna vitvaror jämfört med eldrivna vitvaror. Verktøget ska kunna användas i såväl tidig planeringsfas som sen. I ett tidigare planeringsstadium fås en grövre uppskattning och i ett senare planeringsstadium fås en mer noggrann.

Filen är uppbyggd med förklarande texter angående vilka uppgifter som behövs i varje kapitel. Beräkningar sker automatiskt efterhand som efterfrågade parametervärden skrivs in i de gröna cellerna. Svarsvärdena dyker automatiskt upp i de blåa cellerna.

Ifyllnadsinstruktioner

| | |
|---|---|
|  | Gröna celler är redigerbara och skall fyllas i. |
|  | Blåa celler fylls i automatiskt och visar resultat. |
|  | Röda celler anger antaganden eller statistiska värden som kan redigeras om så önskas. |

2. Beräkningar

Elenergiminskningen i det specifika bostadsområdet beror på vilket antal konventionella eldrivna vitvaror som kan bytas ut mot värmedrivna vitvaror, tappvarmvattenanslutna vitvaror eller dubbelt tappvattenanslutna vitvaror. Beräkningsstegen i detta dokument följer följande upplägg:

Kapitel 2.1

Det totala antalet bostäder i det specifika bostadsområdet anges. Utifrån detta beräknas antalet tvättmaskiner, diskmaskiner och torktumlare samt dessa vitvarors totala antal cykler under ett år. Detta steg sker automatiskt med hjälp av uppgifter om antal cykler per vitvara och år, hämtade från EU-kommissionens delegerade förordningar om energimärkning (EU) nr 392/2012 samt 1059/2010 och 1061/2010.

Kapitel 2.2

Det totala antalet avdelningar på områdets förskolor samt kontorens bruttototalarea (BTA) anges. Via antaganden om antal vitvaror i hotell och förskolor, samt uppgifter om antal cykler per vitvara och år från EU-kommissionens förordningar om energimärkning, beräknas totala antalet cykler per år. Detta steg sker automatiskt.

Kapitel 2.3

De olika vitvarornas elenergianvändning redovisas utifrån uppgifter från tillverkaren Asko Appliances AB.

Kapitel 2.4

Den totala elenergiminskningen som kan uppnås i det specifika området beräknas som elenergiminskning per maskin multiplicerat med det totala antalet maskiner i det specifika området. Detta steg sker automatiskt.

2.1 Antal maskiner och cykler i bostäder

Redigerbara celler: Ange hur många bostäder som kommer finnas i det tänkta området. Utifrån detta antal beräknas det totala antal tvättmaskiner, torktumare och diskmaskiner som kommer finnas, samt maskinernas totala antal cykler per år. [6, 7, 8] Varje bostad antas innehålla en tvättmaskin, en torktumlare och en diskmaskin.

| | |
|--------------------------|-----|
| Antal bostäder i området | 700 |
|--------------------------|-----|

| | Tvättm. | Torkt. | Diskm. |
|---------------------|---------|--------|--------|
| Antal cykler per år | 220 | 160 | 280 |

| | Områdets bostäder | |
|-------------|-----------------------|------------------------|
| Vitvara | Totalt antal maskiner | Totalt antal cykler/år |
| Tvättmaskin | 700 | 154000 |
| Torktumlare | 700 | 112000 |
| Diskmaskin | 700 | 196000 |

2.2 Antal maskiner och cykler i övriga lokaler

Celler med statistik eller antaganden: I de röda cellerna visas antaganden för antal vitvaror i förskolor och kontorslokaler. Antalet tvättmaskiner och torktumlare på förskolor antas vara försumbart. Varje förskola antas ha en industridiskmaskin, men dessa exkluderas ur beräkningarna eftersom det i dagsläget inte finns några värmedrivna sådana. På varje förskoleavdelning antas två torkskåp finnas vilka, enligt Energimyndigheten, används 200 gånger vardera per år. [81]

I kontorslokaler och på hotell antas tvättning och torkning vara outsourcat och tas därför inte med i beräkningarna. På hotell antas industridiskmaskiner finnas, men även dessa exkluderas ur beräkningarna enligt ovanstående resonemang. I kontorslokaler antas det finnas diskmaskiner i gemensamma matsalar och/eller fikarum som används 50 % mer jämfört med i hushåll, vilket innebär 420 gånger per år. Askos diskmaskiner rymmer 14 kuvert, en disk mängd som antas alstras av cirka 20 personer under lunchtid. Således beräknas det finnas 20 anställda per maskin.

Hur många diskmaskiner som installeras i kontorslokalerna antas bero på hur många människor som jobbar där. Detta antal beror i sin tur på vilken kontorslösning som tillämpas (cellkontor/öppet landskap/aktivitetsbaserad arbetsplats). Vidare antas det att 50 % av kontorens BTA är faktisk kontorsyta.

