

Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Fakultet for miljøvitenskap og teknologi
Institutt for naturforvaltning

Masteroppgåve 2015
30 stp

Varmepumper i hushald

- Analyse av endringar i effektforbruket hos hushald med panelomnar og vedfyring ved installasjon av ulike typar varmepumper

Heat pumps in households

- Analysis of changes in power consumption among households with electric heaters and wood heating during installation of various types of heat pumps

Kristian Øvrebotten

Føreord

Denne masteroppgåva avsluttar studiet i Fornybar energi ved Noregs miljø- og biovitenskaplege universitet. Oppgåva har vore gjennomført ved Institutt for naturforvaltning under rettleiing av Monica Havskjold.

Oppgåva handlar om skilnadar i effektforbruk hos ulike hushald ved erstatning av oppvarmingssystem basert på panelomnar og vedfyring med bruk av ulike typar varmepumper. Problemstillinga som oppgåva skal forsøkje å svare på er korleis installasjon av ulike typar varmepumper som skal dekkje grunnlast i eit hushald vil kunne påverke effektforbruket over døgnet til hushald som i utgangspunktet brukar panelomn og hushald som brukar panelomn og vedfyring til oppvarming. Val av problemstilling har teke utgangspunkt i den høge andelen av elektrisitet til ulike føremål i hushald som er med på å skape problem som følgje av høge effekttoppar i kraftnettet.

Eg ønskjer å gje ein stor takk til min rettleiar Monica Havskjold for mange gode innspel og tilbakemeldingar gjennom arbeidet med oppgåva. Ikkje minst vil eg takke Anna Kipping som har vore til stor hjelp med å skaffe datagrunnlaget for oppgåva og for mange gode innspel til oppgåva. Utan hennar hjelp og arbeid hadde ikkje denne oppgåva vore muleg å gjennomføre.

Til slutt vil eg takke familie og vener for støtte og rådgeving undervegs i arbeidet med oppgåva.

Ås, mai 2015

Kristian Øvrebotten

Samandrag

Sidan oljekrisa på 1970-talet som førte til ein gradvis overgang frå bruk av oljekjellar og parafinkaminar til panelomnar og varmpumper, har andelen elektrisitet stadig auka mens andelen av olje har vore redusert. Andelen av elektrisitet hos hushalda utgjer i dag om lag 79 % av den samla energibruken hos hushalda i Noreg. Dette høge forbruket av elektrisitet hos hushalda bidreg til å skape problem med høge effekttoppar i kraftnettet som igjen skapar problem for kraftdistributørar og er med på å forme dimensjoneringa av distribusjons- og transmisjonsnett

Eit av tiltaka for å redusere energibruken i bygningar er å erstatte mindre effektive oppvarmingssystem som til dømes bruk av panelomnar med eit meir energieffektivt system slik som til dømes ei varmpumpe. Tiltak som reduserer energiforbruket til oppvarming vil også kunne dempe høge effekttoppar både på kalde dagar og på dagar i andre delar av året. Spørsmålet er korleis varmpumper vil kunne påverke effektforbruket til hushald.

Oppgåva forsøker å svare på dette ved å analysere teoretiske installasjonar av to ulike typar varmpumper som skal dekkje grunnlast i to ulike typar hushald som har ulike oppvarmingssystem, for å sjå korleis effektforbruket over døgnet blir å endre seg ved bruk av varmpumpe. Dei to ulike typane varmpumpe som har vore brukt i oppgåva er luft-luft varmpumpe og luft-vatn varmpumpe, der luft-luft varmpumpene har dekkja forbruket til oppvarming av rom og luft-vatn varmpumpene har vore brukt til å dekkje forbruket til oppvarming av rom og tappevatn.

I oppgåva har det vore brukt faktiske effektforbruksmålingar frå hushald i kundenettet til Skagerak Nett. Til saman har effektforbruket til åtte hushald vore analysert der to av hushalda brukte berre panelomnar til oppvarming mens seks hushald brukte vedfyring i tillegg til panelomnar. I lag med målingane er det brukt teoretiske føremålsfordelingar mellom energiføremåla oppvarming av rom, oppvarming av tappevatn, elspesifikk energibruk og lyssetjing til å bestemme effektforbruket til hushalda.

Resultata frå analysen syner at differansen mellom effektforbruket før og etter installasjon av varmpumpe blir størst ved bruk av luft-vatn varmpumpe. Samanlikna med det gamle oppvarmingssystemet blir effektforbruket redusert over heile døgnet. Den største differansen mellom før og etter installasjon av varmpumpe er om morgonen når bebruarane står opp og det totale effektforbruket er høgst. Differansen er deretter nest størst om ettermiddagen og kvelden, når forbruket stig ettersom bebruarane kjem heim frå skule og/eller arbeid.

Det er ikkje teke omsyn til påverknadar på effektforbruket som følgje av bruk av vedfyring og det er ikkje undersøkt kva verknadar som følgje av rebound-effektar eller av forbruk til kjøling om sommaren vil ha å sei for effektforbruket til hushalda. Resultata frå denne oppgåva kan brukast som utgangspunkt for vidare arbeid eller som grunnlag for liknande oppgåver eller analysar.

Abstract

Since the oil crisis in the 1970s, which lead to a gradual shift from oil-fired boilers and kerosene stoves to use of electric heaters and heat pumps, the proportion of electricity has steadily increased while the share of oil have been reduced. Today the share of electricity in households constitute approximately 79 % of the total energy use in households in Norway. This high consumption of electricity in households contribute to create problems with high power peaks in the power grid, which in turn creates problems for power suppliers, and makes an impact on the size of the supply and the transmission networks.

One of the measures to reduce energy use in buildings is to replace less efficient heating systems such as the use of electric heaters with a more energy efficient system such as for example a heat pump. Measures that reduce energy consumption for heating will also curb high power peaks on both cold days and on days in the rest of the year. The question is how heat pumps could affect the power consumption of households.

This thesis attempts to answer this by analyzing two theoretical systems consisting of two different types of heat pumps to cover base load in two different types of households that have different heating systems, in order to see how the power consumption changes with the use of heat pumps. There are two different types of heat pumps used in the thesis, which are air-air heat pumps and air-water heat pumps, where air-air heat pumps have covered the consumption for heating rooms and air-water heat pumps used to cover consumption for heating rooms and hot tap water.

It has been used actual power measurements from households in the customer network to Skagerak Nett. Together, the power consumption of eight households have been analyzed, where two of them only used electric radiators for heating and the last six households used fuelwood in addition to electric heaters. Together with the measurements, it has been used theoretical purpose distributions between the different energy purposes: Heating of rooms, hot tap water, electric energy use and lighting in order to determine the power consumption of the households.

Results of the analysis suggests that the difference between the power consumption before and after the installation of the heat pump is greatest using air-water heat pump. Compared with the old heating system, the power consumption with the heat pumps installed becomes reduced throughout the day. The biggest difference between the power consumption before and after the installation of the heat pump is in the morning when the residents gets out of bed

and the total power consumption is at its highest. The difference is second largest in the afternoon and the evening when the consumption rises as residents come home from school and/or work.

This thesis no not take into account the impacts on power consumption due to the use of fuelwood and it is not examined what effects as a result of rebound effects or consumption for cooling in summer will have on power consumption of households. The results of this thesis may be used as a basis for future work or as a basis for similar projects.

Innholdsliste

Føreord	1
Samandrag	2
Abstract	4
Figurliste.....	8
1 Innleiing	11
1.1 Bakgrunn	11
1.2 Problemstilling.....	12
1.3 Avgrensing av oppgåva	12
1.4 Tidlegare forskning.....	13
2 Teori	15
2.1 Om varmepumper	15
2.1.1 Prinsipp og verkemåte	15
2.1.2 Effektivitet.....	16
2.1.3 Bruk i Noreg.....	17
2.2 Oppvarmingsutstyr i norske bustadar	17
2.3 Energibruk i norske bustadar	17
2.4 Føremålsfordeling.....	18
2.4.1 Elspesifikk energibruk.....	18
2.4.2 Tappevatn	19
2.4.3 Oppvarming av rom	20
2.5 Forbruksprofiler – fordeling over døgnet	22
3 Material og metode.....	24
3.1 Datagrunnlag	24
3.2 Feilmålingar i datagrunnlaget.....	25
3.3 Metode	25
3.4 Føresetnadar.....	27
3.5 Val av hushald for installasjon av varmepumper	27
4 Resultat.....	29
4.1 Resultat frå målingane i datagrunnlaget	29
4.1.1 Effektforbruket over året	29
4.1.2 Effektforbruket om vinteren.....	32
4.1.3 Effektforbruket om sommaren	36
4.1.4 Effektforbruket over døgnet	39

4.2	Effektforbruk før installasjon av varmepumpe.....	41
4.2.1	Arbeidsdagar	41
4.2.2	Helgedagar	43
4.2.3	Alle dagar	44
4.3	Dimensjonering av varmepumpe.....	45
4.4	Effektforbruk etter installasjon av varmepumpe	49
4.4.1	Arbeidsdagar	50
4.4.2	Helgedagar	52
4.4.3	Alle dagar	54
4.5	Differansen i effektforbruket	56
5	Diskusjon.....	60
5.1	Datagrunnlaget.....	60
5.2	Føremålsfordelinga	60
5.3	Installasjon av varmepumpe	61
5.4	Feilkjelder	61
5.5	Forbetringar av oppgåva	64
6	Konklusjon	65
7	Vidare arbeid	67
	Litteraturliste	68
	Vedlegg	70

Figurliste

Figur 1 Framstilling av ei vatn-vatn varmepumpe med rørsystem og hovudkomponentar (Stene 2010).	15
Figur 2 Fordeling av energibruk per hushald i Noreg, 2012 (Energibruk i husholdningene, 2012 2014).....	18
Figur 3 Døme på fordeling av elspesifikk energibruk (Zimmermann 2009).	19
Figur 4 Føremålsfordeling over døgnet (Feilberg & Grinden 2008).....	23
Figur 5 Årsprofil med gjennomsnittleg totalforbruk og middeltemperatur for kvar veke hos hushald A og B.	30
Figur 6 Årsprofil med gjennomsnittleg totalforbruk og middeltemperatur for kvar veke hos hushald C, D, E, F, G og H.	32
Figur 7 Gjennomsnittleg totalforbruk over døgnet på arbeidsdagar i veke 2 hos hushald A og B.	33
Figur 8 Gjennomsnittleg totalforbruk over døgnet på helgedagar i veke 2 hos hushald A og B.	34
Figur 9 Gjennomsnittleg totalforbruk over døgnet på arbeidsdagar i veke 2 hos hushald C, D, E, F, G og H.	35
Figur 10 Gjennomsnittleg totalforbruk over døgnet på helgedagar i veke 2 hos hushald C, D, E, F, G og H.	36
Figur 11 Gjennomsnittleg totalforbruk over døgnet på arbeidsdagar i veke 34 hos hushald A og B.	37
Figur 12 Gjennomsnittleg totalforbruk over døgnet på helgedagar i veke 34 hos hushald A og B.	37
Figur 13 Gjennomsnittleg totalforbruk over døgnet på arbeidsdagar i veke 34 hos hushald C, D, E, F, G og H.....	38
Figur 14 Gjennomsnittleg totalforbruk over døgnet på helgedagar i veke 34 hos hushald C, D, E, F, G og H.	39
Figur 15 Gjennomsnittleg totalforbruk over døgnet, alle dagar, hos hushald A og B.	40
Figur 16 Gjennomsnittleg totalforbruk over døgnet, alle dagar, hos hushald C, D, E, F, G og H.	41
Figur 17 Føremålsfordeling over døgnet på arbeidsdagar hos hushald A.....	42
Figur 18 Føremålsfordeling over døgnet på arbeidsdagar hos hushald G.....	42
Figur 19 Føremålsfordeling over døgnet på helgedagar hos hushald A.....	43

Figur 20 Føremålsfordeling over døgnet på helgedagar hos hushald G.....	44
Figur 21 Føremålsfordeling over døgnet, alle dagar, hos hushald A.	45
Figur 22 Føremålsfordeling over døgnet, alle dagar, hos hushald G.	45
Figur 23 Varigheitskurve for romoppvarming og tappevatn hos hushald A med energidekning for spisslasteining og varmpumpe.	47
Figur 24 Varigheitskurve for romoppvarming hos hushald A med energidekning for spisslasteining og varmpumpe.....	48
Figur 25 Varigheitskurve for romoppvarming og tappevatn hos hushald G med energidekning for spisslasteining og varmpumpe.	48
Figur 26 Varigheitskurve for romoppvarming hos hushald A med energidekning for spisslasteining og varmpumpe.....	49
Figur 27 Fordeling på arbeidsdagar hos hushald A etter installasjon av luft-vatn varmpumpe. Den blå linja «hushald A» syner effektforbruket utan varmpumpe.	50
Figur 28 Fordeling på arbeidsdagar hos hushald A etter installasjon av luft-luft varmpumpe. Den blå linja «hushald A» syner effektforbruket utan varmpumpe.	51
Figur 29 Fordeling på arbeidsdagar hos hushald G etter installasjon av luft-vatn varmpumpe. Den blå linja «hushald G» syner effektforbruket utan varmpumpe.	51
Figur 30 Fordeling på arbeidsdagar hos hushald G etter installasjon av luft-luft varmpumpe. Den blå linja «hushald G» syner effektforbruket utan varmpumpe.	52
Figur 31 Fordeling på helgedagar hos hushald A etter installasjon av luft-vatn varmpumpe. Den blå linja «hushald A» syner effektforbruket utan varmpumpe.	52
Figur 32 Fordeling på helgedagar hos hushald A etter installasjon av luft-luft varmpumpe. Den blå linja «hushald A» syner effektforbruket utan varmpumpe.	53
Figur 33 Fordeling på helgedagar hos hushald G etter installasjon av luft-vatn varmpumpe. Den blå linja «hushald G» syner effektforbruket utan varmpumpe.	53
Figur 34 Fordeling på helgedagar hos hushald G etter installasjon av luft-luft varmpumpe. Den blå linja «hushald G» syner effektforbruket utan varmpumpe.	54
Figur 35 Fordeling, alle dagar, hos hushald A etter installasjon av luft-vatn varmpumpe. Den blå linja «hushald A» syner effektforbruket utan varmpumpe.	54
Figur 36 Fordeling, alle dagar, hos hushald A etter installasjon av luft-luft varmpumpe. Den blå linja «hushald A» syner effektforbruket utan varmpumpe.	55
Figur 37 Fordeling, alle dagar, hos hushald G etter installasjon av luft-vatn varmpumpe. Den blå linja «hushald G» syner effektforbruket utan varmpumpe.	55

Figur 38 Fordeling, alle dager, hos hushald G etter installasjon av luft-luft varmepumpe. Den blå linja «hushald G» syner effektforbruket utan varmepumpe.	56
Figur 39 Differansen mellom det totale effektforbruket før og etter installasjon av luft-vatn varmepumpe hos hushald A.	57
Figur 40 Differansen mellom det totale effektforbruket før og etter installasjon av luft-luft varmepumpe hos hushald A.	57
Figur 41 Differansen mellom det totale effektforbruket før og etter installasjon av luft-vatn varmepumpe hos hushald G.	58
Figur 42 Differansen mellom det totale effektforbruket før og etter installasjon av luft-luft varmepumpe hos hushald G.	58
Figur 43 Differansen mellom forbruket før og etter installasjon av varmepumper hos hushald A og G, alle dager.	59

1 Innleiing

1.1 Bakgrunn

I Noreg og fleire europesike land utgjer energibruken i bygningar ein stor del av landets samla energibruk og utgjer i Noreg om lag 40 prosent av den samla energibruken (Bergesen et al. 2012). Det er difor av vesentleg tyding å redusere energibruken i bygg dersom mellom anna måla til EU om 20 % reduksjon i gassutslepp, 20 % reduksjon av energiforbruket og 20 % auke i bruk av fornybar energi innan 2020 skal bli nådd. Krav om mellom anna meir energieffektive løysingar og krav til bruk av meir fornybar energi vil på lang sikt kunne bidra til å nå 20-20-20 måla til EU.

Oljekrisa på 1970-talet aktualiserte mellom anna utvikling av alternative energikjelder og vert rekna som ei av årsakene til at det sidan 1976 har vore auka bruk av elektrisitet og ved i hushald, mens bruk av olje har vore redusert (NOU 2012:9), (Lundberg 2014). Høge oljeprisar førte til ei gradvis utfasing av oljekjellar og parafinkaminar og ein gradvis overgang til panelomnar og varmepumper, samstundes som vedfyring vart meir og meir vanleg i norske hushald.

I dag utgjer elektrisitet om lag 79 % av den samla energibruken i hushald i Noreg, mens olje og parafin utgjer berre om lag 3 % (*Energibruk i husholdningene, 2012-2014*). Det høge forbruket av elektrisitet frå kraftnettet skapar stor etterspurnad etter effekt, noko som bidreg til å skape effekttoppar i nettet. Dei store effekttoppane skapar problem for kraftdistributørar og er med på å forme dimensjoneringa av distribusjons- og transmisjonsnett. For å kunne dekkje den store etterspurnaden og unngå dei effekttoppane vi har i dag og som er venta i framtida er store delar av kraftnettet i Noreg under planlegging og utbygging i fleire delar av landet (Statnett 2013).

For å redusere energibruken i bygningar fram mot 2020 innførte EU i 2002 bygningsenergidirektivet (The Energy Performance of Buildings Directive, EPBD) som vart implementert i Noreg gjennom byggeteknisk forskrift (TEK) og forskrift om energimerking (*Bygningsenergidirektivet* Ukjend årstal). Målet med direktivet var å fremme energieffektivisering av bygningar med omsyn til uteklima, lokale høve, inneklima og kostnadseffektivitet (Anon 2003). Dette skulle gjennomførast ved mellom anna å innføre krav om energisertifikat for bygningar, inspeksjon av oppvarming- og kjølesystem og krav om minstenivå for energieffektiviteten til nye bygningar. I 2010 vart ein revidert versjon av bygningsenergidirektivet vedteke, men den er framleis ikkje ein del av EØS-avtalen.

Energieffektivisering av bygg bidreg til at den totale energibruken blir redusert. Tiltak som reduserer energibehovet til oppvarming vil også kunne dempe effekttoppar til dømes på kalde dagar om vinteren når det er høge effekttoppar. Eit av tiltaka for å redusere energibruk i bygg er å erstatte bruk av mindre effektive oppvarmingssystem med varmepumper. Varmepumper som brukar uteluft som varmekjelde har lågare verknadsgrad når det er kaldt, men vil framleis kunne bidra med å redusere effekttoppar både i fyringssesongen og resten av året (NOU 2012:9).

Varmepumper blir stadig meir utbreidd i Noreg, særskild luft-luft varmepumper, og i 2012 hadde så mykje som 27 % av hushalda i Noreg varmepumpe. Introduksjon av varmepumper som erstattar bruk av andre oppvarmingseiningar i hushald som til dømes panel- og vedomnar vil kunne endre forbruksprofilen, men korleis?

1.2 Problemstilling

Oppgåva baserer seg på forbruksdata som blir analysert og tilarbeidd i Microsoft Excel. Ved hjelp av desse dataa skal oppgåva forsøkje å svare på følgjande problemstilling:

Korleis vil installasjon av ulike typar varmepumper som skal dekkje grunnlast i eit hushald kunne påverke effektforbruket over døgnet med utgangspunkt i faktiske effektforbruksmålingar i lag med teoretiske fordelingar mellom energiføremåla oppvarming av rom, oppvarming av tappevatn, elspesifikk energibruk og lyssetjing?

For å svare på denne problemstillinga er det laga tre underproblemstillingar:

- 1) Korleis er forbruksmønsteret til eit hushald som brukar panelovn til oppvarming i høve til eit hushald som brukar vedfyring i tillegg til panelovn?
- 2) Korleis er føremålfordelinga mellom oppvarming av rom, oppvarming av tappevatn, elspesifikk energibruk og lyssetjing i eit hushald?
- 3) Korleis vil installasjon av ei luft-til-luft eller ei luft-til-vatn varmepumpe i eit hushald med panelovn eller eit hushald med vedfyring i tillegg til panelovn kunne påverke effektforbruket over døgnet på ulike dagar i veka?