Redigerbara celler: Ange antalet förskoleavdelningar som kommer finnas i området. Fyll i BTA för kontorslokalerna i området. Fyll även i antal kvadratmeter kontorsyta som en anställd kommer att ha. Om inte exakt värde finns är ett rekommenderat värde 10-20 kvm/person.

| Torkskåp förskolor | Totalt antal förskoleavdelningar | Antal skåp/avdelning | Antal cykler/torkskåp | Totalt antal cykler i områdets förskolor | Totalt antal maskiner i områdets förskolor |
|--------------------|----------------------------------|----------------------|-----------------------|--|--|
| | | 7 | 2 | 200 | 2800 |

| Diskmaskiner kontor | BTA (kvm) kontor i området | Antal kvm kontor per anställd | Antal maskiner/kvm BTA | Antal cykler/diskmaskin | Totalt antal cykler i områdets kontor | Totalt antal maskiner i områdets kontor |
|---------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---|
| | | 43000 | 15 | 0,001667 | 420 | 30100 |

2.3 Elenergianvändning

Celler med statistik eller antaganden: Elenergianvändningen i diskmaskiner, tvättmaskiner och torktumlare beror på det inkommande vattnets temperatur samt rumstemperatur, lastmängd, valda tilläggsfunktioner med mera. De siffror som redovisas i detta kapitel bygger på mätningar som gjorts av Asko och som anges i maskinernas bruksanvisningar.

Diskmaskin

När diskmaskinen inte är kopplad till värmevattenssystemet kan den kopplas in till antingen kallt eller varmt tappvatten, det vill säga att den antingen kan fungera som en konventionell eldriven maskin eller som en tappvarmvattenansluten maskin. Nedan anges elenergianvändningsvärden vid eldrift, tappvarmvattendrift och värmedrift, för de två programmen *Normaldisk 60°C* och *Ecodisk 55°C*. [55]

| Diskmaskin D5654 SOF Eldriven | Elanvändningsvärden kallvattenanslutning 15°C (kWh) |
|--|---|
| Normaldisk 60°C | 1 |
| Ecodisk 55°C | 1 |

| Diskmaskin D5654 SOF Tappvarmvatten- ansluten | Elanvändningsvärden varmvattenanslutning 60°C (kWh) |
|--|---|
| Normaldisk 60°C | 0,7 |
| Ecodisk 55°C | 0,6 |

| Diskmaskin D5654 SOF Värmedriven | Elanvändningsvärden (kWh) | |
|---|---------------------------|--------------------|
| | Ansluten till 80°C | Ansluten till 55°C |
| Normaldisk 60°C | 0,2 | 0,5 |
| Ecodisk 55°C | 0,1 | 0,6 |

Tvättmaskin

När tvättmaskinen inte är kopplad till värmevattenssystemet kan den fungera som en konventionell eldriven maskin. Nedan anges värden för programmet *Normal vit/kyllört 60°C* då tvättmaskinen är konventionellt eldriven. Nedan anges även värden för motsvarande program när maskinen är värmevattenansluten, men då med de två olika inställningarna *Ecotvätt* eller *Autotvätt*. [41]

Asko har även en tvättmaskin som är dubbelt tappvattenansluten, kallad *ECO*. Värden för denna maskin anges också nedan. [80]

| | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| Tvättmaskin W6884 Eldriven | Elanvändningsvärden (kWh) |
| Normal vit/kulört 60°C | 1,1 |

| | | |
|--|---------------------------|-----------------------------|
| Tvättmaskin W6884 ECO Dubbelt tappvattenanslutnen | Elanvändningsvärden (kWh) | |
| | Kallvattenanslutning | Dubbel tappvattenanslutning |
| Standard bomull 60°C | 1,2 | 0,5 |

| | | |
|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Tvättmaskin W6884 Värmedriven | Elanvändningsvärden (kWh) | Elanvändningsvärden (kWh) |
| | Ansluten till 80°C | Ansluten till 55°C |
| Normal vit/kulört 60°C Autotvätt | 0,2 | 0,5 |
| Normal vit/kulört 60°C Ecotvätt | 0,2 | 0,4 |

Torktumlare

När torktumlaren inte är kopplad till värmevattensystemet kan den fungera som en konventionell eldriven maskin. Nedan anges värden för programmet *Auto normaltorrt* då torktumlaren är konventionellt eldriven. Nedan anges även värden för motsvarande program när maskinen är värmevattenanslutnen, men då med inställningen *Eco*. [56]

| | |
|---|---------------------------|
| Torktumlare T784 frånluft Normal | Elanvändningsvärden (kWh) |
| Auto normaltorrt | 3,51 |

| | | |
|--|---------------------------|---------------------------|
| Torktumlare T784 frånluft Värmedriven | Elanvändningsvärden (kWh) | Elanvändningsvärden (kWh) |
| | Ansluten till 80°C | Ansluten till 55°C |
| Auto normaltorrt Eco | 0,45 | 0,75 |

Torkskåp

Askos värmedrivna torkskåp är inte lika långt komna i utvecklingen som övriga produkter och det finns därför ingen data för skåpen. I en undersökning utförd av Energimyndigheten år 2011 varierar dock elenergianvändningen i konventionella eldrivna torkskåp mellan 3,0 och 4,7 kWh per torkning. Ett medelvärde av dessa uppmätta värden är 3,55 kWh. De värmedrivna torkskåpen antas kunna ersätta cirka 90 % av elenergin med värmeenergi. Om detta antagande appliceras på Energimyndighetens sammanställning, fås att ett värmedrivet torkskåp kan minska elenergianvändningen med 3,2 kWh. [81]

Kapitel 2.4 Elenergiminuskning

Resultatceller: Utifrån det totala antalet cykler i det specifika området och differensen mellan maskiner som är värmedrivna och eldrivna, eller mellan maskiner som är tappvarmvattenanslutna/dubbelt tappvattenanslutna och eldrivna, beräknas den totala elenergiminuskningen som kan uppnås i det specifika området. För diskmaskiner uppskattar Asko att det program som körs mest är det som kallas *Normaldisk*. Detta program anges utgöra cirka 80 % av diskarna. Resterande 20 % antas utgöras av ecoprogrammet.

Diskmaskin

| | |
|----------------------------------|-----|
| Antal tusen diskcykler i området | 226 |
|----------------------------------|-----|

Elenergiminuskning för hela området vid olika program:

Samtliga program jämförs med motsvarande program under eldrift.

| Värmedrift | |
|---|--------------------------|
| Program | Elenergiminuskning (MWh) |
| 80°C värmvatten, Normaldisk 60°C | 181 |
| 80°C värmvatten, Ecodisk 55°C | 203 |
| 80°C värmvatten, uppdelat mellan 80 % Normaldisk och 20 % Ecodisk | 185 |
| 55°C värmvatten, Normaldisk 60°C | 113 |
| 55°C värmvatten, Ecodisk 55°C | 90 |
| 55°C värmvatten, uppdelat mellan 80 % Normaldisk och 20 % Ecodisk | 109 |

| Tappvarmvattenanslutning | |
|--|--------------------------|
| Program | Elenergiminuskning (MWh) |
| 60°C tappvarmvatten, Normaldisk 60°C | 68 |
| 60°C tappvarmvatten, Ecodisk 55°C | 90 |
| 60°C tappvarmvatten uppdelat mellan 80 % Normaldisk och 20 % Ecodisk | 72 |

Tvättmaskin

| | |
|-----------------------------------|-----|
| Antal tusen tvättcykler i området | 154 |
|-----------------------------------|-----|

Elenergiminuskning för hela området vid olika program:

Samtliga program jämförs med motsvarande program, men utan auto- eller ecoinställning, under eldrift.

| Värmedrift | |
|----------------------------------|--------------------------|
| Program | Elenergiminuskning (MWh) |
| 80°C värmevatten, Autotvätt 60°C | 139 |
| 80°C värmevatten, Ecotvätt 60°C | 139 |
| 55°C värmevatten, Autotvätt 60°C | 92 |
| 55°C värmevatten, Ecotvätt 60°C | 108 |

| Dubbel tappvattenanslutning | |
|-----------------------------|--------------------------|
| Program | Elenergiminuskning (MWh) |
| Normalprogram 60°C | 108 |

Torktumlare

| | |
|--|-----|
| Antal tusen torktumlarcykler i området | 112 |
|--|-----|

Elenergiminuskning för hela området vid olika program:

Samtliga program jämförs med motsvarande program, men utan ecoinställning, under eldrift.

| Värmedrift | |
|--|--------------------------|
| Program | Elenergiminuskning (MWh) |
| 80°C värmevatten, Ecoprogram Normaltorrt | 343 |
| 55°C värmevatten, Ecoprogram Normaltorrt | 309 |

Torkskåp

| | |
|---------------------------------------|-----|
| Antal tusen torkskåpscykler i området | 2,8 |
|---------------------------------------|-----|

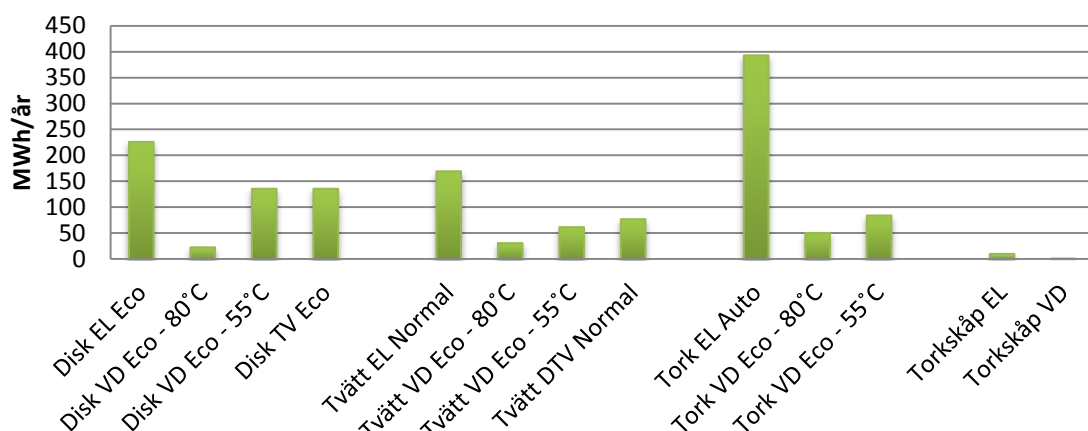
| | |
|--|---|
| Elenergiminuskning för hela området (MWh): | 9 |
|--|---|

3. Sammanställning beräkningar

Vilket det totala elenergiebehovet i området blir beror helt på vilka antaganden som görs. För diskmaskiner, tvättmaskiner, torktumlare och torkskåp beror elenergiminuskningen främst på valt program och framledningstemperatur på värmevatten och tappvarmvatten. Observera att elenergiminuskningen är samma som värmelastökningen i fjärrvärmenätet.