1.3 Avgrensing av oppgåva

Oppgåva handlar om og samanliknar bruk av ulike typar varmepumper som kan dekkje ulike oppvarmingsbehov hos hushald. Dei to ulike typane varmepumpe i denne oppgåva er luft-vatn- og luft-luft varmepumper. Oppgåva avgrensar seg til å analysere forbruket til to ulike typar hushald; hushald som berre brukar panelovn til oppvarming og hushald som brukar

vedfyring i tillegg til panelovn. Vidare avgrensar oppgåva seg til dei hushalda i datasetta som vart tilsendt kandidaten.

1.4 Tidlegare forskning

Det har vore gjennomført fleire undersøkingar av elektrisitetsforbruket til mellom anna hushald, kontorbygningar, kommunale bygningar, industribygningar, osb. (Bergesen et al. 2012) Eit av måla til desse undersøkingane har vore å finne ut kor mykje elektrisitet bygningane brukar til ulike føremål til ulike tider av døgnet. Ein del av denne oppgåva går ut på å undersøkje korleis forbruket til ulike hushald endrar seg over døgnet. Oppgåva byggjer difor på tidlegare forskning av effektforbruk hos hushald. Under blir det presentert nokre av dei sentrale prosjekta og undersøkingane som denne oppgåva byggjer på.

I rapporten «Kortsiktige variasjoner i strømforbruket i alminnelig forsyning» (Ericson & Halvorsen 2008) av Statistisk Sentralbyrå blir måledata frå kundar i Skagerak Nett brukt til å kartlegge forbruksmønsteret til ulike kundegrupper i alminneleg forsyning, med føremål å auke kunnskapen om kortsiktige svingingar i straumforbruket. Rapporten konkluderer med at det er hos hushalda og kundar i primærnæringane, der mykje av forbruket går til oppvarming, at forbruket er mest avhengig av utetemperaturen. Hushalda har to forbrukstoppar i løp av døgnet. Den eine oppstår rundt klokka 9 om morgonen, mens når den andre oppstår varierer frå klokka 18 i januar til 23 i juli.

Prosjektet «End-use metering campaign in 400 households in Sweden, assessment of the potential electricity savings» er eit prosjekt som vart starta opp og finansiert av Statens energimyndighet i Sverige (Zimmermann 2009). Prosjektet gjekk ut på å gjennomføre ein målekampanje der elforbruket til ei mengd elektriske produkt i 400 hushald vart målt over ein periode på eitt år. Målekampanjen varte frå august 2005 og enda i desember 2008 og er eit av dei største målekampanjane som er utført i Europa av denne typen målingar. Føremålet til prosjektet var å kartlegge mønsteret til den elektriske energibruken i hushaldssektoren. Eit av funna frå prosjektet var at den elspesifikke effektbruken var høgst om ettermiddagen/kvelden og lågast om natta for hushald med elektrisk oppvarming. Rapporten frå prosjektet syner også at det høgste totalforbruket over døgnet er om morgonen mellom klokka 7-9 og om kvelden mellom klokka 20-23.

EIDeK (Electricity Demand Knowledge) var eit av prosjekta som var ein del av RENERGI-programmet (Clean Energy for the Future) til Noregs forskingsråd. Prosjektet hadde som føremål å auke kunnskapen om ulike forbrukarar sin elektriske last- og energietterspurnad.

Prosjektet måla straumforbruket til elektriske apparat hos hushaldskundar som har mulegheit for timemåling av totalforbruket.

Rapporten «End-use demand at Norwegian household customers» er ein av rapportane frå prosjektet EIDeK (Sæle & Feilberg 2013). Den syner resultat frå den første delen av målekampanjen som vart gjennomført i norske hushald. Samstundes vurderer den korleis demografiske data kan påverke etterspunaden etter elektrisitet frå nettet, både for ulike elektriske gjenstandar og totalt for hushalda. Resultat frå rapporten syner at det går mest elektrisitet til oppvarming av rom og tappevatn. Forbruket over døgnet syner at det er ein forbrukstopp klokka 9 om morgonen, når folk står opp, samt ein topp ved 17-22 tida om ettermiddagen når folk kjem heim frå skule/arbeid, osb.

Prosjektet «REMODECE» (Residential Monitoring to Decrease Energy Use and Carbon Emissions in Europe) starta opp i januar 2006 og varte til september 2008 (Sæle et al. 2010). Føremålet til prosjektet var å auke forståinga for energibruk til ulike elektriske gjenstandar, i tillegg til å kartlegge åtferd hos forbrukarar og finne mønster i energiforbruket hos hushald. Dette vart gjort ved å analysere forbruksmålingar frå målekampanjar, der elektrisitetsforbruket til hushald i fleire EU land vart måla. Resultat frå den norske delen av prosjektet syner at det i Noreg går mest energi til oppvarming av rom og tappevatn, deretter lyssetjing. I løp av eit år går det om lag 3000 kWh til oppvarming av tappevatn og om lag 10-12000 kWh til oppvarming av rom, avhengig av utetemperaturen.

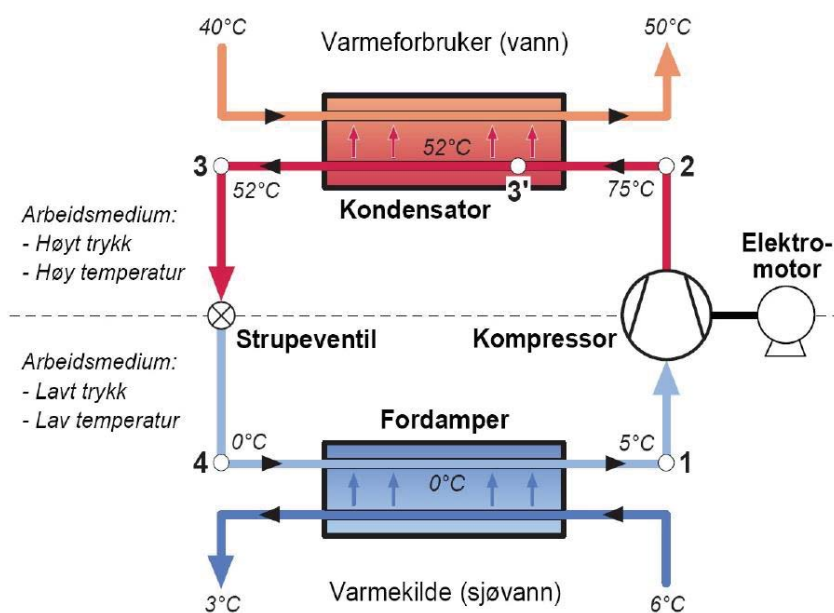
2 Teori

2.1 Om varmepumper

2.1.1 Prinsipp og verkemåte

Ei varmepumpe er ei maskin som brukar varme frå omgjevnadane (luft, jord, vatn) eller overskotsvarme (ventilasjonsluft, avfall, avløp) til å levere varme i til dømes bygningar ved hjelp av høgverdig energi (eksergi) som til dømes elektrisitet, gass eller diesel (Stene 2000). Varmepumper har ei rekkje med bruksområder som hovudsakleg går på oppvarming eller kjøling. Nokre av bruksmåla er oppvarming av rom, ventilasjonsluft og tappevatn, samt kjøling av bygningar. Den kan også brukast i mellom anna fjernvarmeanlegg som grunnlast til å levere varme eller kjøling via fjernvarmenett (Stene 2010).

Sjølv varmepumpa består av ein lukka røykrins med fire hovudkomponentar; fordampar, kompressor med elektrisk motor, kondensator og strupeventil (Stene 2010), sjå figur 1. Gjennom røykrinsen sirkulerer eit arbeidsmedium eller kuldemedium som tek opp varme frå ei varmekjelde (luft, jord, vatn, ventilasjonsluft, osv.) og leverer den til forbrukaren. Arbeidsmediet har kjemiske eigenskapar som gjer at den kan endre fasetilstand, der temperaturen ved kokning og kondensasjon endrar seg med trykket. Det finst både naturlege arbeidsmedium som finst naturleg i biosfæren og syntetisk framstilte arbeidsmedium. Nokre arbeidsmedium er brennbare eller giftige som til dømes ammoniakk (NH_3), mens andre er mindre skadelege for miljøet.



Figur 1 Framstilling av ei vatn-vatn varmepumpe med røyrsystem og hovudkomponentar (Stene 2010).

I denne oppgåva blir det brukt to ulike typar varmepumper; luft-luft og luft-vatn varmepumpe. Begge brukar lufta ute som varmekjelde, men leverer varme på ulike måtar. Ei luft-luft varmepumpe leverer varm luft til forbrukaren som kan brukast til å varme opp rom, mens ei luft-vatn varmepumpe leverer varmen gjennom eit vassbore distribusjonssystem eller ein radiator og kan brukast til å varme opp både rom og tappevatn (Stene 2010).

Fordelen med uteluft som varmekjelde er at den er tilgjengeleg over alt. Det er viktig for eit varmepumpesystem å ha ei varmekjelde som har høg og stabil temperatur. Uteluft har difor ei ulempe samanlikna med andre varmekjelder som til dømes sjøvatn, grunnvatn og fjell, ved at den har låg gjennomsnittstemperatur og store temperaturendringar i fyringssesongen, når oppvarmingsbehovet er størst. Ei anna ulempe med uteluft som varmekjelde er at den har lågare tettleik enn til dømes vatn og har difor dårlegare varmeoverføringseigenskapar (Fooladi & Isnes 2009), (Stene 2010).

2.1.2 Effektivitet

Effektfaktor eller COP (Coefficient of Performance) for ei varmepumpe er eit mål på energieffektiviteten til varmepumpa, altså tilhøvet mellom kor mykje elektrisk effekt (kW) varmepumpa brukar og kor mykje varmeeffekt den leverer (Stene 2010). COP for ei varmepumpe vil variere mellom anna med temperaturen på varmekjelda som vil endre seg frå årstid til årstid og til ulike tidspunkt på døgnet. Sidan COP vil endre seg over året, blir det brukt eit anna mål på energieffektiviteten kalla årsvarmefaktor og årsenergifaktor (SPF, Seasonal Performance Factor). Årsvarmefaktoren blir definert som den gjennomsnittlege effektfaktoren (COP) som ei varmepumpe har over eit år (Anon 2014).

Varmeeffekt er eit mål for kor mykje varme varmepumpa produserer under gitte føresetnadar (Anon 2014). For kvar °C temperaturen til varmekjelda blir seinka, minkar varmeeffekten med om lag 3 til 4 % (Stene 2010). Varmeeffekten for ei varmepumpe som brukar uteluft som varmekjelde vil kunne minke med 40 til 60 % når temperaturen på utelufta minkar frå 7 °C til -15 °C.

Enova anbefaler luft-luft varmepumpe dersom hushaldet har eit totalt energiforbruk på over 15000 kWh per år (*Luft/luft-varmepumpe* Ukjend årstal), mens ei luft-vatn varmepumpe blir anbefalt ved eit totalt energiforbruk på over 25000 kWh per år (*Luft/vann-varmepumpe* Ukjend årstal). Det vil også vere ein fordel å ha ein annan oppvarmingskjelde i tillegg til varmepumpa som kan dekkje topplast på dei kaldaste dagane, slik som til dømes ein vedovn eller panelomnar.

2.1.3 Bruk i Noreg

I følge «Energibruksrapporten 2012» (Langseth et al. 2014) fortel NOVAP (Norsk Varmepumpeforening) at det var seld om lag 750 000 varmepumper i Noreg per april 2013 og at tilnærma 93 % av desse var framleis i drift. Om lag 90 % av varmepumpene seld i Noreg er luft-luft varmepumper. Ein del av årsaka til det høge talet på luft-luft varmepumper i Noreg er at luft-luft varmepumper har låg investeringskostnad og enklare installasjon samanlikna med andre typar varmepumper som til dømes vatn-vatn varmepumper og jordvarmepumper.

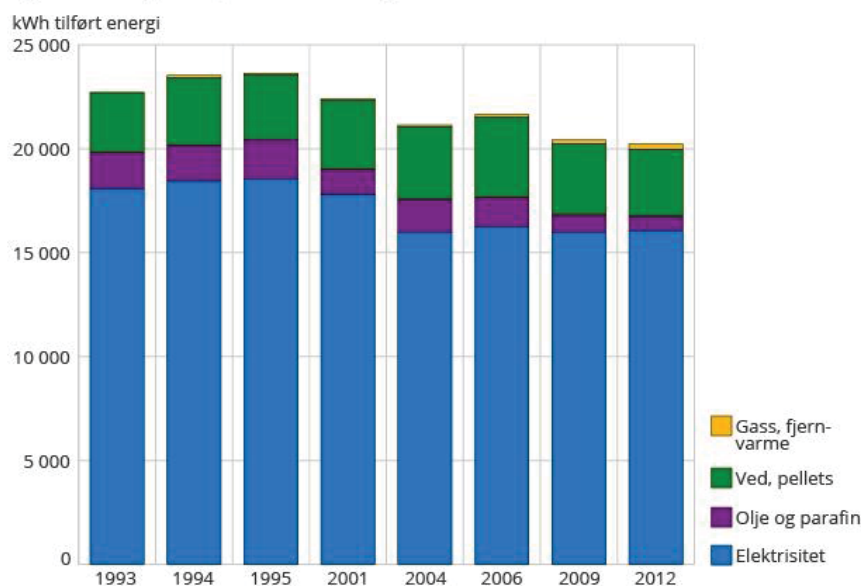
2.2 Oppvarmingsutstyr i norske bustadar

Resultat frå «Forbrukerundersøkelsen» til Statistisk sentralbyrå i 2012, presentert i rapporten «Kartlegging av oppvarmingsutstyr i husholdningene» (Bøeng et al. 2014) fortel at 35 % av hushalda i Noreg i 2012 hadde ein kombinasjon av elektrisk oppvarmingsutstyr og/eller elektriske varmekablar og oppvarming basert på ved. Om lag 18 % hadde berre elektrisk oppvarmingsutstyr, mens om lag 17 % hadde ein kombinasjon av elektrisk oppvarmingsutstyr, varmepumper og moglegheit for vedfyring. Det utstyret som er mest utbreidd er elektrisk oppvarmingsutstyr som ein kunne finne i 95 % av hushalda i Noreg. Bruk av ved var det nest vanlegaste utstyret, med mulegheit for vedfyring hos 68 % av hushalda. Andelen av hushalda som hadde varmepumper var på 28 % i 2012.

2.3 Energibruk i norske bustadar

I følge Statistisk sentralbyrå var den gjennomsnittlege energibruken på 20 230 kWh per bustad i 2012 (*Energibruk i husholdningene, 2012–2014*). Om lag 16 000 kWh var elektrisitet, mens om lag 3 200 kWh var vedfyring, sjå figur 2. Noko av årsaka til nedgangen i energibruken sidan 1995, er på grunn av mildare klima. Unntaket var i 2010 som var eit kaldare år enn normalt og førte difor til ein veldig høg energibruk dette året. Elektrisitet var i 2012 den største kjelda til oppvarming for om lag 73 % av bustadane, anten ved elektriske omnar (48 %), varmekablar (7 %), luft-luft varmepumpe (21 %), eller sentralfyr med straum.

Figur 4. Energibruk per husholdning



Figur 2 Fordeling av energibruk per hushold i Noreg, 2012 (Energibruk i husholdningene, 2012–2014).

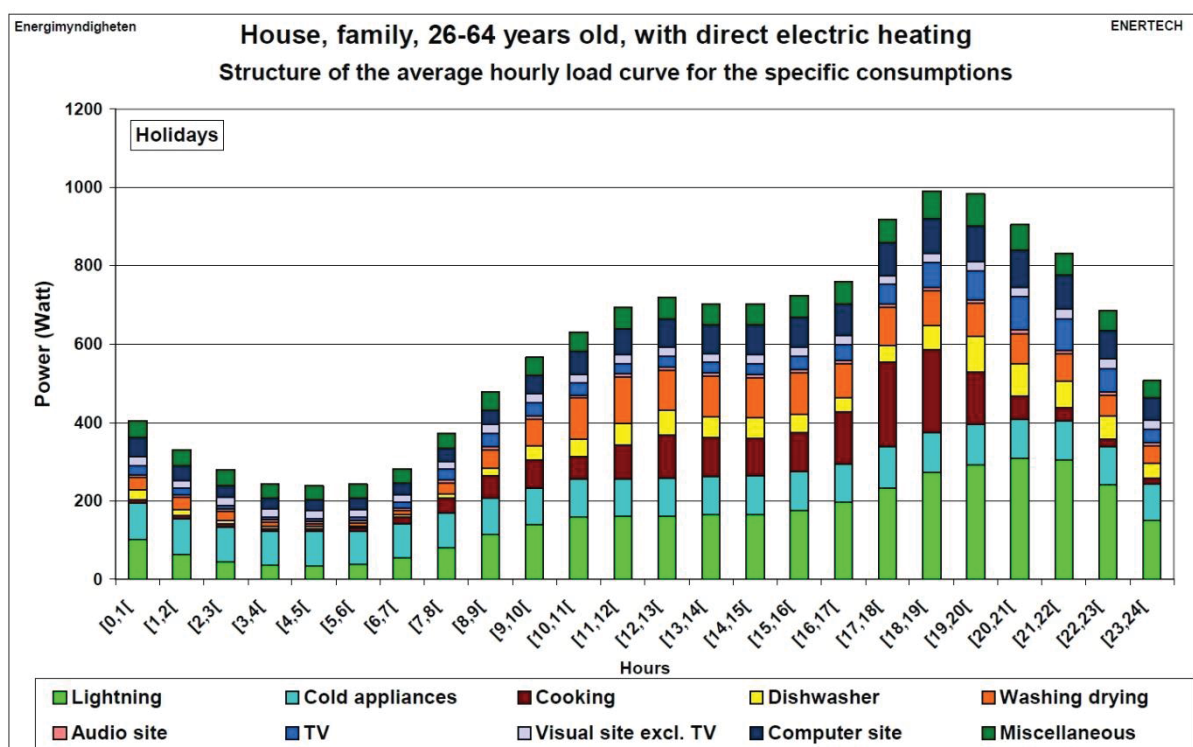
2.4 Føremålsfordeling

Føremålsfordeling er eit omgrep som mellom anna blir brukt av NVE (Noregs vassdrags- og energidirektorat) og blir i «Energibruksrapporten 2012» (Bergesen et al. 2012) forklart som korleis energibruken til hushalda fordeler seg på tre ulike føremål: Oppvarming av rom, oppvarming av tappevatn og elspesifikk energibruk. Denne måten å dele inn energiforbruket gjer at ein kan definere kva for føremål energien blir brukt til. Dei neste underkapitla går nærare inn på dei tre føremåla ved å forklare kva dei består av og kor stor del dei utgjer av den totale energibruken.

2.4.1 Elspesifikk energibruk

Elspesifikk energibruk omfattar elektrisitet til elektriske apparat og lyssetjing. Elektriske apparat kan berre drivast av elektrisitet og vert difor kalla elspesifikk energibruk. Døme på elektriske apparat som krev mykje elektrisitet og som utgjer ein del av den elspesifikke energibruken er til dømes frysar, kjøleskåp, tørketrommel, vaskemaskin osv. Forbruket til lyssetjing utgjer ein varierende del av det elspesifikke energibruket ettersom behovet for lys varierer over døgnet, frå natt til dag, og over året, frå sommar til vinter. Nokre av faktorane som påverkar den elspesifikke energibruken er talet på timar med sollys/dagslys, talet på bebuarar i hushaldet og åtferda til bebuarane.