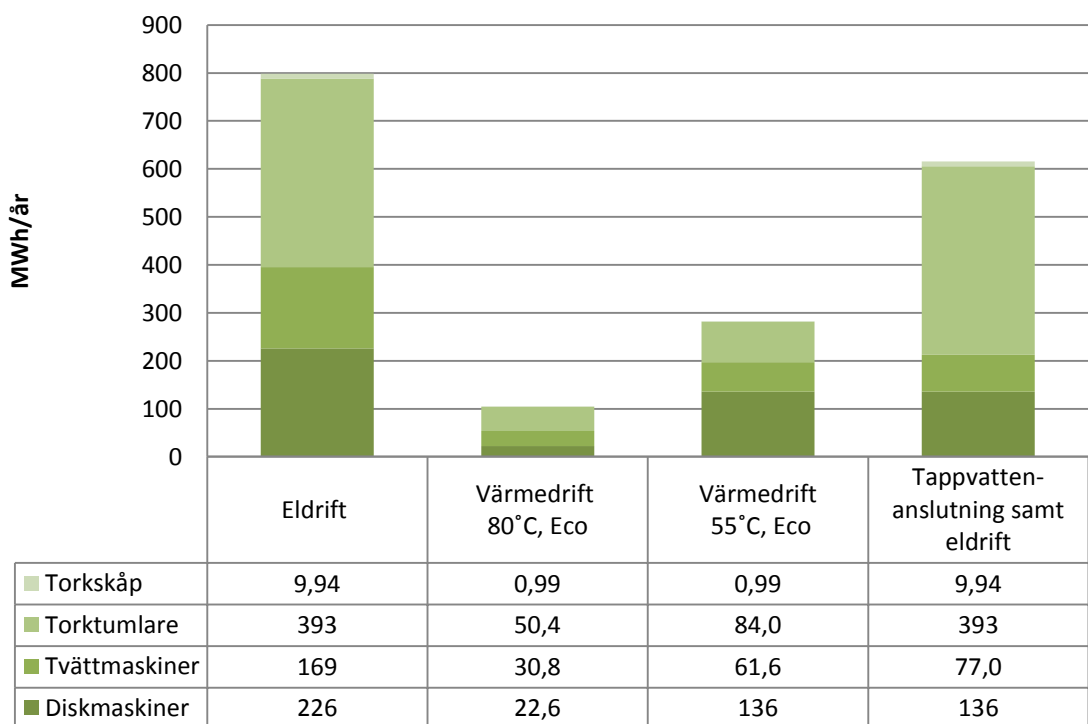
I diagram 1 redovisas elenergiebehovet för vitvarorna i området uppdelat på typ av maskin och program. Det används ett antal förkortningar: VD står för Värmedriven, EL står för eldriven, TV står för tappvarmvattenansluten, DTV står för dubbelt tappvattenansluten, Eco står för ecoprogrammet, Auto står för autoprogrammet, Normal står för normalprogrammet, 80°C och 55°C står för värmevattnets temperatur.

Diagram 1: Totalt elenergibehov i området uppdelat på typ av maskin och program

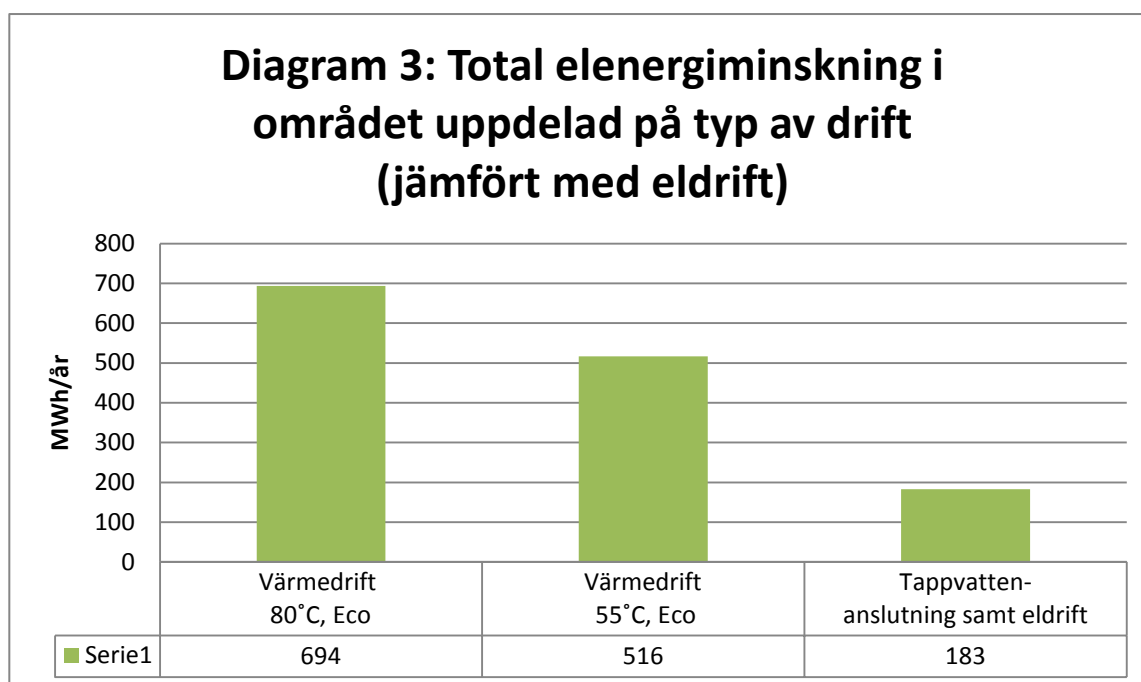


I diagram 2 redovisas den totala elenergianvändningen uppdelad på typ av drift. I stapeln med "Eldrift" drivs samtliga maskiner med elenergi. I staplarna med värmedrift drivs maskinerna istället med värmevatten, antingen 55°C eller 80°C. Stapeln med namnet "Tappvattenanslutning samt eldrift" visar elenergianvändningen då torkskåpen och torktumlarna drivs med el, diskmaskinerna är tappvarmvattenanslutna och tvättmaskinerna är dubbelt tappvattenanslutna.

Diagram 2: Totalt elenergibehov i området uppdelat på typ av drift



I diagram 3 redovisas den totala elenergiminskningen vid värmedrift respektive tappvattendrift, jämfört med eldrift.



4. Analys/Kommentarer

Enligt Asko tvättas 85 % av alla tvättar i 40°C, 10 % tvättas i 60°C och resterande 5 % tvättas i 90°C. [57] Då elenergianvändningen i värmedrivna, tappvattenanslutna eller helt eldrivna maskiner är olika vid olika tvätttemperaturer borde denna temperaturfördelning av tvättar appliceras vid energianvändningsjämförelser. Det föreligger dock ett problem med denna jämförelse eftersom Asko inte har utfört elenergianvändningstester på sina värmedrivna tvättmaskiner vid någon annan temperatur än 60°C. Nedan förs ett resonemang kring hur den verkliga elenergiminskningen kan se ut då Askos procentuella uppdelning görs.

Innan Asko utvecklade sina värmedrivna tvättmaskiner gjorde Tomas Persson på Högskolan Dalarna en tvättmaskinsprototyp som han gjorde simuleringar på, både då den var värmedriven och då den var dubbelt tappvattenanslutna. Simuleringar gjordes för 40°C-, 60°C- och 90°C-tvättar.

Vid 60°C-tvätt använde prototypen cirka 1,1 kWh elenergi vid eldrift och 0,5 kWh vid värmedrift, med 55°C värmevatten. [30] Detta är precis samma värden som Askos maskin. Eftersom prototypens värden för 60°C-tvättarna stämmer så väl överens med Askos tvättmaskiner, är det rimligt att även övriga av Askos maskins program liknar prototypens. Således redovisas övriga programtemperaturer och elenergianvändningar i prototypen i tabellen nedan, varpå värdena för 40°C- och 90°C-tvättarna överförs till Askos maskin.

Temperaturfördelningen mellan 40°C-, 60°C- och 90°C-tvättar bör även göras för den dubbelt tappvattenanslutna tvättmaskinen. Asko har energianvändningsvärden för samtliga av dessa program, vilka redovisas nedan. I tabellen "Total elenergianvändning i tvättmaskinerna i området (kWh)" anges först de värden som beräknats tidigare i denna fil, sedan anges motsvarande värden då temperaturfördelning görs.

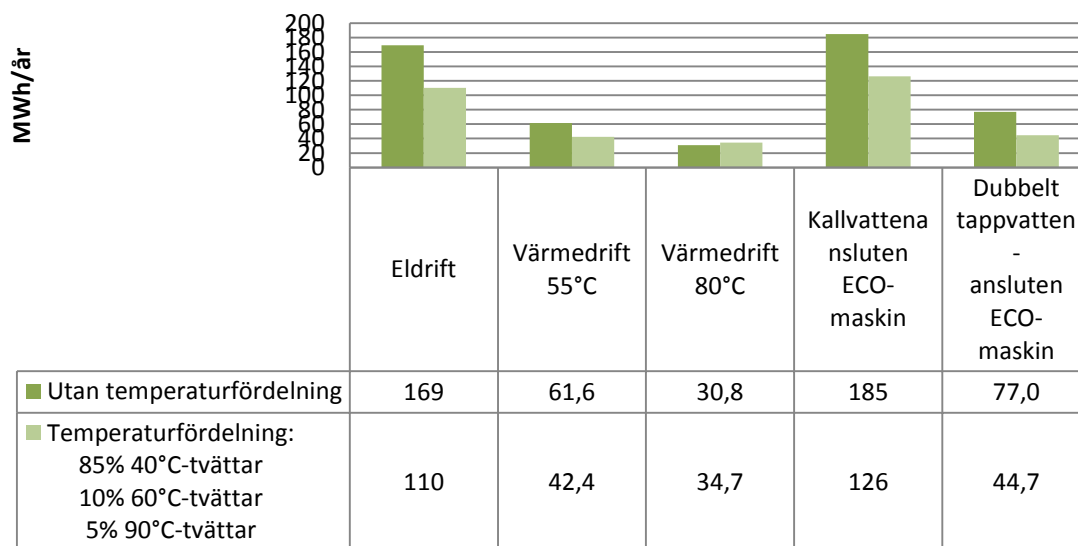
| Elenergianvändning värmedriven tvättmaskinsprototyp (kWh) | | | |
|--|--------------------|--------------------|---------|
| Program | Ansluten till 80°C | Ansluten till 55°C | Eldrift |
| 40°C-program | 0,2 | 0,2 | 0,6 |
| 60°C-program | 0,2 | 0,5 | 1,1 |
| 90°C-program | 0,7 | 1,3 | 1,95 |