Xrgia sin rapport «Hovedundersøkelse for elektrisitetsbruk i husholdningene» (Langseth et al. 2011) rekna ut det gjennomsnittlege elspesifikke forbruket til å vere 3 981 kWh/år for einebustadar. Spreiinga i forbruket var stor, der dei som hadde høgst forbruk brukte over 10 000 kWh/år og dei som hadde lågast forbruk brukte under 1 000 kWh/år. Det gjennomsnittlege forbruket til lyssetjing var 689 kWh per år og stod for 21 % av det totale elektrisitetsforbruket. I rapporten til Zimmermann var det hushald med elektrisk oppvarming, der det budde familiar med born som hadde det største gjennomsnittlege forbruket, med eit forbruk på 18 558 kWh/år (Zimmermann 2009). Forbruket til elspesifikke føremål utgjorde i gjennomsnitt 4143 kWh/år som er om lag det same gjennomsnittsförbruket som vart funne i undersøkinga til Xrgia. Dette indikerer at det elspesifikke forbruket stod for om lag 22 % av det årlege totale energiforbruket. Figur 3 syner eit døme på fordeling av elspesifikk energibruk i hushald.



Figur 3 Døme på fordeling av elspesifikk energibruk (Zimmermann 2009).

2.4.2 Tappevatn

I følgje rapportar frå andre undersøkingar brukar forbruket til oppvarming av tappevatn å endre seg svært lite over året og mellom årstider (Pedersen 2007). Tappevatn vert difor rekna for å ha eit temperaturuavhengig forbruk. Forbruket av tappevatn er høgst om morgonen når folk står opp og dusjar og lagar mat. Dette blir synt av resultat frå den norske delen av EU-prosjektet REMODECE (Residential Monitoring to Decrease Energy Use and Carbon

Emissions in Europe), gjennomført av Sintef som syner at forbruket er høgst i morgontimane mellom klokka 8 og 10 (Feilberg & Grinden 2008). Samstundes meiner Ericson at ein stor del av varmtvasspreiarane i Noreg er i drift i mellom klokka 7 og 9 om morgonen (Ericson 2006).

Mengda tappevatn som blir brukt vil kunne variere mykje mellom hushald, både på grunn av talet på personar og åtferda til dei som bur der. Til dømes vil ei auke i talet på bebuarar kunne auke forbruket, mens åtferda vil ha noko å sei for kor ofte personane i hushaldet dusjar og når på døgnet dei dusjar. Dette er faktorar som vil kunne påverke effektforbruket både på kort og på lang sikt. Sidan det ikkje finst noko informasjon om åtferda til bebuarane når det gjeld bruk av tappevatn, blir det anteke at personane i desse hushalda har ein gjennomsnittleg åtferd som tilseier at dei dusjar ein gong kvar morgon, både på kvardagar og helgedagar.

I rapporten «End use demand at Norwegian household customers» (Sæle & Feilberg 2013) vart forbruket til tappevatn målt til å bestå av 11 % av det totale årsforbruket. Her vart hushalda delt inn i tre kategoriar etter kva for personar som budde der: Hushald med personar som er eldre enn 62 år, hushald med fleire enn 2 personar og hushald med 1-2 personar. For hushald med 1-2 personar var det gjennomsnittlege årsforbruket 18 274 kWh, mens for hushald med fleire enn 2 personar var forbruket 23 798 kWh. Dette indikerer at det gjennomsnittlege timeforbruket av tappevatn var om lag 0,23 kW for hushald med 1-2 personar og om lag 0,30 kW for hushald med fleire enn 2 personar. I følgje rapporten «Formålsfordeling av husholdningenes elektrisitetsforbruk i 2006» (Dalen & Larsen 2009) står oppvarming av tappevatn for om lag 8-15 % av elektrisitetsforbruket i norske hushald.

I undersøkinga til Ericson var det totale gjennomsnittsforbruket til hushalda på 2,8 kW/h (Ericson 2006). Dersom ein tek i utgangspunkt i Sintef sine tal på forbruk av tappevatn på 11 % av det totale årsforbruket får ein at det gjennomsnittlege timeforbruket av tappevatn ville utgjere 0,308 kW, noko som er om lag det same forbruket som for hushald med fleire enn 2 personar i rapporten til Zimmermann.

2.4.3 Oppvarming av rom

Oppvarming av rom er det føremålet der energiforbruket er mest variabelt over året og blir rekna for å vere den temperaturavhengige delen av energiforbruket i bygg. Energibehovet til oppvarming av rom kan bli dekkja av fleire ulike energivarer og teknologiar som til dømes panelovn, vedovn, oljefyr, pelletskamin og varmepumpe (Bergesen et al. 2012). Om lag tre fjerdedelar av den totale energibruken i hushald går til oppvarming av rom og tappevatn, med elektrisitet som den viktigaste energikjelda, ettersom elektrisitet dekker om lag 80 % av det

totale oppvarmingsbehovet. Faktorar som påverkar forbruket til oppvarming av rom er mellom anna:

- Innetemperatur (termostatnivå)
- Utetemperatur
- Vindhastigheit og vindretning
- Solinnstråling og skylag
- Klima frå år til år
- Isolasjon (termisk tregleik)
- Frekvens til bruk av gjenstandar som produserer varme (t.d. lys)
- Areal og volum til bygningen
- Åtferda til bebuarane

Eit av dei viktigaste faktorane som styrar forbruket til romoppvarming er utetemperaturen. På varme sommardagar er gjerne forbruket til romoppvarming tilnærma lik null, mens på dei kaldaste vinterdagane kan utetemperaturen få romoppvarming til å utgjere over halvparten av totalforbruket. Samstundes er det fleire underfaktorar som styrer forbruket. Nokre av faktorane går på vêrførehald og klima, nokre går på eigenskapar til bygningen, mens andre går på åtferda til bebuarane.

Vêrførehald er ein faktor som endrar seg konstant på grunn av jordas rørsle kring sola og består av både vindhastigheit, vindretning, solinnstråling og skylag. Vind skapar naturleg ventilasjon i bygningar, men kald uteluft som kjem inn gjennom lekkasjar i vindsperrane kan redusere varmemotstanden i isolasjonsmateriala dersom lufta får sirkulere inne i veggjar og tak (Blom & Uvsløkk 2012). Lekkasjar i vindsperrer kan føre til trekk i bygningen, noko som kan bli kompensert ved å auke oppvarminga, men som vil påverke energibruken. Ei auke i innetemperaturen på 2 °C kan auke energibruken til oppvarming med 10 %. Skylag vil kunne redusere mengda solinnstråling og difor redusere oppvarmingsmengda frå sola.

Arealet og volumet til bygningen vil ha noko å sei for kor mykje energi som treng å brukast for å varme opp bygningen, store areal treng meir energi for å bli varma opp enn små areal. Dette vil også ha samanheng med kor godt bygningen er isolert, altså kor bra bygningen er til å halde på varmen. Emna til å halde på varmen er ein faktor som blir kalla for termisk tregleik

og kan ha mykje å sei for etterspurnaden etter varme i ein bygning frå time til time. Dette er fordi den termiske tregleiken får temperaturen inne til å reagere treigare på endringar i utetemperaturen, det kan til dømes bety at temperaturen inne ikkje endrar seg samstundes som temperaturen ute søkk. Den termiske tregleiken kan variere mykje frå bygning til bygning. Hos nokre bygningar kan temperaturen inne reagere innan få timar, mens hos andre bygningar kan det gå dagar før innnetemperaturen endrar seg (Pedersen 2007).

Åtferda til bebuarane vil kunne påverke mellom anna termostatnivået i hushaldet. Nokre ønskjer å ha høg innnetemperatur i heile huset på grunn av betre komfort, mens andre ønskjer å spare pengar og set ned temperaturen i rom som ikkje brukast til vanleg. Åtferda vil også kunne bestemme kor mykje ulike gjenstandar som produserer varme blir brukt som til dømes lys, datamaskiner, fjernsyn, tørketromlar osb. Alle desse gjenstandane produserer ulik mengd med varme, samstundes varierer også varmemengda innbyrdes mellom to av same produkt.

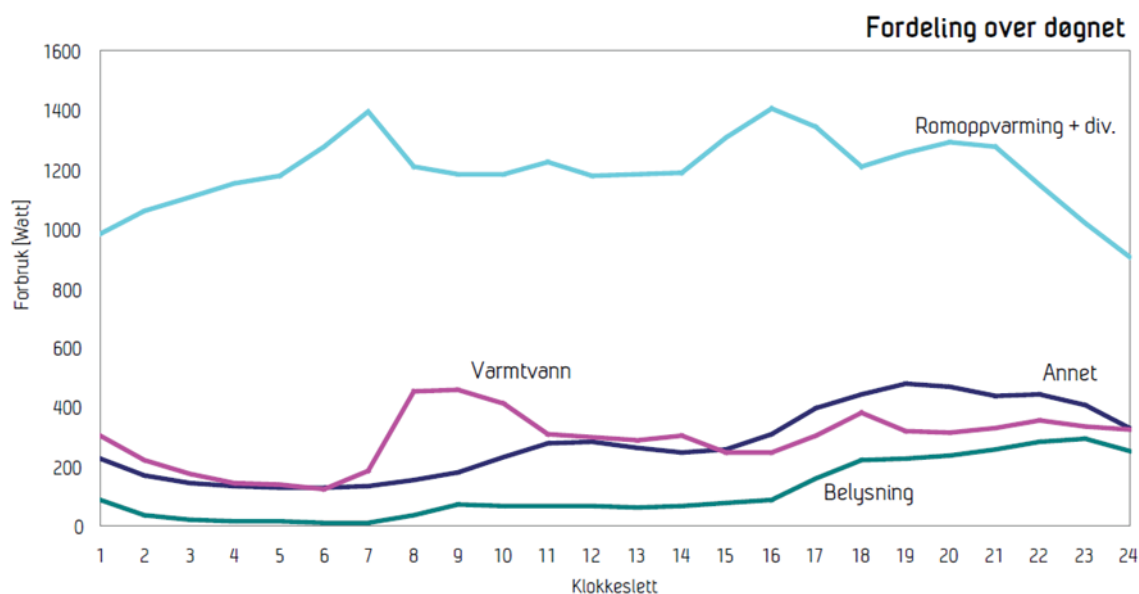
Forbruket til romoppvarming er avhengig av fleire faktorar og det vil difor kunne vere store skilnadar mellom hushalda. I følgje Zimmermann står oppvarming av rom for 65 % av det totale forbruket hos hushald som brukar elektrisk oppvarming, der det bur familiar med born. På arbeidsdagar stod forbruket til romoppvarming for 66 % av det totale forbruket, mens på helgedagar stod det for 62 % (Zimmermann 2009). I følgje Sæle og Feilberg utgjør romoppvarming om lag 63 % av det totale forbruket (Sæle & Feilberg 2013).

2.5 Forbruksprofiler – fordeling over døgnet

Ein forbruksprofil for elektrisitet blir brukt til å syne mellom anna korleis til dømes effektforbruket til eit hushald endrar seg over eit døgn, veke, månad eller år. Forbruksprofilen kan også fortelje korleis føremålsfordelinga til eit hushald er, ved å syne effektforbruket til ulike føremål på ulike tidspunkt. Figuren under er eit døme på korleis ein forbruksprofil kan sjå ut, med tidspunkt langs x-aksen og effektforbruk langs y-aksen, sjå figur 4. Store delar av resultata i denne oppgåva blir presentert i form av forbruksprofiler, det er difor viktig å forstå prinsippet bak dei.

I løpet av døgnet oppstår maksimalforbruket oftast om morgonen mellom klokka åtte og ti (Bergesen et al. 2012). Dei fleste varmtvasstankar i Noreg blir drivne av elektrisitet og er laga slik at den startar å varme opp nytt vatn så snart det er brukt varmtvatn. Når mange dusjar før dei går på jobb vil dette sei at varmtvasstankane i mange heimar vil varme opp nytt vatn frå klokka sju til ti om morgonen.

Tal frå undersøkingar gjort av Sintef Energiforskning (Feilberg & Grinden 2008) syner at forbruket av romoppvarming er høgst mellom klokka 6 og 7 om morgonen, mens forbruket til varmt tappevatn er høgst mellom 8 og 10 tida om morgonen, sjå figur 4. Om ettermiddagen mellom klokka 15 og 16, når folk kjem heim frå skule og/eller arbeid, aukar forbruket til oppvarming, men etter klokka 21 blir forbruket redusert utover kvelden. Forbruket til lyssetjing aukar ettersom det blir mørkare og mørkare utover kvelden. Etter midnatt, når folk ligg og søv, stig forbruket til oppvarming opp att, mens resten av forbruket byrjar å minke.



Figur 4 Føremålsfordeling over døgnet (Feilberg & Grinden 2008).

3 Material og metode

3.1 Datagrunnlag

Oppgåva baserer seg på målingar frå datasett som består av målingar av effektforbruket til ti hushald i kundenettet til Skagerak Nett, målt over ein periode på eitt år, frå 01.06.2009 til 31.05.2010. Målingane er registrert med dato og tidspunkt på døgnet for kvart av hushalda. Målingane er oppgitt i timeoppløysing, 24 målingar per døgn, med til saman 8760 målingar per hushald. På grunn av mykje feilmålingar og datamangel hos to av hushalda, vart ikkje desse hushalda teke med i oppgåva. Difor er det berre målingane til åtte hushald som vart brukt og undersøkt i denne oppgåva. Dataa med målingane i lag med resultat frå ei spørjeundersøking er ein del av eit doktorgradsarbeid som tilhøyrar stipendiat Anna Kipping ved NMBU. Kandidaten har fått godkjenning av Anna Kipping til å bruke data frå doktorgradsarbeidet som grunnlag for denne oppgåva.

Hushalda som målingane er samla inn frå er av typen einebustad (Single Family House) som er ein kategori, mellom anna brukt i bygningsenergidirektivet (Anon 2003) og Sintef sin rapport «Energibruk i bygninger» (Dokka et al. 2011). Alle hushalda i denne oppgåva er anonyme og lokaliteten til desse er difor ikkje oppgitt. I datasetta vart kvart hushald identifisert med bokstaven «M» følgd av eit nummer på hushaldet som til dømes «M0080». For å gjere det meir oversiktleg vil dei åtte hushalda bli referert til som Hushald A, B, C, D, E, F, G og H gjennom resten av oppgåva. Hushald A og B har berre panelovn, mens hushald C, D, E, F, G og H har mulegheit til å bruke vedfyring i tillegg til panelovn.

I lag med målingane er det lagt ved svardata frå ei spørjeundersøking som vart gjennomført i 2013, tre år etter at målingane vart tekne. Svardataa inneheld informasjon om mellom anna kva for tidsperiode (årstal) kvart av hushalda vart bygd, alder og tal på kor mange personar som bur i hushalda, brutto areal, kva for oppvarmingsapparat hushalda brukar og kva for elspesifikke apparat hushalda brukar som til dømes vaskemaskin, tørketrommel, kjøleskåp, frysar osb. I tillegg er det oppgitt om hushalda har anna utstyr som brukar mykje elektrisitet som til dømes symjebasseng, solarium, drivhus, kjølerom osb. Svardata frå spørjeundersøkinga ligg i vedlegg 1.

Temperaturdataa er henta frå eKlima som er portalen til klimadatabasen til Meteorologisk institutt. På grunn av at lokaliteten til hushalda var ukjend er det i oppgåva brukt data frå den værstasjonen som ligg kortast avstand frå hovudkontoret til Skagerak Nett. Stasjonen heiter Skien – Geiteryggen, stasjon nummer 30420, og ligg i Skien kommune i Telemark. Dataa

inneheld målingar av middel- maks- og minimumstemperatur for kvar veke målt over den same tidsperioden som effektforbruksdataa. I oppgåva har det berre vore brukt målingar av middeltemperaturar.

3.2 Feilmålingar i datagrunnlaget

Av feilmålingar i datasettet er det spesielt ein type feilmåling som oppstår flest gonger. Denne feilen oppstår berre i målingane til dei hushalda som har vedfyring i tillegg til panelovn og går ut på at målarane har registrert effektforbruket som 0 kW over ein tilfeldig periode (som oftast over eit døgn), etterfølgd av ein unormalt høg måling som til dømes 39,57 kW, 117,37 kW eller 80,92 kW. Den sannsynlege forklaringa på desse høge og låge målingane er at målingane ikkje vart registrert på det korrekte tidspunktet og at dei difor vart forskyvd til eit seinare tidspunkt. Dei høge målingane er då summen av alle dei målingane som mangla inkludert målinga for det tidspunktet som eigentleg skulle vore registrert der den høge målinga vart registrert.

Måten denne type feilmålingar har blitt retta opp i er ved å erstatte alle feilmålingane med gjennomsnittsverdiar av dei høge målingane. Døme: Over ein tidsperiode med til saman 24 målingar, har 23 målingar verdien 0 kW, mens den siste målinga i denne tidsperioden har verdien 46,79 kW. 46,79 kW dividert med 24 målingar gir ein verdi på 1,95 kW. Alle dei 24 målingane i dette tilfelle vil difor bli erstatta med verdien 1,95 kW.

Ei anna type feilmåling som oppstår i datasettet er at forbruket nokre gonger blir registrert som tilnærma ein konstant verdi eller to verdiar som vekslar fram og tilbake som til dømes 2,42 kW og 2,43 kW. I likskap med den første feilen oppstår desse over eit tidsrom på eit døgn, men det er relativt færre feil av denne typen enn den første og denne feilen oppstår heller ikkje alltid på same tidspunkt som den første. Problemet med denne feilen er at den er vanskeleg å oppdage og rette opp. Eit alternativ for å rette opp desse feilmålingane var å erstatte feilmålingane med målingar frå same vekedag og tidspunkt veka før, men på grunn av tidsbruk og mangel på ei god løysing på dette problemet har ikkje desse feila blitt retta opp og står difor oppført som uendra i datasettet.

3.3 Metode

Oppgåva er gjennomført på basis av kvalitative litterære data og kvantitative data basert på forbruksmålingar. Til behandling og tilarbeiding av datasetta og gjennomføring av utrekningar er det brukt programvaren Microsoft Excel 2013. Excel har ei rekkje med funksjonar som mellom anna pivottabellar som gjer det eigna til behandling av store datasett.

Målingane i datasetta består av tal på det totale effektforbruket som hushalda har per time. Desse målingane fortel ikkje noko om korleis føremålsfordelinga er og det er difor brukt fordelingar mellom oppvarming av rom, tappevatn, elspesifikk forbruk og lyssetjing basert på data frå rapporten til Zimmermann. Det er brukt til saman 3 ulike føremålsfordelingar; ein for arbeidsdagar, ein for helgedagar og ein for alle dagar. Desse føremålsfordelingane fortel kor stor del av totalforbruket som går til dei ulike føremåla for kvar time over døgnet. Måten føremålsfordelingane har blitt implementert er ved å ta utgangspunkt i totalforbruket oppgitt i målingane for deretter å fordele dette forbruket ved å bruke dei ulike fordelingane. Føremålsfordelingane frå Zimmermann som er brukt i oppgåva ligg i vedlegg 2.

Varmepumpene som blir installert i hushalda er teoretiske og er ikkje basert på verkelege modellar. Framgangsmåten som har vore brukt for å dimensjonere varmpumpene er ved å ta utgangspunkt i effektforbruket som går til oppvarming hos hushald A (panelovn) og G (vedfyring). Luft-vatn varmpumpene vart dimensjonert etter forbruket til oppvarming av rom og tappevatn, mens luft-luft varmpumpene vart dimensjonert etter forbruket til oppvarming av rom. Det er brukt ein effektdekningsgrad på 60 % for både luft-vatn- og luft-luft varmpumpene. Effektdekningsgraden vart valt på bakgrunn av Stene sin rettleiar «Varmepumper for oppvarming og kjøling av større bygninger» (Stene 2010) der det var oppgitt at det er vanleg å dimensjonere varmpumper i Noreg slik at dei dekkjer 40-70 % av effektbehovet til oppvarming.

Ved å bestemme effektdekningsgraden er det muleg å finne energidekningsgraden ved hjelp av effektforbruket til oppvarming over året. I samråd med rettleiar vart det bestemt at varmpumpene skulle kunne dekkje 70-90 % av varmebehovet (energibehovet). I tillegg til ein effektdekning på 60 % vart det valt ein verknadsgrad/årsvarmefaktor (SPF) for varmpumpene lik 2 ($SPF = 2$).