| Tvättmaskin W6884 ECO Dubbelt tappvattenansluten | Elanvändningsvärden (kWh) | |
|---|---------------------------|--------------------------------|
| | Kallvattenanslutning | Dubbel tappvattenanslutning |
| Standard bomull 40°C | 0,7 | 0,2 |
| Standard bomull 60°C | 1,2 | 0,5 |
| Standard bomull 90°C | 2,1 | 1,4 |

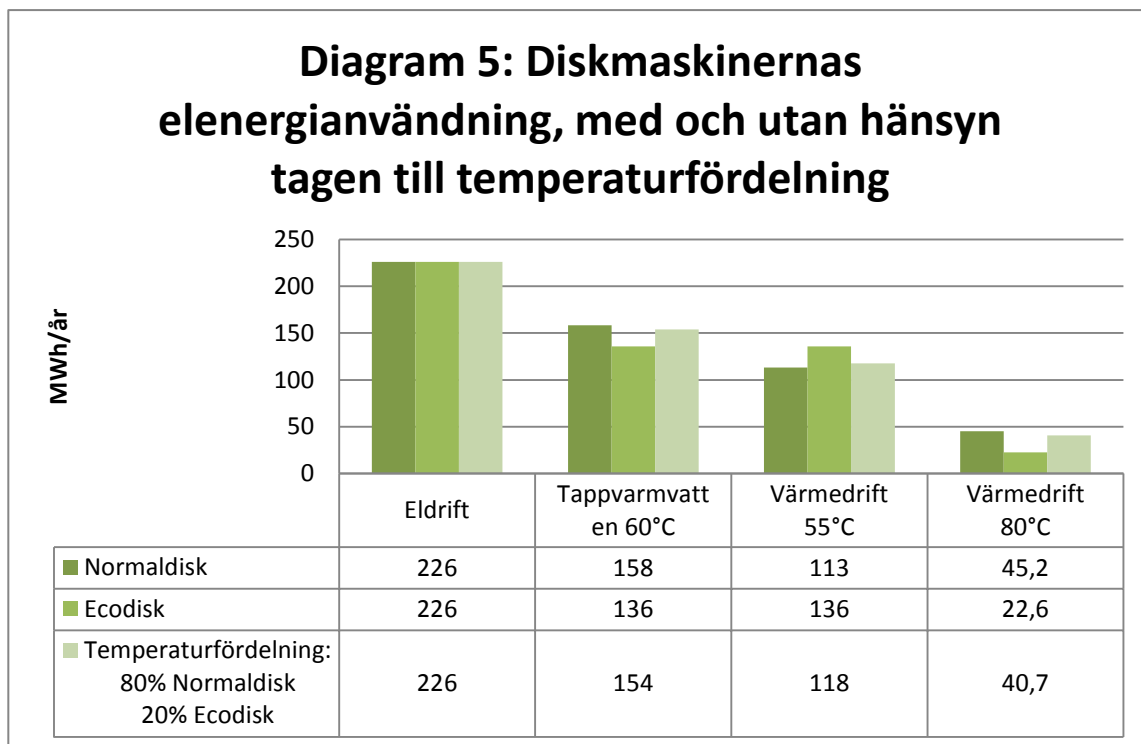
| Total elenergianvändning i tvättmaskinerna i området (kWh) | | | | | |
|---|--------------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---|
| | Värmedriven maskin vid eldrift | Värmedrift | | Kallvattenansluten ECO-maskin | Dubbelt tappvattenansluten ECO-maskin |
| | | 55°C värmevatten | 80°C värmevatten | | |
| Utan temperaturfördelning | 169 | 62 | 31 | 185 | 77 |
| Med temperaturfördelning | 110 | 42 | 35 | 126 | 45 |

I diagram 4 redovisas den totala elenergianvändningen vid eldrift respektive värmedrift för områdets tvättmaskiner. Inga enskilda staplar visas för auto- och ecoprogram eftersom dessa värden inte skiljer sig från varandra nämnvärt. De mörkgröna staplarna visar användningen då endast 60°C-tvättar körs eftersom det är dessa tvättar Asko har information om. De ljusgröna staplarna visar den troliga användningen vid uppdelning mellan program (85 % 40°C-tvättar, 10 % 60°C-tvättar och 5 % 90°C-tvättar). Denna elenergianvändning är teoretisk och har erhållits från simuleringar av Perssons värmedrivna tvättmaskinsprototyp.