For å berekne korleis varmpumpene påverkar effektfordelinga er det teke utgangspunkt i berekningane av føremålsfordelinga før installasjon av varmpumpe. Desse berekningane vart brukt til å rekne ut kor mykje varmpumpene kunne dekkje av høvesvis forbruket til oppvarming av rom og tappevatn for luft-vatn varmpumpene og forbruket til oppvarming av rom for luft-luft varmpumpene. Den delen av forbruket som ikkje kunne dekkjast av varmpumpene vart den delen av forbruket som går til oppvarming av rom ved bruk av spisslasteining (panelovn). Dette resulterte i ei ny fordeling som synte oppvarmingsbehovet som varmpumpene kunne dekkje og kor stor del av forbruket som gjekk til spisslast. Med

denne fordelinga vart effektforbruket til varmepumpene rekna ut ved utgangspunkt i årsverknadsgraden (SPF =2).

I vedlegg 3 er det rekna ut energiutbyttet frå vedfyringa til hushalda som har vedfyring. Hushald G hadde eit årsforbruk av ved på 1000 kg noko som tilsvarar eit energiutbytte på 3150 kWh/år når veden har eit fuktinnhald på 20 % og den blir brend i ein vedomn som har 75 % verknadsgrad. Denne energimengda kjem i tillegg til den energimengda som blir produsert av panelomnane. Oppvarmingssesongen byrjar når middeltemperaturen går under 11 °C om hausten og varar til den stig over 9 °C om våren (Enova 2012). For året 2009/2010 byrja fyringssesongen i veke 40 i 2009 og enda i veke 20 i 2010, noko som tilsvarar 32 veker eller 224 dagar. Dette indikerer at vedfyringa bidreg i gjennomsnitt med 0,586 kWh/h til romoppvarming, sjå vedlegg 4 for utrekningar. Berekningane er basert på tal i NS 4414:1997, «Ved til brensel i husholdninger» (Anon 1997).

3.4 Føresetnadar

For at det skal kunne installerast ein luft-vatn varmepumpe må hushaldet ha eit vassbore varmedistribusjonssystem, det er difor ein føresetnad i oppgåva at kvart av hushalda i oppgåva har eller får installert eit vassbore varmedistribusjonssystem.

Det er ein føresetnad at luft-vatn varmepumpa som skal installerast i hushalda skal dekkje 60 % av effektforbruket til oppvarming av rom og oppvarming av tappevatn totalt. Luft-luft varmepumpa skal dekkje 60 % av effektforbruket til oppvarming av rom. Årsvarmefaktoren (SPF) til både luft-vatn og luft-luft varmepumpa er satt til ein faktor på 2.

3.5 Val av hushald for installasjon av varmepumper

Ei av underproblemstillingane var å installere ein teoretisk luft-luft varmepumpe og ein luft-vatn varmepumpe i eit av kvar type hushald, i eit hushald med panelomn og i eit hushald med vedfyring. For å velje kva for hushald det skulle bli installert varmepumpe er resultat frå målingane i denne oppgåva brukt til å samanlikne med resultat frå andre liknande undersøkingar. På bakgrunn av dette vart hushald A og G valt som hushald der det skal installerast varmepumper.

Hovudårsaka til at desse to vart valt er på grunn av samanlikningsgrunnlaget som består av ulike undersøkingar. Desse to hushalda har eit areal som er tilnærma det gjennomsnittlege arealet til hushalda i andre undersøkingar. I tillegg er det årlege totalforbruket av elektrisitet nærmast gjennomsnittet som vart funne i andre undersøkingar. Hushald A og G har eit areal

som er litt mindre enn gjennomsnittet i undersøkinga til Zimmermann. I teoridelen av oppgåva stod det at luft-vatn varmepumper vart anbefalt for hushald med årleg totalforbruk på over 25 000 kWh. Ingen av desse to hushalda har eit så høgt forbruk, men sidan dette kravet berre er meint som rettleiande for installasjon av varmepumper er det ikkje vurdert som eit krav for hushalda i denne oppgåva. I hushald A vil panelomnar fungere som spisslasteining, mens i hushald G vil vedfyring og eventuelt panelomnar fungere som spisslasteining.

4 Resultat

Utvalet av hushald i denne oppgåva består av til saman åtte hushald, der to har berre panelomn og seks har vedfyring i tillegg til panelomn. For å gje ein kort introduksjon av hushalda er det under lagt til ein tabellen som gir ei kort oppsummering av svardataa frå spørjeundersøkinga.

Tabell 1 – Informasjon om hushalda frå svardataa					
Hushald	Personar	Byggjear	Areal [m ²]	Vedfyring	Vedforbruk [kg/år]
A	4	1990-1999	113	Nei	-
B	4	1990-1999	120	Nei	-
C	3	1960-1969	210	Ja	660
D	2	1960-1969	180	Ja	1000
E	3	1925-1949	160	Ja	2000
F	2	1970-1979	220	Ja	528
G	3	2000-2009	103	Ja	1000
H	5	1970-1979	200	Ja	2000

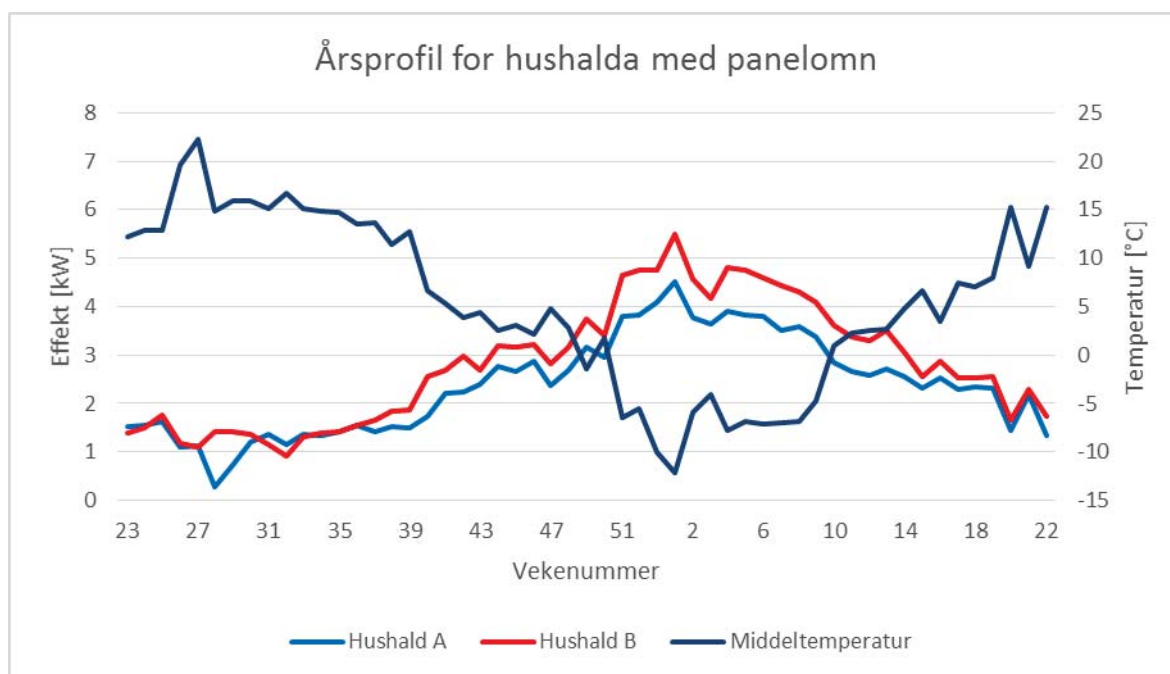
4.1 Resultat frå målingane i datagrunnlaget

I dette kapittelet blir resultat frå målingane presentert. Kapittelet handlar berre om målingane i datasetta som er brukt i oppgåva og syner korleis dataa er utan bruk av føremålsfordeling og utan påverking av varmpumpe. Denne delen av resultatet representerer grunnlaget for å svare på den første underproblemstillinga som går ut på å finne ut korleis effektforbruket til eit hushald med panelomn skil seg frå forbruket til eit hushald som har vedfyring i tillegg til panelomn.

4.1.1 Effektforbruket over året

Svingingane i forbruket over året til hushald A og B, sjå figur 5, syner at effektforbruket i stor grad er omvendt proporsjonalt med svingingane i utetemperaturen. Dersom utetemperaturen aukar, minkar effektforbruket og omvendt. Dette gjeld serleg under oppvarmingssesongen som er den perioden der den daglege middeltemperaturen går under 11 °C om hausten og til at den stig over 9 °C om våren (Enova 2012). Effektforbruket til begge desse hushalda er høgst i veke 1 som er den veka med lågast middeltemperatur.

Hushald B har jamt over eit høgare gjennomsnittsforbruk enn hushald A over heile året. Dersom ein ser på svardataa frå spørjeundersøkinga er det ikkje så mykje som kan forklare kvifor hushald B har eit høgare forbruk. Om lag det einaste som skil desse to hushalda er at hushald B har eit areal på 120 m² som er litt større enn hushald A som har eit areal på 113 m². Dette indikerer at hushald B har eit større oppvarmingsareal enn hushald A og difor eit høgare behov for oppvarming. Eit av funna i Xrgia sin rapport (Langseth et al. 2011) var at hushald med eldre born har ein høgare elspesifikk energibruk enn hushald med yngre born. Ein del av forklaringa på at hushald B har eit høgare forbruk enn hushald A kan difor vere at hushald A har yngre born i alderen 6-15 år enn hushald B som har like mange born, men i alderen 16-25 år. Det elspesifikke forbruket kan difor vere lågare hos hushald A enn hos hushald B.



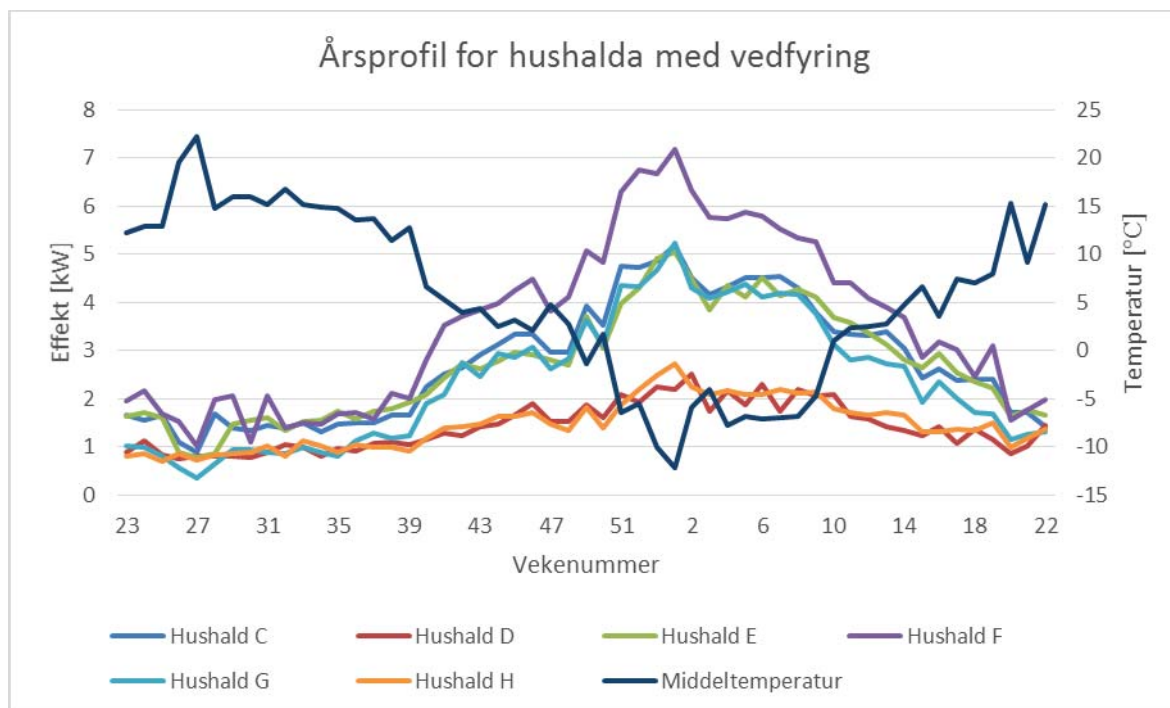
Figur 5 Årsprofil med gjennomsnittleg totalforbruk og middeltemperatur for kvar veke hos hushald A og B.

Når det gjeld hushalda som både har vedfyring og panelomn, ser det ut til at også desse hushalda følgjer den same trenden når det gjeld svingingar i utetemperaturen som dei to hushalda som berre har panelomn, sjå figur 6. Alle hushalda som har vedfyring, med unntak av hushald D, har høgst gjennomsnittsforbruk i veke 1. Hushald F ser ut til å ha dei største svingingane i forbruket og er også det hushaldet med det høgste forbruket. Årsaka til dette kan vere det at hushald F har det største hushaldet i areal, samstundes som at dette hushaldet har det lågaste vedforbruket av hushalda med vedfyring. Dette vil kunne gje eit høgt oppvarmingsforbruk der panelomnar dekkjer mykje av oppvarminga og difor gir eit høgare effektforbruk enn om hushaldet hadde brukt meir vedfyring. I tillegg har hushald F eit

solarium som vil kunne auke forbruket, men dette er vanskeleg å vurdere ettersom bruksfrekvensen til solariet er ukjend.

Det hushaldet som har nest høgst årsforbruk er hushald C, tett følgt av hushald E og G. Det desse tre hushalda har til felles, i tillegg til at dei alle har vedfyring og panelomn er at det bur like mange personar i kvart av hushalda. Dette kan vere ein del av forklaringa på kvifor dei har eit høvesvis lik mengd effektforbruk. Hushald C har det nest største arealet av alle hushalda, med eit areal på 210 m² og samstundes det nest lågaste vedforbruket med eit forbruk på 660 kg per år. Dette indikerer det same som hos hushald F, at det store arealet kombinert med lågt vedforbruk gir eit høgt oppvarmingsbehov som i større grad blir dekkja av panelomnar, noko som aukar effektforbruket. Hushald E har eit areal på 160 m² og er eit av dei to hushalda med størst vedforbruk, med eit forbruk på 2000 kg per år. Både hushald E og hushald D har dei same gjenstandane som krev elektrisitet med unntak av eit ekstra rom hos hushald E. Forklaringa på at hushald E har eit høgare forbruk enn hushald G er truleg på grunn av skilnaden i storleik/areal ettersom hushald E har eit mykje større areal enn hushald G.

Til slutt er det hushald H som har det nest lågaste gjennomsnittlege effektforbruket, mens hushald D har det lågaste. Hushald H er det hushaldet der det bur flest personar med 5 personar og hushald D er eit av hushalda der det bur færrest personar med berre 2 personar. I tillegg har hushald H eit større areal og ei større mengd vedforbruk enn hushald D. Årsaka til at hushald H har eit så lågt forbruk i forhold til dei andre hushalda kan vere på grunn av det høge vedforbruket, men det forklarar ikkje kvifor det har eit lågare forbruk enn hushald E som har eit like høgt vedforbruk, men også eit mindre areal og mindre tal på personar som bur der. Det er usikkert kva som er årsaka til at hushald D har det lågaste forbruket, men noko av årsaka kan vere at det bur få personar der og at dei har eit vedforbruk som dekkjer store delar av oppvarmingsbehovet.



Figur 6 Årsprofil med gjennomsnittleg totalforbruk og middeltemperatur for kvar veke hos hushald C, D, E, F, G og H.

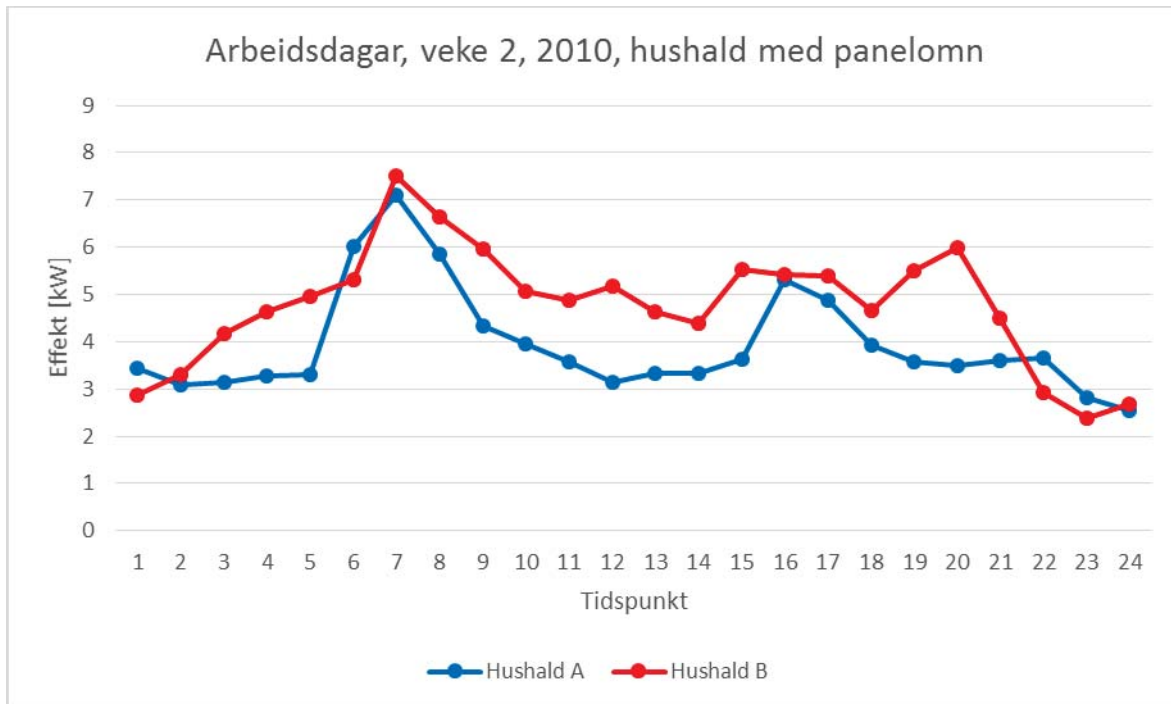
4.1.2 Effektforbruket om vinteren

Kurvane som syner effektforbruket om sommaren og vinteren er rekna ut ved å ta gjennomsnittet av alle målingane for kvart klokkeslett, over ein periode på 1 til 4 veker. Det er laga to kurver for kvar periode, der den eine kurva syner gjennomsnittleg døgnforbruk på arbeidsdagar (måndag til fredag) og den andre syner forbruket på helgedagar (laurdag til søndag). Høgtider, heilage dagar og feriedagar vert ikkje rekna som helgedagar i oppgåva, men det er forsøkt å unngå å bruke målingar frå periodar der det er mange høgtider, heilage dagar eller feriedagar.

I tillegg til kurver med data frå enkeltveker er det også laga kurver som syner gjennomsnittsförbruket over fire veker for å sjå om kurvene for enkeltvekene er representative. Desse kurvene er laga basert på den same framgangsmåten som kurvene som syner forbruket over enkeltveker, berre med data frå ein periode på fire veker i staden for ei veke. Kurvene for periodar på fire veker er lagt i vedlegg 5.

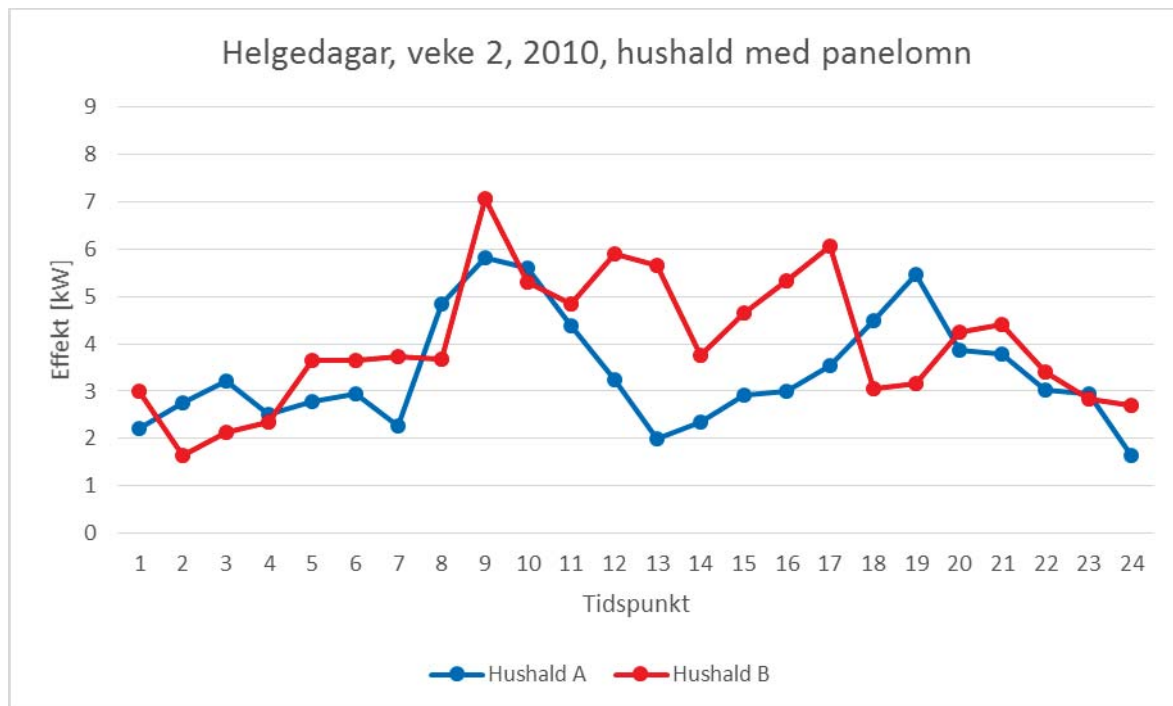
Det gjennomsnittlege effektförbruket for veke 2 i 2010 syner at forbruket er høgst klokka 7 om morgonen for både hushald A og B, sjå figur 7. Deretter minkar forbruket utover morgonen og formiddagen, til at klokka blir 14-15 om ettermiddagen. Hushald A får ein forbrukstopp klokka 7 om morgonen og ein klokka 16 som deretter går nedover utover dagen og kvelden. Hushald B får tre toppar. Den første klokka 7 om morgonen, den andre oppstår

klokka 15 og held seg stabil fram til klokka 17, mens den tredje toppen oppstår klokka 20 for deretter å minke kraftig utover kvelden.



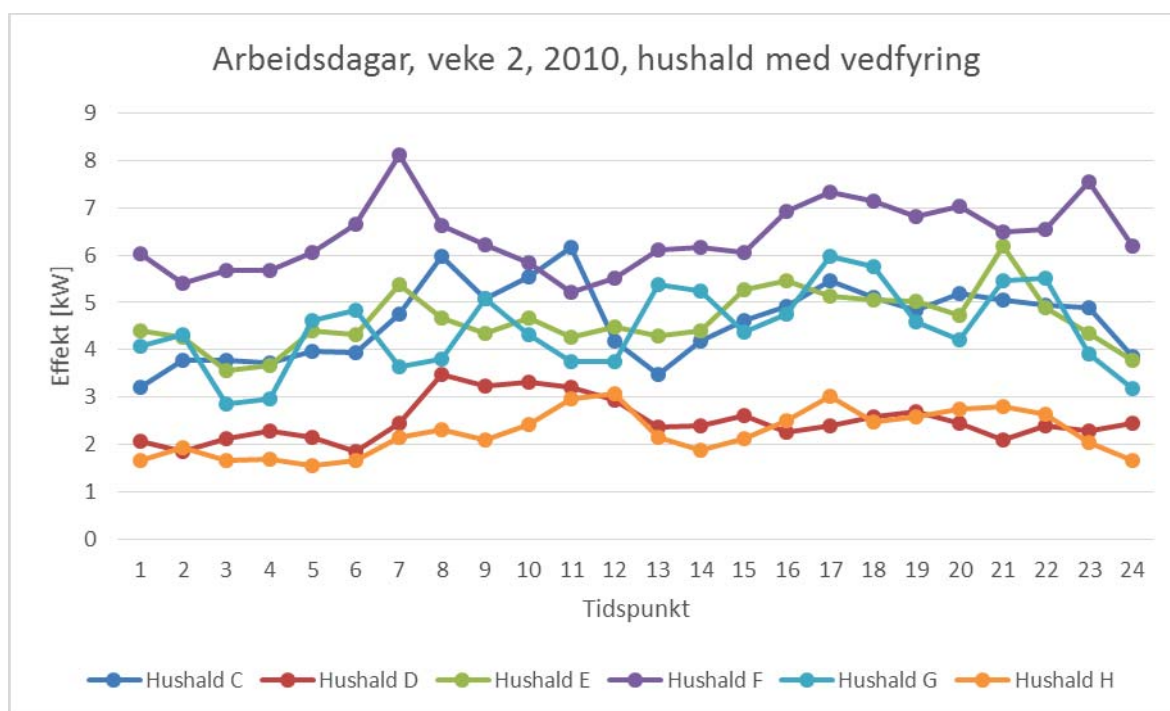
Figur 7 Gjennomsnittleg totalforbruk over døgnet på arbeidsdagar i veke 2 hos hushald A og B.

I helgedagane er forbruket meir variabelt, sjå figur 8. Hushald A får to forbrukstoppar, den første kjem klokka 9 morgonen og er den høgste toppen, mens den andre kjem klokka 19 om kvelden. Forbruket er meir variabelt for hushald B som har fire forbrukstoppar over døgnet i helgedagane. Den høgste toppen kjem klokka 9, på same tidspunkt som for hushald A. Dei to neste toppane kjem klokka 12 og 17, mens den siste og lågaste toppen kjem rundt klokka 20-21 om kvelden.



Figur 8 Gjennomsnittleg totalforbruk over døgnet på helgedagar i veke 2 hos hushald A og B.

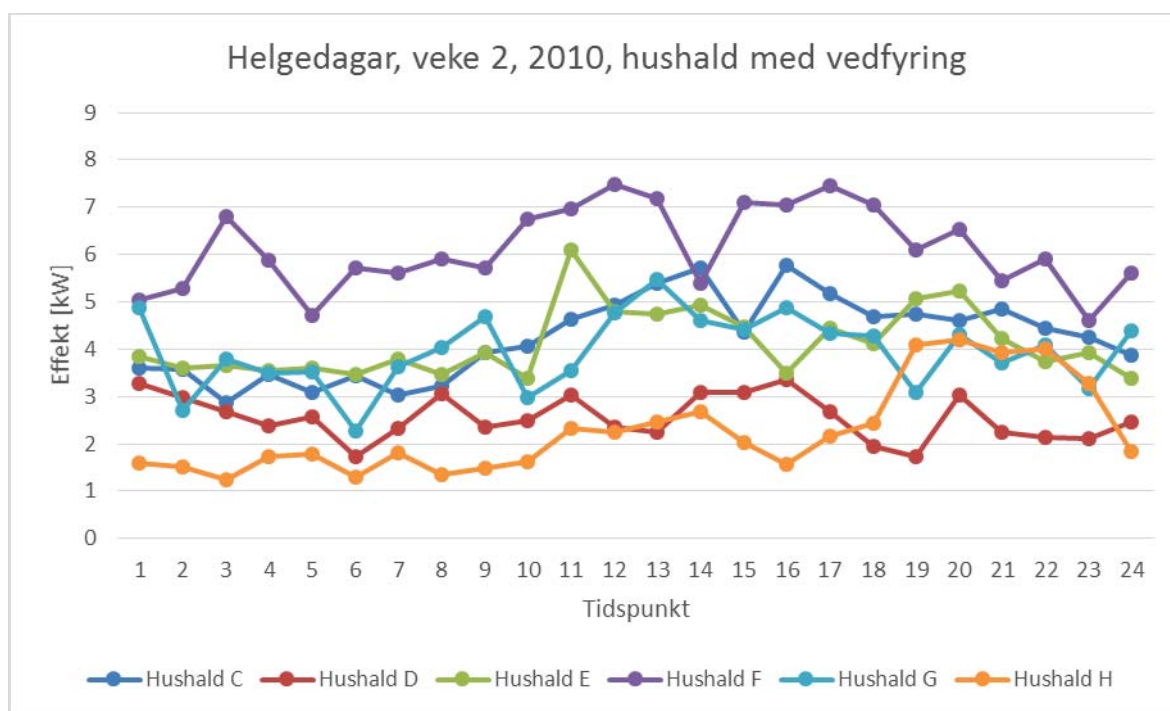
Dersom ein ser på forbruket til hushalda som har vedfyring, ser ein at effektforbruket veke 2 i 2010 varierer mykje frå hushald til hushald, sjå figur 9. Til dømes er det høgste gjennomsnittlege forbruket for hushald H berre om lag 3 kW, mens det høgste for hushald F er om lag 8 kW. Generelt for alle desse hushalda er at den første effekttoppen kjem mellom klokka 6 og 8 om morgonen. Etter klokka 8 varierer forbruket utover døgnet frå hushald til hushald. Spesielt varierer forbruket mykje for hushald G som får ein ny effekttopp med fire timars mellomrom gjennom heile døgnet.



Figur 9 Gjennomsnittleg totalforbruk over døgnet på arbeidsdagar i veke 2 hos hushald C, D, E, F, G og H.

Forbrukstoppene til hushald C kjem klokka 8, 11 og 17. Forbruket til hushald D er lågt i forhold til dei seks andre hushalda, unntaka hushald H, og har berre ein forbrukstopp på om lag 3,5 kW klokka 8 om morgonen. Deretter minkar forbruket ned til om lag 2,5 kW utover resten av døgnet. Hushald E har tre forbrukstoppar, den første klokka 7, den andre klokka 16 og den tredje klokka 21. Hushald F har det høgste forbruket over døgnet og har eit gjennomsnittleg døgnsforbruk som liknar forbruket til hushald A og B, med ein effekttopp klokka 7, 17 og 23. Hushald G har heile 6 effekttoppar over døgnet som kjem klokka 2, 6, 9, 13, 17 og 21. Forbruket til hushald H er lågt og varierer lite over døgnet. Det har tre effekttoppar som kjem klokka 8, 12 og 17.

Kurva for det gjennomsnittlege forbruket for helgedagane i veke 2, syner at forbruket er lågast om morgonen og høgst utover føremiddagen og kvelden, sjå figur 10. For hushald C er forbruket høgst klokka 14 og 16, mens forbruket er lågast om natta og morgonen. Hushald D har fire toppar som kjem klokka 8, 11, 16 og 20. Hushald E har eit lågt forbruk om morgonen fram til den første effekttoppen klokka 11. Den neste toppen kjem klokka 19-20 om kvelden. Hushald F har ein effekttopp klokka 3 om natta, ein klokka 12 og ein klokka 17. Hushald G har tre toppar, klokka 9, 13 og 20. Hushald H har eit veldig lågt og stabilt forbruk om morgonen og om dagen, men har eit veldig høg forbruk mellom klokka 19 og 22 om kvelden.

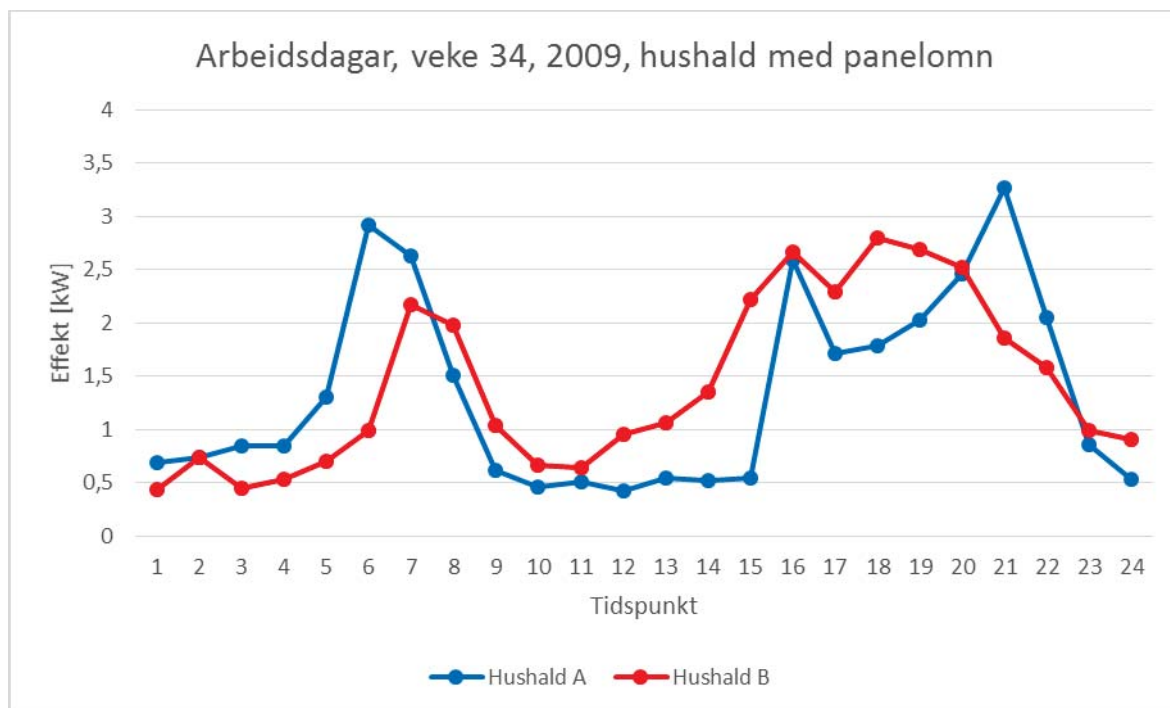


Figur 10 Gjennomsnittleg totalforbruk over døgnet på helgedagar i veke 2 hos hushald C, D, E, F, G og H.

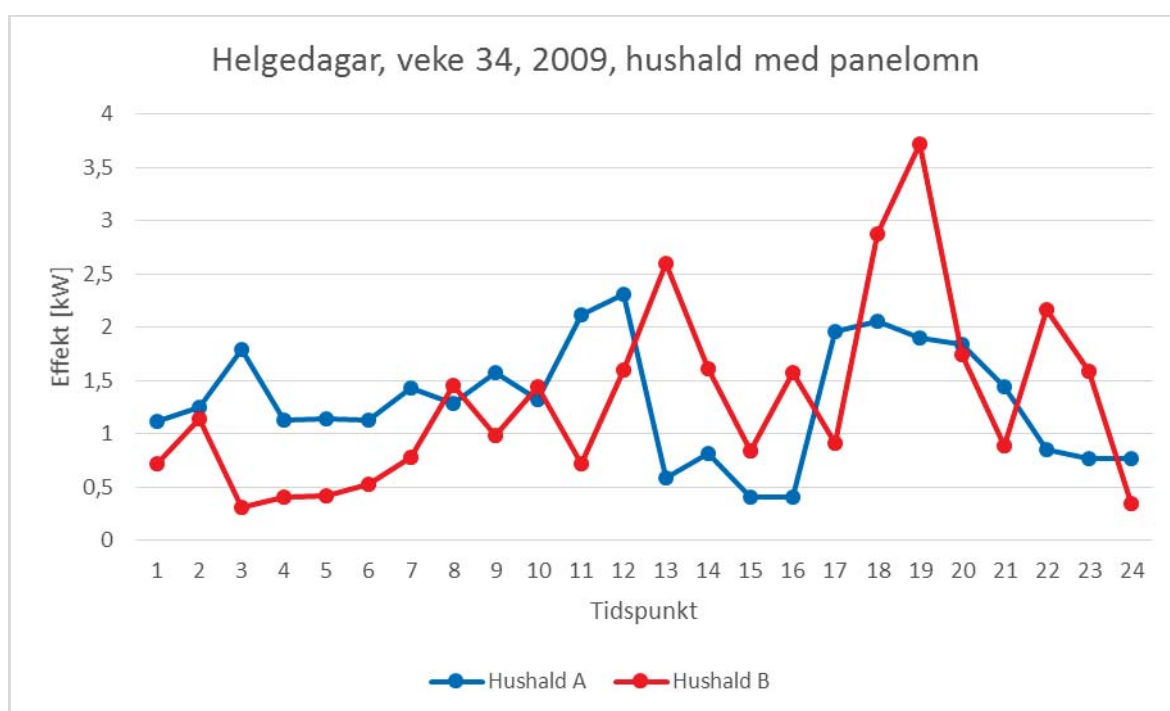
4.1.3 Effektforbruket om sommaren

Det som kjenneteiknar kurvene for effektforbruket om sommaren er at dei syner eit mykje lågare forbruk enn kurvene som syner forbruket om vinteren. Til dømes var det høgste gjennomsnittsforbruket på arbeidsdagar om vinteren i veke 2 på om lag 8 kW, mens det høgste forbruket på arbeidsdagar om sommaren i veke 34 på om lag 3,25 kW. Sommarkurvene er også mykje meir variable og ustabile enn vinterkurvene.

På arbeidsdagar i veke 34 i 2009 er forbruket høgst om ettermiddagen og kvelden for hushalda med panelovn, sjå figur 11. Hushald A har ein forbrukstopp klokka 6 om morgonen, deretter ein topp klokka 16 og til slutt ein klokka 21. Hushald B har ein litt lågare topp klokka 7 om morgonen og ein høgare topp mellom klokka 16 og 20. På helgedagar i veke 34 er forbruket meir variabelt enn på arbeidsdagane, sjå figur 12. Hushald A har ein forbrukstopp klokka 12 og har eit veldig lågt forbruk midt på dagen, fram til neste topp som kjem klokka 17 og varar utover til klokka 20. Hushald B har tre store toppar, den første klokka 13, den andre rundt klokka 18-19 og den tredje klokka 22.



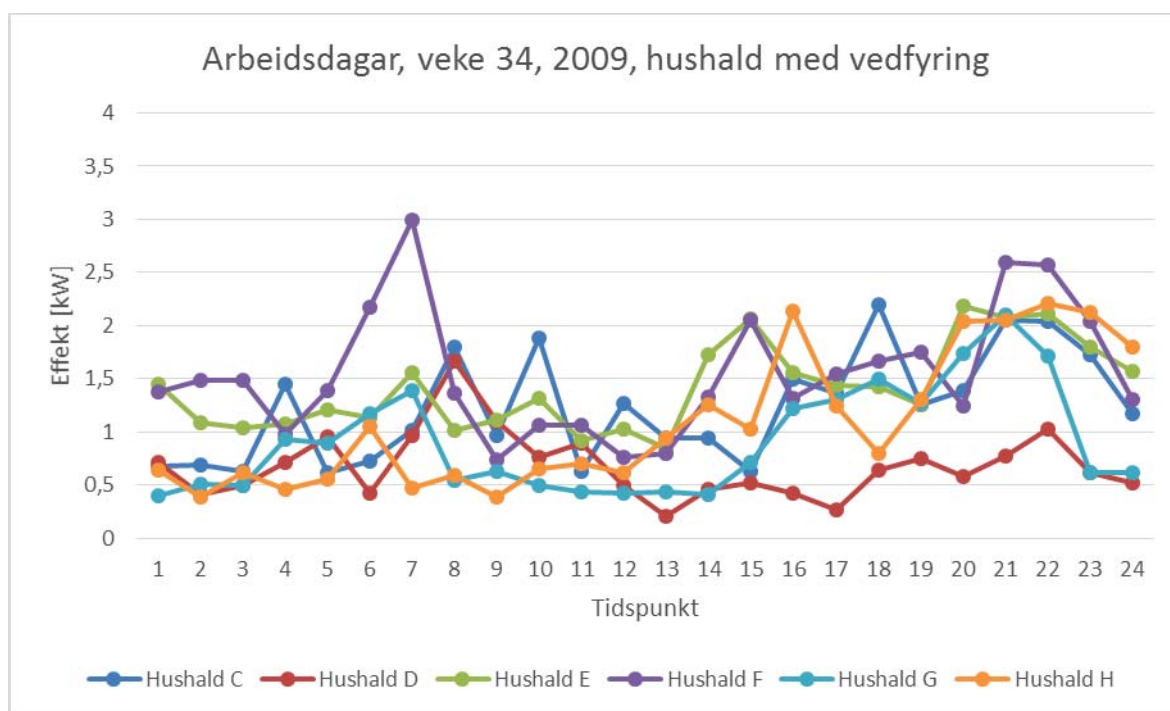
Figur 11 Gjennomsnittleg totalforbruk over døgnet på arbeidsdagar i veke 34 hos hushald A og B.