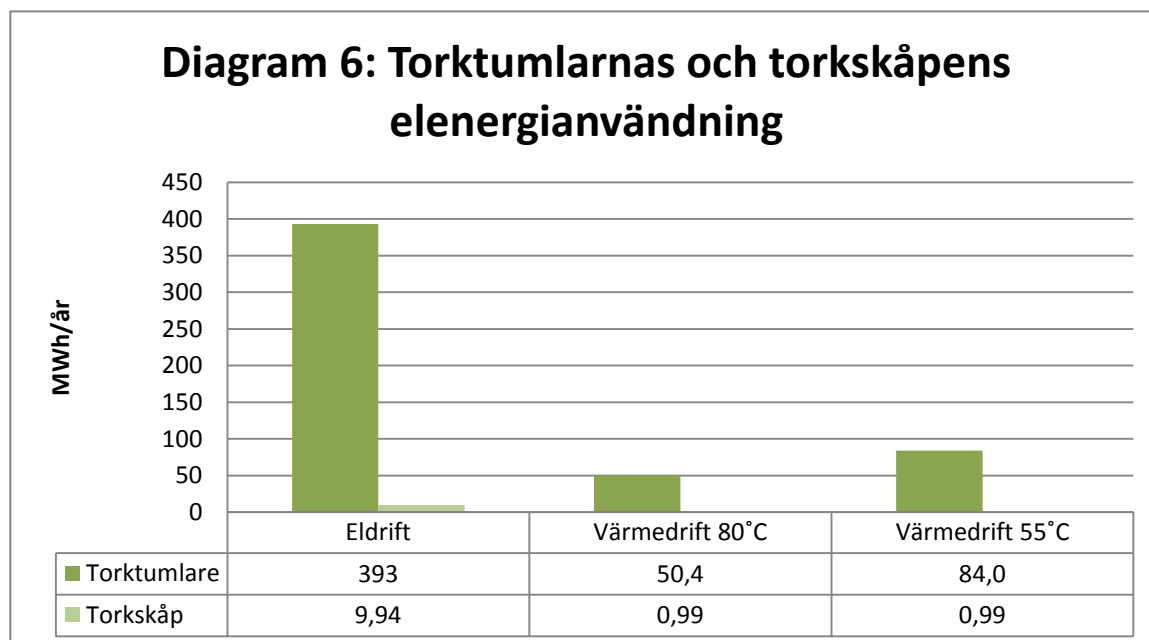
Diagram 4: Tvättmaskinernas elenergianvändning, med och utan hänsyn tagen till temperaturfördelning



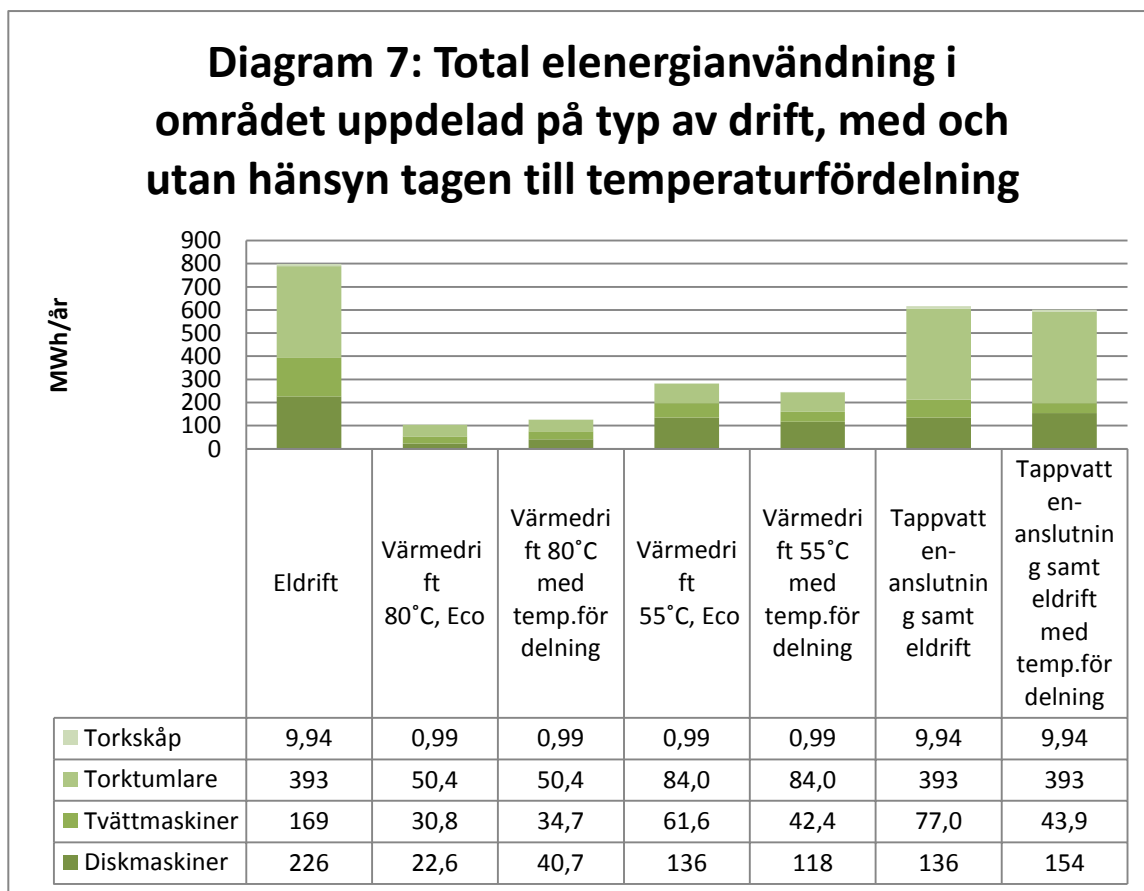
I diagram 5 redovisas den totala elenergianvändningen vid eldrift respektive värmedrift och tappvarmvattendrift för områdets diskmaskiner. De mörkgröna staplarna visar användningen då programmet *Normaldisk* körs. De mellangröna staplarna visar användningen då programmet *Ecodisk* körs. De ljusaste staplarna visar användningen vid antagandet att *Normaldisk* körs 80 % av fallen och *Ecodisk* körs resterande 20 %.