Figur 12 Gjennomsnittleg totalforbruk over døgnet på helgedagar i veke 34 hos hushald A og B.

På arbeidsdagar i veke 34 har hushald C igjen mange effektoppar, sjå figur 13. Den eine er klokka 4 om natta, den neste klokka 8 og deretter klokka 10 om morgonen. Seinare kjem den høgste toppen klokka 18 og til slutt ein topp mellom klokka 21 og 22. Hushald D har ein høg effekttopp klokka 8 om morgonen, deretter minkar forbruket utover morgonen og dagen heilt

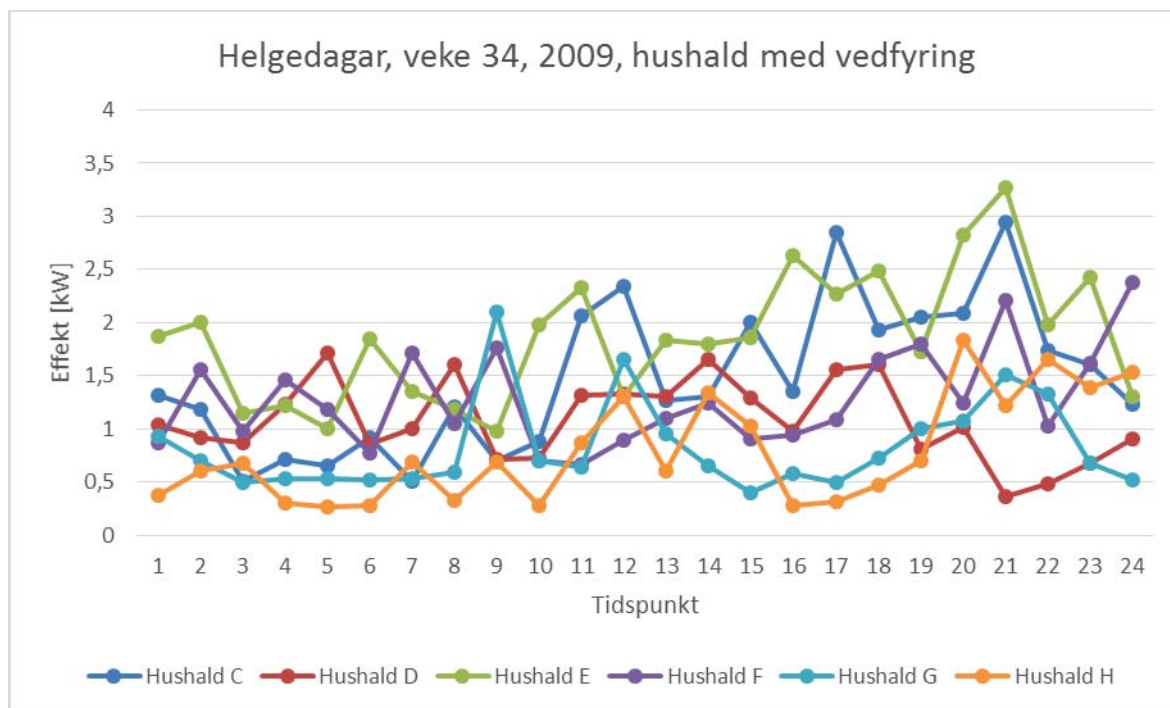
til fram til kvelden når klokka blir 18-19. Den siste toppen kjem klokka 22 om kvelden. Hushald E har ein topp klokka 7 om morgonen, ein klokka 15 og ein mellom klokka 20 og 22 om kvelden. Hushald F har ein mykje høgare effekttopp om morgonen enn dei andre hushalda. Denne toppen kjem klokka 7 om morgonen og er på om lag 3 kW. Den neste toppen kjem klokka 15 og deretter klokka 19, mens den siste toppen kjem mellom klokka 21 og 22. Hushald G har ein topp klokka 7, deretter held forbruket seg lågt og stabilt utover dagen. Dei neste toppane kjem klokka 16, 18 og til slutt klokka 21. Hushald H har ein låg topp klokka 6 og ein høg topp klokka 16. Om kvelden held forbruket seg høgt frå klokka 20 og fram til 24.



Figur 13 Gjennomsnittleg totalforbruk over døgnet på arbeidsdagar i veke 34 hos hushald C, D, E, F, G og H.

I veke 34 er forbruket lågare om morgonen og høgare om kvelden på helgedagane i forhold til arbeidsdagane, sjå figur 14. Hushald C har fleire toppar gjennom døgnet. Den første er ein låg effekttopp klokka 8, deretter ein høg topp klokka 12. Dei neste kjem klokka 15, mens dei to høgste toppane kjem klokka 17 og 21. Hushald D har ein topp klokka 5 og 8 om morgonen, deretter ein topp klokka 14 og til slutt ein topp mellom 17 og 18. Hushald E har mykje høgare toppar om ettermiddagen og kvelden enn om morgonen. Den første kjem klokka 6 og deretter klokka 11 om morgonen. Den neste kjem mellom klokka 16 og 18, mens den siste og høgste kjem klokka 21 om kvelden. Hushald F har desse helgedagane fleire små effekttoppar om natta og morgonen. Dei to første er klokka 2 og 4 om natta, mens dei to neste kjem klokka 7 og 9 om morgonen. Seinare på dagen kjem ein topp klokka 14 og deretter ein topp klokka 19 og 21 om kvelden. Hushald G har ein høg topp klokka 9, ein litt lågare klokka 12 og til slutt

ein klokka 21. Hushald H har ein låg topp klokka 3, 7 og 9. Deretter ein topp klokka 12 og 14, mens om kvelden er det ein topp klokka 20 og 22.

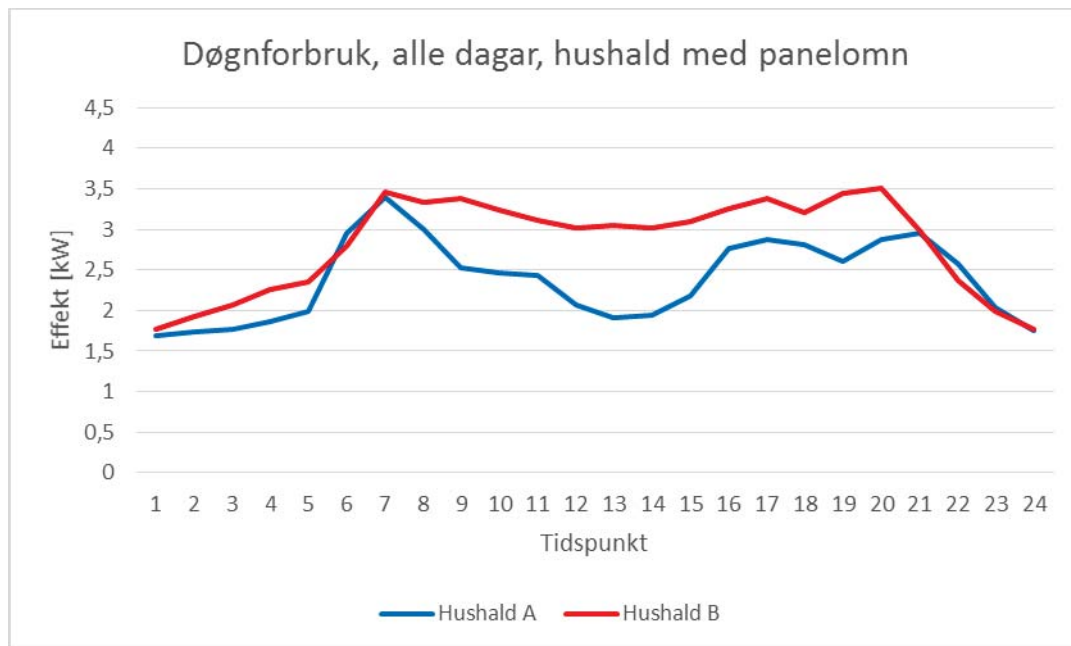


Figur 14 Gjennomsnittleg totalforbruk over døgnet på helgedagar i veke 34 hos hushald C, D, E, F, G og H.

4.1.4 Effektforbruket over døgnet

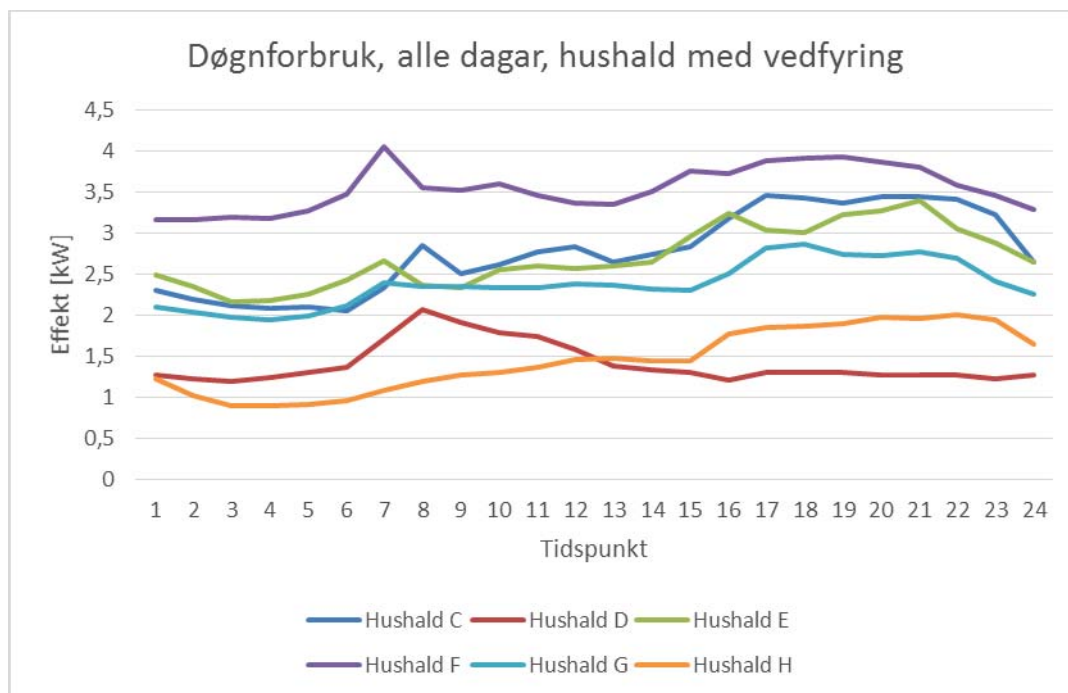
Dei to neste kurvene har som føremål å syne korleis effektforbruket fordeler seg over døgnet. Desse kurvene er basert på gjennomsnittsverdiar av alle dagar, både arbeidsdagar og helgedagar, for kvart tidspunkt på døgnet over heile året. Den eine kurva syner forbruket til hushalda med panelovn, mens den andre syner forbruket til hushalda med vedfyring.

I figur 15 kan ein sjå at både hushald A og B har ein effekttopp klokka 7 om morgonen, men etter dette tidspunktet er forbruket ulikt mellom dei to hushalda. Hos hushald A går forbruket frå om lag 3,5 kW og ned til om lag 2,5 kW i løp av dei neste to timane. Klokka 9 stabiliserer forbruket seg og held seg stabilt fram til 11. På dette tidspunktet byrjar forbruket å søkke endå meir ned til om lag 1,8 kW rundt klokka 13. Deretter stig forbruket fram til klokka 16-17 der det ligg på om lag 2,8 kW. Forbruket søkk litt utover ettermiddagen, men stig opp att og får ein topp klokka 21 på om lag 2,9 kW. Hos hushald B held forbruket seg høgt og byrjar på 3,5 kW klokka 7 og søkk berre ned med om lag 0,5 kW klokka 12-14 til 3,0 kW. Etterpå stig forbruket opp att til om lag 3,5 kW ved 21 tida. Forbruket søkk deretter raskt utover kvelden.



Figur 15 Gjennomsnittleg totalforbruk over døgnet, alle dagar, hos hushald A og B.

For hushalda med vedfyring kan ein finne at noko av det same forbruksmønsteret som hushald A hadde, men mønsteret endrar seg frå hushald til hushald, sjå figur 16. Hushald C og D har ein effekttopp klokka 8, mens hushald E, F og G har ein topp klokka 7 om morgonen. På ettermiddagen får dei fleste hushalda ein topp i tidsrommet mellom klokka 15 og 17. Hushald H skil seg mest ut ettersom det ikkje har noko toppar om morgonen, men ein effekt som stig jamt frå om lag klokka 6 og fram til 12. Eit anna hushald som skil seg ut er hushald D som får ein topp klokka 8, men etter dette tidspunktet minkar forbruket utover dagen, før det byrjar å stabilisere seg på om lag 1,3 kW ved 16-17 tida.



Figur 16 Gjennomsnittleg totalforbruk over døgnet, alle dagar, hos hushald C, D, E, F, G og H.

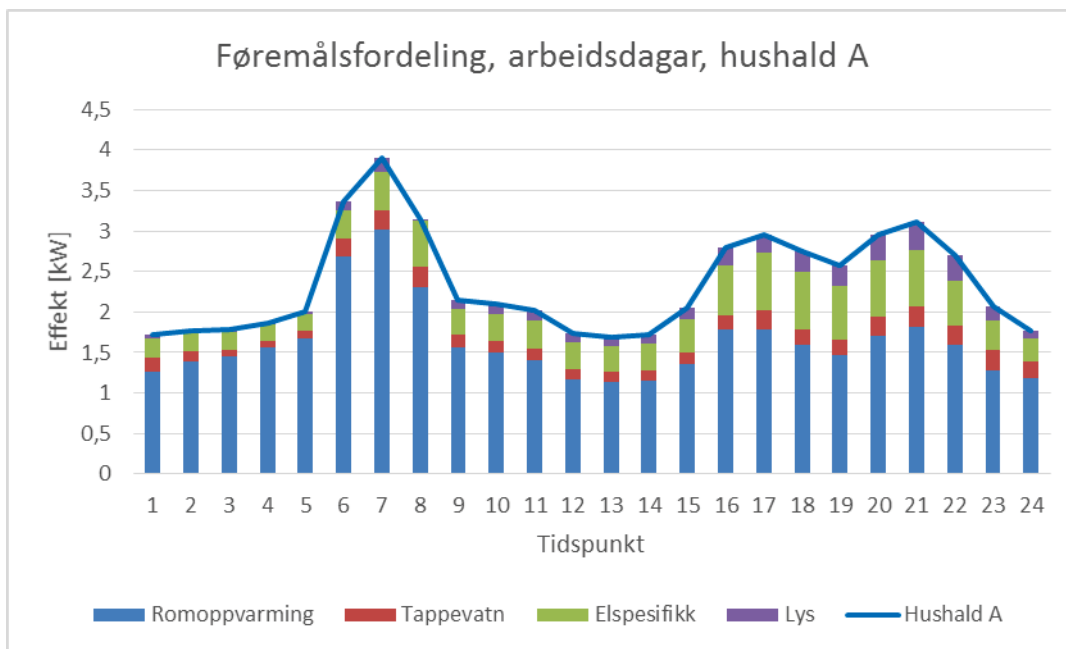
4.2 Effektförbruk för installasjon av varmepumpe

Dette kapittelet går inn på føremålsfordelinga hos hushalda A som berre har panelomn og hushald G som har både panelomn og vedfyring. I kapittelet blir det synt korleis føremålsfordelinga er på arbeidsdagar, helgedagar og alle dagar, før varmepumpene er installert. Føremålsfordelinga er inndelt i romoppvarming (oppvarming av rom), tappevatn, elspesifikk (elspesifikk energibruk) og lyssetjing (lys). Her er det som forklart i metode kapittelet brukt føremålsfordelingar basert på ei litterær kjelde og ikkje faktiske målingar av fordelinga til dei to hushalda. Figurane i dette kapittelet representerer difor ikkje dei verkelege føremålsfordelingane, men representerer teoretiske fordelingar av forbruket. Denne delen av resultatet kjem inn på den andre underproblemstillinga som går på å finne ut korleis føremålsfordelinga mellom oppvarming av rom, oppvarming av tappevatn, elspesifikk energibruk og lyssetjing er i eit hushald.

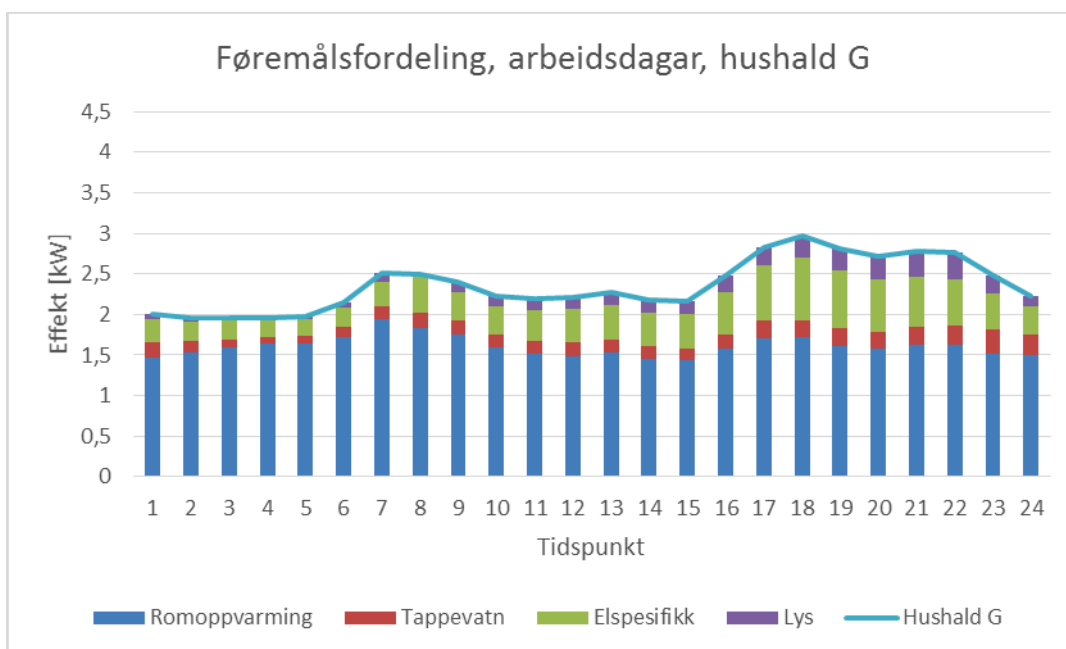
4.2.1 Arbeidsdagar

På arbeidsdagar er forbruket til lyssetjing lågt om natta, men aukar klokka 6-7 om morgonen når folk står opp, sjå figur 17 og 18. Frå klokka 9 og fram til 15 held forbruket til lyssetjing seg tilnærma konstant, deretter aukar forbruket utover ettermiddagen og kvelden ettersom sola går ned og det blir mørkare. Det same skjer med det elspesifikke forbruket. Forbruket til tappevatn held seg tilnærma konstant over døgnet, men er noko høgare mellom klokka 6-8 om morgonen og frå klokka 16-17 og utover ettermiddagen og kvelden. Romoppvarming er høgst

om morgonen når folk står opp og lågast midt på dagen, når folk ikkje er heime og behovet for oppvarming er mindre. Forbruket over døgnet på arbeidsdagar hos hushald G held seg mindre variabelt enn hos hushald A. Mellom anna er skilnaden i forbruket om morgonen og føremiddagen mykje større hos hushald A enn hos hushald B.



Figur 17 Føremålsfordeling over døgnet på arbeidsdagar hos hushald A.