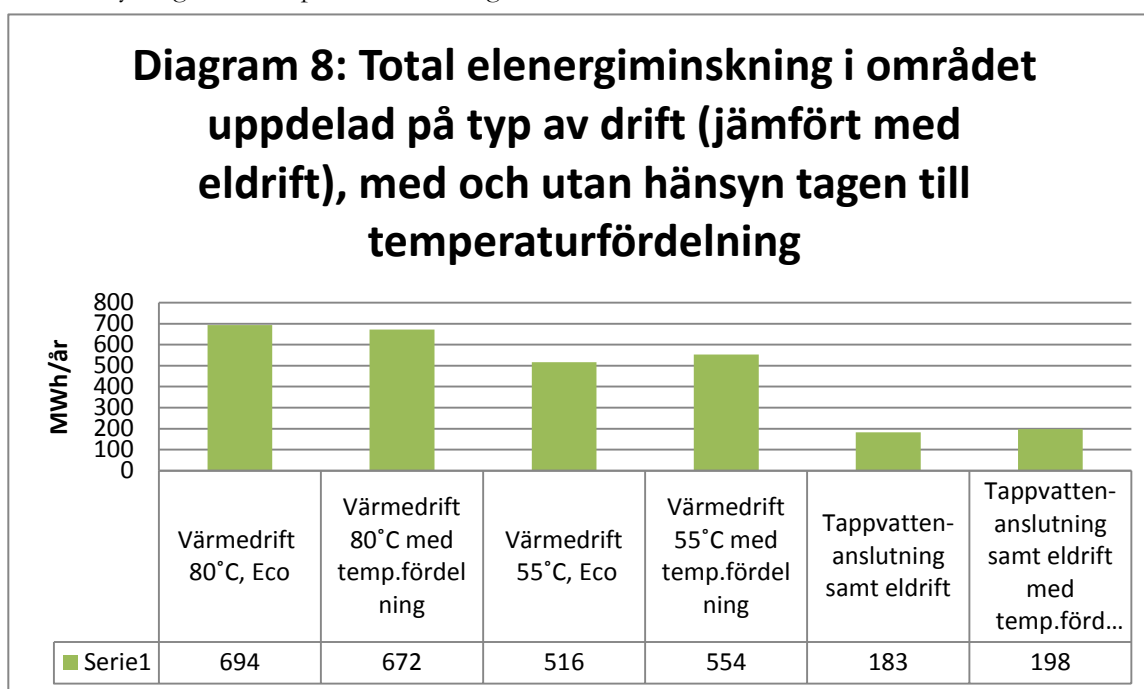
I diagram 6 redovisas den totala elenergianvändningen i områdets alla torktumlare och diskmaskiner.



I diagram 7 redovisas den totala elenergianvändningen i områdetets alla maskiner. Diagrammet visar användningen uppdelad på typ av drift, med och utan hänsyn tagen till temperaturfördelning.



I diagram 8 redovisas den totala elenergiminskningen i området uppdelad på typ av drift, med och utan hänsyn tagen till temperaturfördelning.



D. Bilaga

Intervjufrågor till byggherrar

Vad har du/ni för titel och vilka är dina/era främsta arbetsuppgifter?

Vad ska ni bygga på Solbjer?

Vad vet du/ni om värmedrivna vitvaror?

Vilken typ av vitvaror ska ni ha i bostäderna på Solbjer?

Vilka vitvaruleverantörer har ni avtal med?

Vilken prisklass köper ni in vitvaror i?

Hur ställer ni er till vitvarorna och systemlösningarna?

Hur ställer ni er till att det är ny obeprövad teknik och nya installationslösningar?

Vad tycker ni om priset och livslängden för de värmedrivna vitvarorna?

Vilka återbetalningstider är rimliga?

Vilken garantitid brukar ni vilja ha?

Vem tar beslutet om värmedrivna vitvaror och andra nya idéer?

När i processen behöver beslut om värmedrivna vitvaror tas?

Hur viktigt är det med miljöprofilering för ert företag?

Ser ni en vinst med miljöbiten eller är det bara ekonomin som styr?

Spelar Solbjers miljöprofilsambition någon roll för hur ni väljer att bygga?

Tror ni att värmedrivna vitvaror kan utgöra ett försäljningsargument?

Vad har ni för uppfattning om Asko?

Vilken inställning har ni till vitvarorna efter intervjun?

Hur skulle man kunna undanröja eventuella hinder ni ser med vitvarorna?