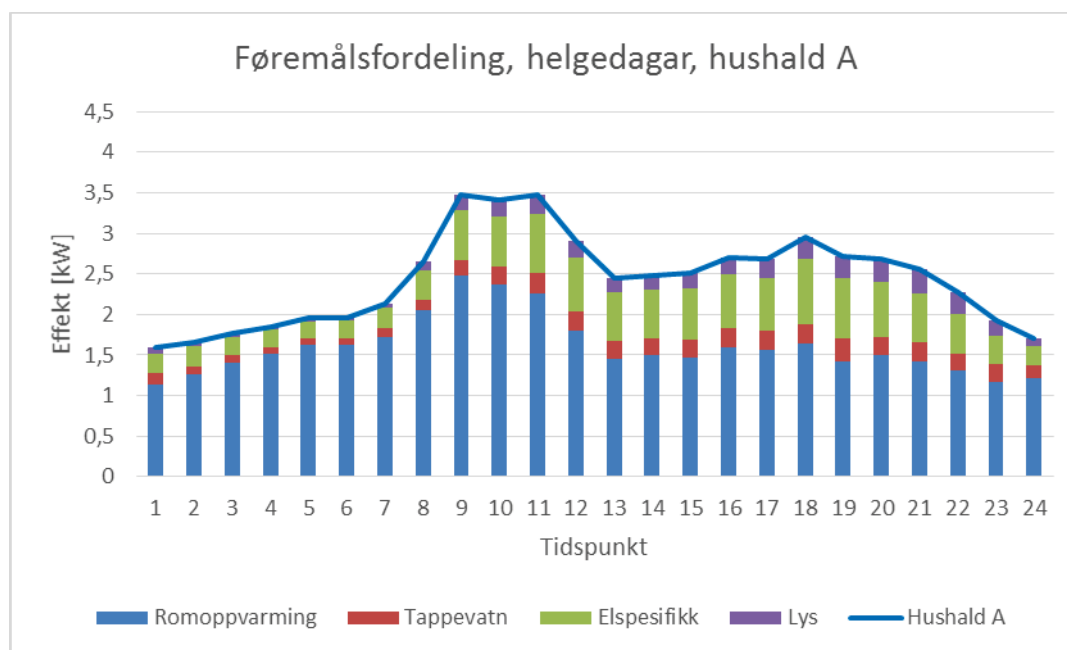


Figur 18 Føremålsfordeling over døgnet på arbeidsdagar hos hushald G.

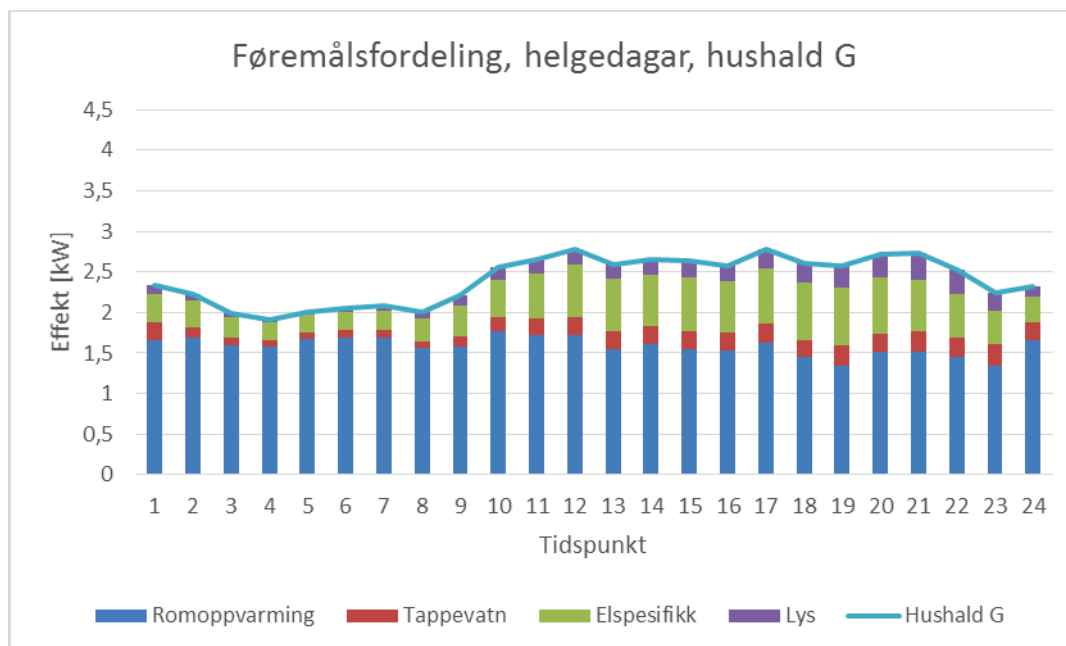
4.2.2 Helgedagar

Føremålsfordelinga på helgedagar syner at forbruket til romoppvarming er høgst om morgonen mellom klokka 9-11 hos hushald A, sjå figur 19. Det elspesifikke forbruket er høgst frå klokka 9 om morgonen og fram til 21 om kvelden. Forbruket til tappevatn og lyssetjing følgjer den same fordelinga, der forbruket er lågast om natta, mellom klokka 1-7, deretter held forbruket seg høvesvis stabilt frå klokka 9 og fram til klokka 22-23. Forbruket til lyssetjing er høgast om ettermiddagen og kvelden mellom klokka 17-22. Hos hushald B er forbruket til romoppvarming høgst mellom klokka 10-12, mens det elspesifikke forbruket er høgst i tidsrommet frå klokka 11 og fram til 21 om kvelden, sjå figur 20. Forbruket til tappevatn er høgst mellom klokka 10 og 24, mens lyssetjing er høgst mellom klokka 10 og 22.

På helgedagar er forbruket til hushald A høgst om morgonen mellom klokka 9-11 som tyder på at personane som bur der står opp seinare på helgedagar enn på arbeidsdagar. Forbruket på føremiddagen mellom klokka 12-15 er høgare på helgedagar enn på arbeidsdagar, dette kjem truleg av at personane som bur der held seg heime og difor brukar meir oppvarming, elspesifikk forbruk og lyssetjing enn på arbeidsdagar når personane er på skule og/eller arbeid. Hushald G har eit meir stabilt forbruk over døgnet på helgedagar enn hushald A. Dette kan vere på grunn av vedfyring som ikkje er teke med i figurane.



Figur 19 Føremålsfordeling over døgnet på helgedagar hos hushald A.

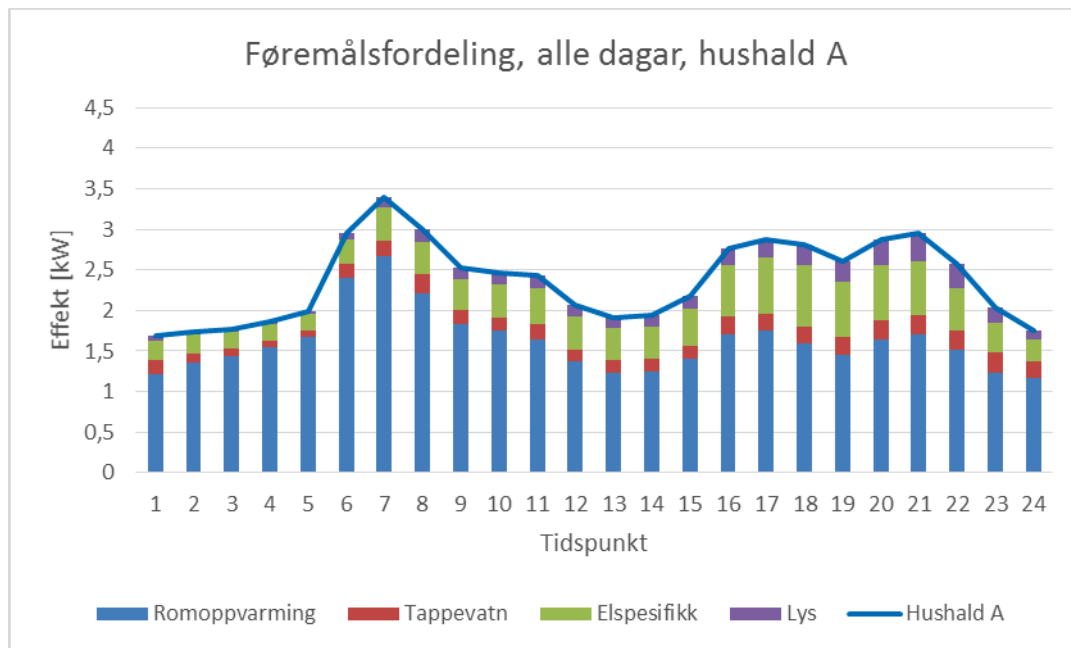


Figur 20 Føremålsfordeling over døgnet på helgedagar hos hushald G.

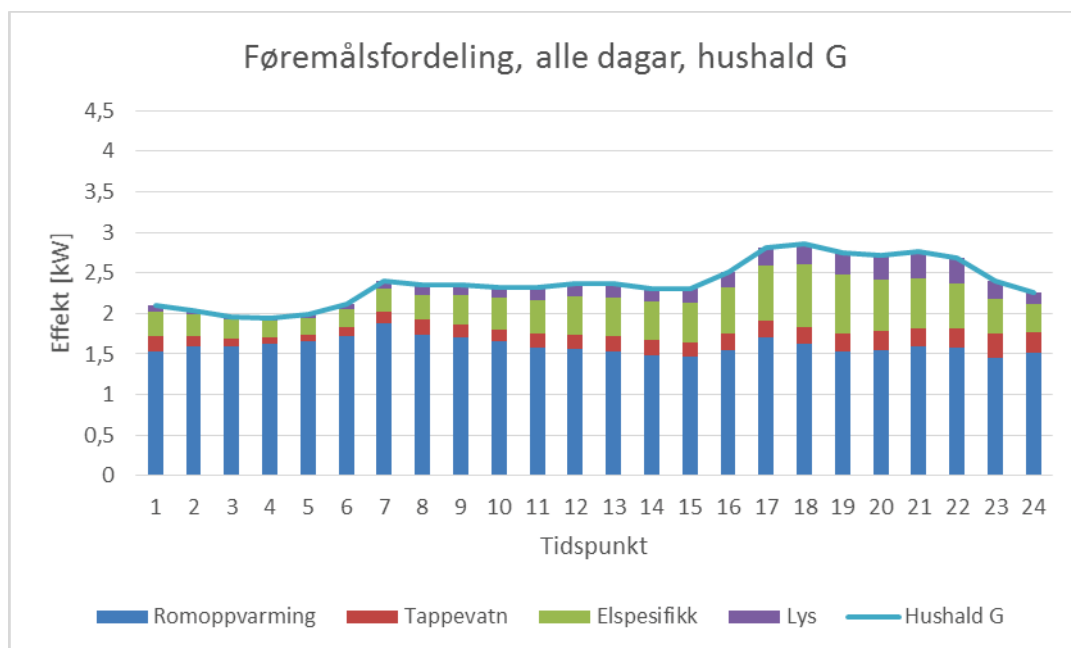
4.2.3 Alle dagar

Fordelinga i figur 21 syner at forbruket til romoppvarming hos hushald A er høgst om morgonen og lågast på føremiddagen. Forbruket til tappevatn er jamt over døgnet, men er lågast om natta når bebruarane ligg og søv eller morgonen før dei står opp. Utover ettermiddagen og kvelden, mellom klokka 16 og 22, stig forbruket til lyssetjing fram til at bebruarane byrjar å legge seg for å sove. Forbruket til lyssetjing er lågast om natta. Det elspesifikke forbruket er lågast om natta og byrjar å stige heilt i frå når bebruarane står opp om morgonen, ved 6-7 tida, og fram til klokka 21-22 når dei byrjar å gå og legge seg om kvelden.

Hos hushald G endrar forbruket til romoppvarming seg lite over døgnet, sjå figur 22. Det elspesifikke forbruket er høgst om ettermiddagen/kvelden mellom klokka 17-22 og lågast om natta mellom klokka 1 til 6 om morgonen. Forbruket til lyssetjing og tappevatn følgjer det same mønsteret som det elspesifikke forbruket.



Figur 21 Føremålsfordeling over døgnet, alle dagar, hos hushald A.



Figur 22 Føremålsfordeling over døgnet, alle dagar, hos hushald G.

4.3 Dimensjonering av varmepumpe

Dette kapittelet inneheld informasjon om resultat frå dimensjonering av varmepumpene som er basert på bestemte spesifikasjonar i høve til varmeeffektdekning og verknadsgrad (årsvarmefaktor) for varmepumpene. Både luft-vatn- og luft-luft varmepumpene er dimensjonert med 60 % varmeeffektdekning og ein årsvarmefaktor lik 2 (SPF = 2). Kravet

som vart lagt til grunn for varmepumpene var at dei skulle kunne dekkje om lag 70-90 % av det årlege totalforbruket til oppvarming.

Det er forventa at varmepumpene blir brukt så mykje som mogleg, det vil sei at varmepumpene erstattar bruk av alle andre oppvarmingskjelder fram til at behovet for oppvarming er høgare enn det varmepumpa klarar å dekkje. Når oppvarmingsbehovet blir for høgt, vil andre oppvarmingskjelder bli brukt for å dekkje spisslasta. Tabellane under inneheld informasjon om spesifikasjonane til dei to varmepumpene. Energidekningsgraden for luft-vatn varmepumpa er ulik dekningsgraden for luft-luft varmepumpa ettersom dei dekkjer ulik storleik av varmeforbruket. Energidekningsgraden for luft-vatn varmepumpa tilsvarar energidekninga av det årlege totalforbruket til oppvarming som inkluderer både oppvarming av rom og oppvarming av tappevatn, mens energidekningsgraden for luft-luft varmepumpa tilsvarar energidekninga av det årlege forbruket til romoppvarming (oppvarming av rom).

Tabell 2 - Spesifikasjonar for luft-vatn varmepumpe				
Hushald	Varmeeffektdekning	Energidekning*	SPF	Maksimal effekt
A	60 %	91,43 %	2	4,25 kW
G	60 %	80,18 %	2	3,98 kW

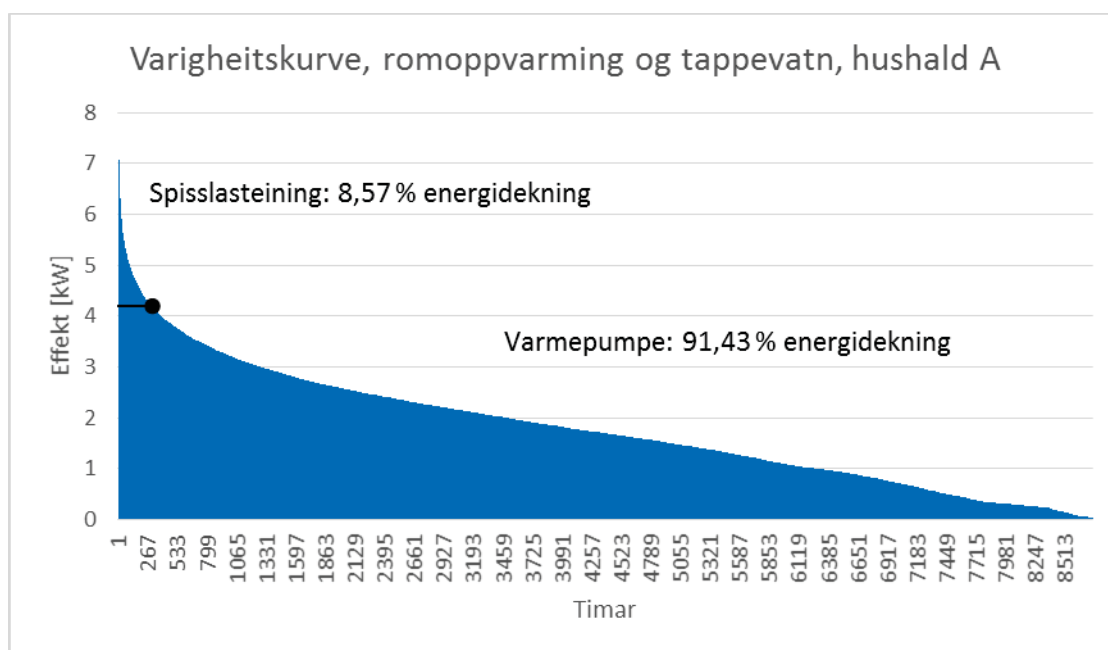
* Energidekning av det årlege totalforbruket til oppvarming (romoppvarming og tappevatn)

Tabell 3 - Spesifikasjonar for luft-luft varmepumpe				
Hushald	Varmeeffektdekning	Energidekning**	SPF	Maksimal effekt
A	60 %	92,00 %	2	3,92 kW
G	60 %	80,35 %	2	3,62 kW

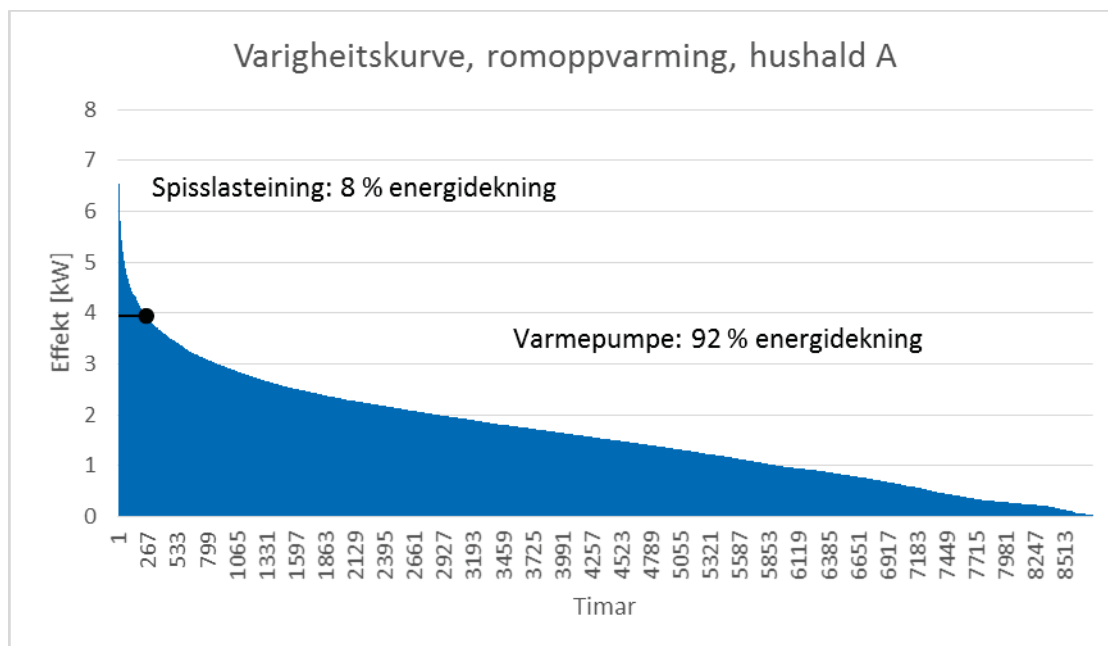
** Energidekning av det årlege totalforbruket til romoppvarming

Figur 23 og 24 syner to varigheitskurver for hushald A, der figur 23 syner det totale forbruket til oppvarming og figur 24 syner forbruket til romoppvarming. I figur 23 er det totale forbruket til oppvarming av rom og tappevatn for kvar time over heile året sortert frå høgste til lågaste verdi. Denne kurva syner altså kor mange timar i året effektforbruket til oppvarming av rom og tappevatn er over eller under ein gitt effekt. Ettersom luft-vatn varmepumpa hos hushald A har ein maksimal effekt på 4,25 kW, representert av den svarte streken i figuren, vil det sei at varmepumpa kan dekkje den delen av effektforbruket som er likt eller lågare enn den maksimale effekten. Alt forbruket som er likt eller lågare enn den maksimale effekten utgjer då den energimengda som varmepumpa kan dekkje og er det som blir kalla energidekning i figuren.

Den høyeste totale varmeeffekten er på om lag 7 kW, mens for romoppvarming er den høyeste effekten på om lag 6,5 kW. Skilnaden på størrelsen på effekten mellom kurvene skyldes at den totale varmeeffekten består av effekten til både romoppvarming og tappevatn lagt sammen. Effekten til romoppvarming består bare av effekten til oppvarming av rom og ikke effekten til tappevatn. Formålet til disse kurvene er å visualisere energidekningsgraden til varmepumpene. Ettersom luft-vatn varmepumpe dekker forbruket til oppvarming av rom og tappevatn, viser figur 23 kor mye av det totale varmeforbruket varmepumpe dekker, mens figur 24 viser kor mye luft-luft varmepumpe dekker av forbruket til romoppvarming.

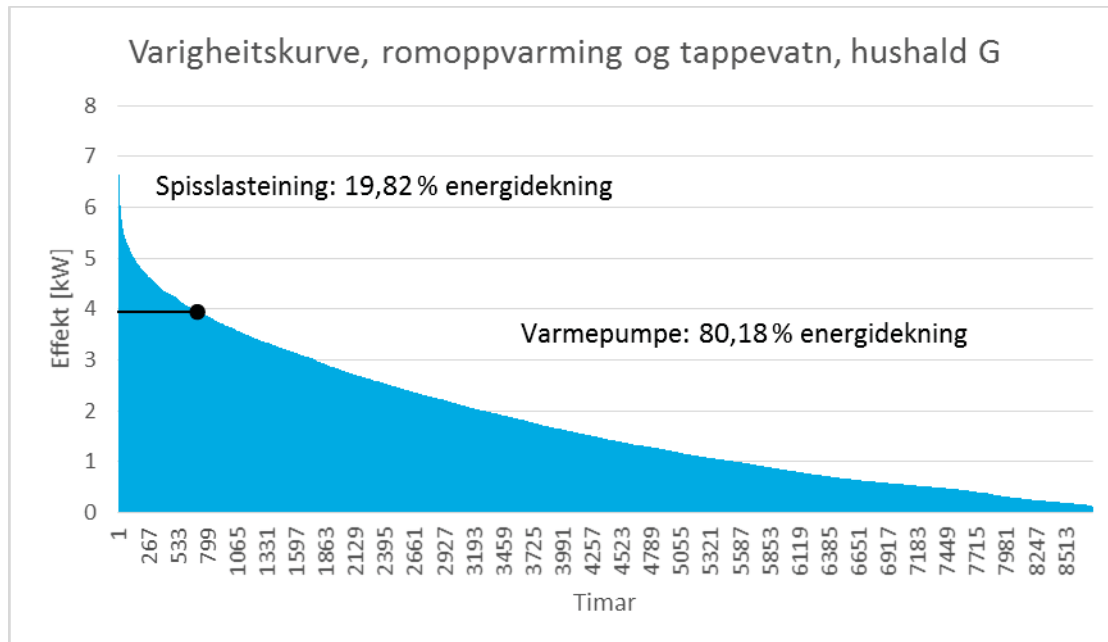


Figur 23 Varighetskurve for romoppvarming og tappevatn hos hushold A med energidekning for spisslasteining og varmepumpe.

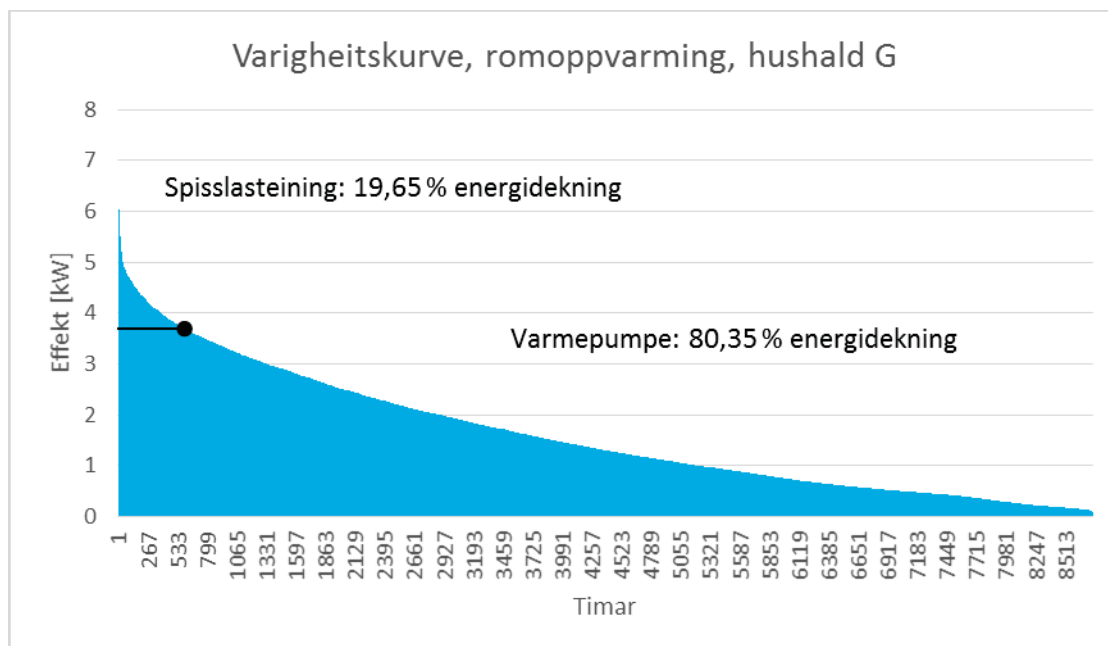


Figur 24 Varigheitskurve for romoppvarming hos hushald A med energidekning for spisslasteining og varmpumpe.

Varigheitskurvene for hushald G er synt i figur 25 og 26. Den høgste varmeeffekten hos hushald G er på om lag 6,63 kW, mens den høgste effekten til romoppvarming er på om lag 6 kW.



Figur 25 Varigheitskurve for romoppvarming og tappevatn hos hushald G med energidekning for spisslasteining og varmpumpe.



Figur 26 Varigheitskurve for romoppvarming hos hushald A med energidekning for spisslasteining og varmpumpe.

4.4 Effektförbruk etter installasjon av varmpumpe

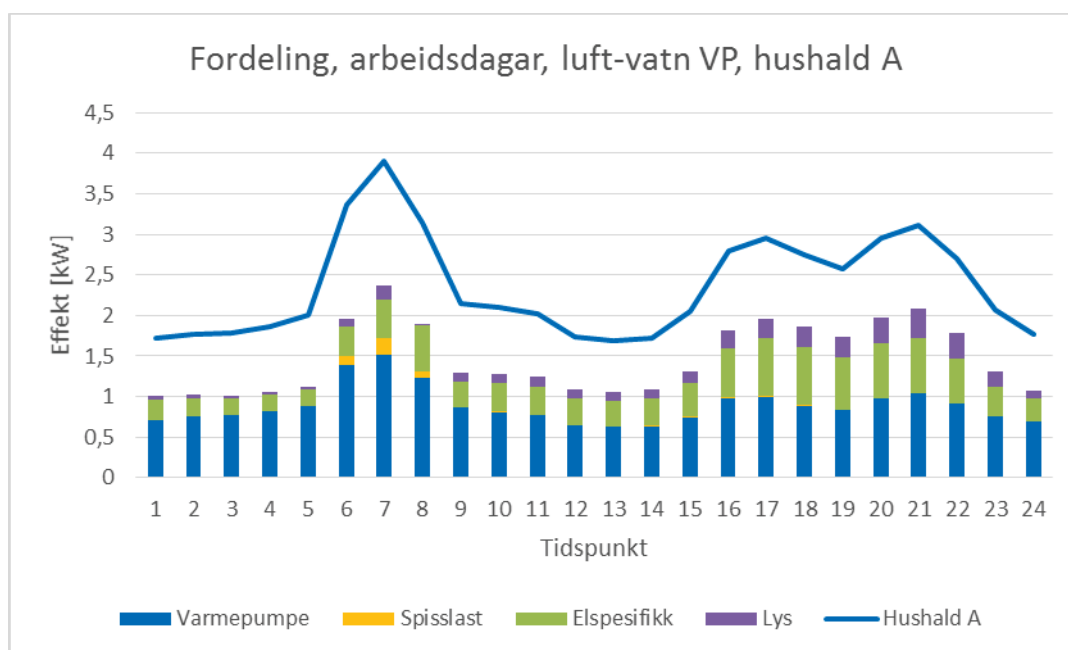
Dette kapitlet syner resultatane av føremålsfordelingane etter installasjon av varmpumpene. I figurane i dette kapitlet er uttrykka romoppvarming og tappevatn erstatta av varmpumpe og spisslast. Varmepumpe utgjer forbruk til oppvarming av rom og tappevatn i figurane som syner fordelinga med luft-vatn varmpumpe, mens i figurane som syner fordelinga med luft-luft varmpumpe utgjer varmpumpe den delen av forbruket til oppvarming av rom som blir dekkja av varmpumpa. Spisslast utgjer den delen av forbruket til oppvarming av rom som blir dekkja av panelomnar.

Dei blå linjene i figurane syner det totale effektförbruket utan varmpumpe, mens søylene under syner effektförbruket og føremålsfordelingane med varmpumpe, sjå til dømes figur 27. Forbruket til lyssetjing (lys) og elspesifikk energiförbruk (elspesifikk) vil ikkje bli påverka av installasjonen av varmpumper, difor vil forbruket til desse føremåla vere slik det var før installasjon av varmpumpe.

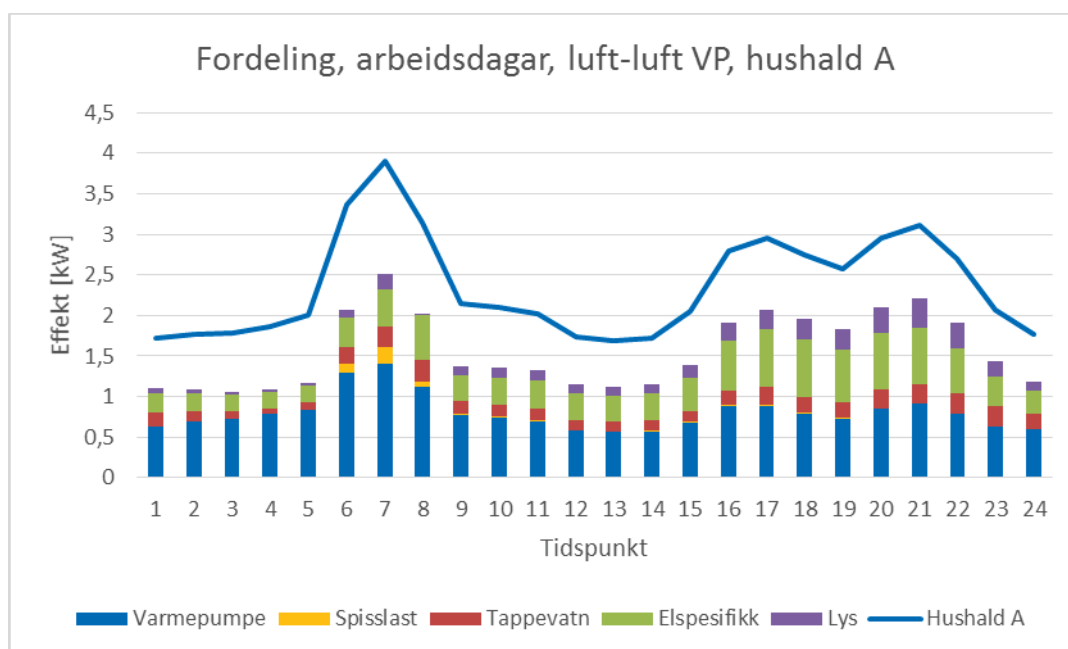
Kapitlet legg grunnlaget for å finne svar på den tredje underproblemstillinga som går ut på å finne ut korleis installasjon av ei luft-vatn varmpumpe og ei luft-luft varmpumpe vil kunne påverka effektförbruket til eit hushald med panelomn og eit hushald med vedfyring og panelomn på ulike tider av døgnet og ulike dagar i veka.

4.4.1 Arbeidsdagar

Den nye fordelinga på arbeidsdagar etter installasjon av varmepumpe, fører til eit lågt forbruk av spisslast. Dei timane på døgnet det vil vere høgst effektforbruk til spisslast er i morgontimane mellom klokka 6-8 når forbruket er høgst. Det totale forbruket blir lågast ved bruk av luft-vatn varmepumpe. Luft-vatn varmepumpa har eit høgare forbruk enn luft-luft varmepumpa, men ettersom luft-vatn varmepumpa kan dekkje eit høgare effektbehov enn luft-luft varmepumpa, blir det totale forbruket lågare ved bruk av luft-vatn varmepumpe, sjå figur 27 og 28.

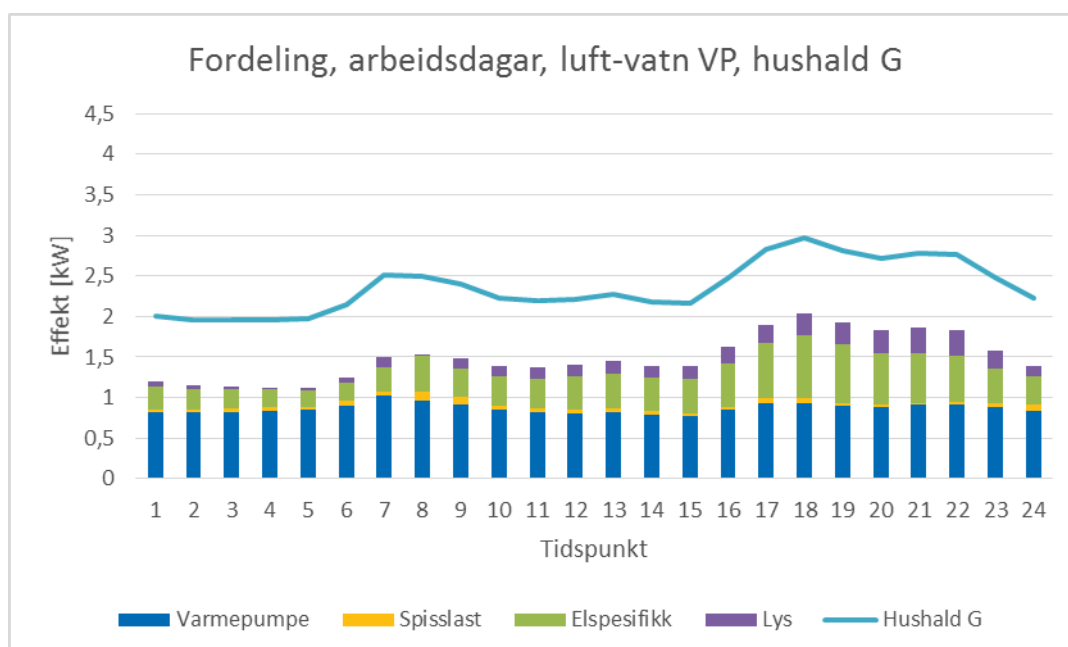


Figur 27 Fordeling på arbeidsdagar hos hushald A etter installasjon av luft-vatn varmepumpe. Den blå linja «hushald A» syner effektforbruket utan varmepumpe.

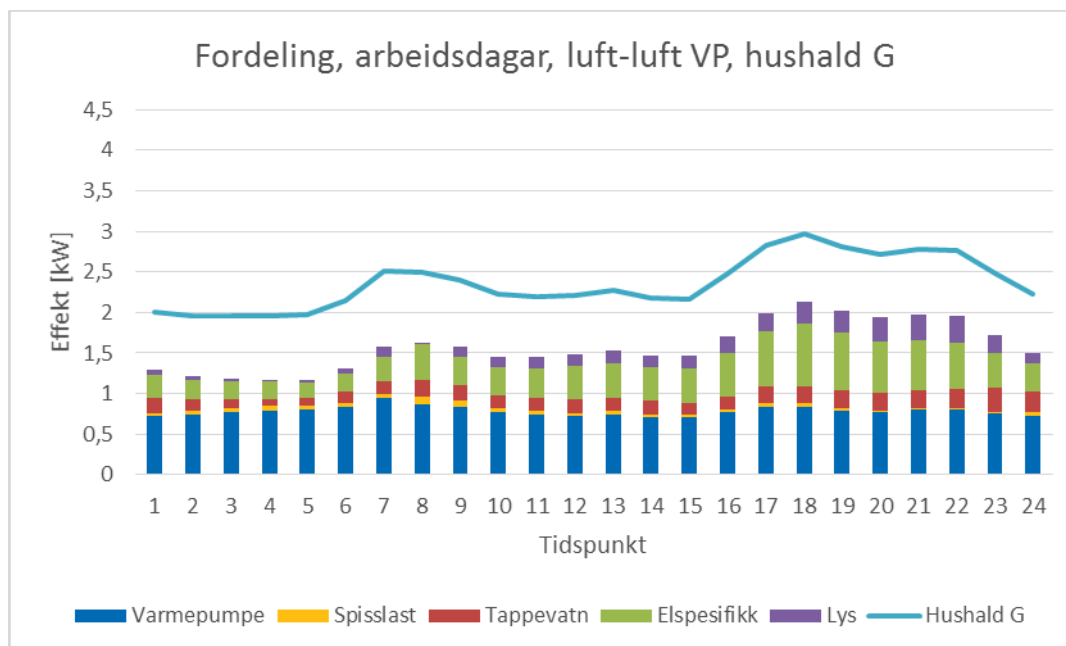


Figur 28 Fordeling på arbeidsdagar hos hushald A etter installasjon av luft-luft varmepumpe. Den blå linja «hushald A» syner effektforbruket utan varmepumpe.

Hushald G vil bruke meir spisslast over døgnet enn hushald A både ved bruk av luft-luft- og luft-vatn varmepumpe. Unntaket er om morgontimane mellom klokka 6-7. I likskap med hushald A får hushald G eit litt lågare forbruk over døgnet ved bruk av luft-vatn varmepumpe enn ved luft-luft varmepumpe, sjå figur 29 og 30.



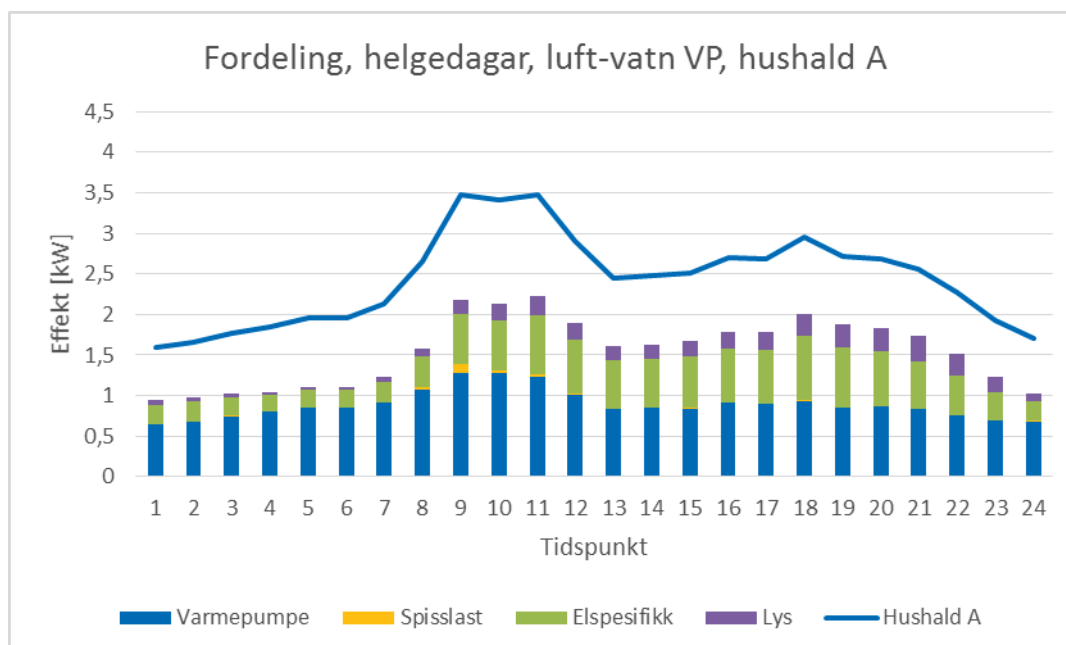
Figur 29 Fordeling på arbeidsdagar hos hushald G etter installasjon av luft-vatn varmepumpe. Den blå linja «hushald G» syner effektforbruket utan varmepumpe.



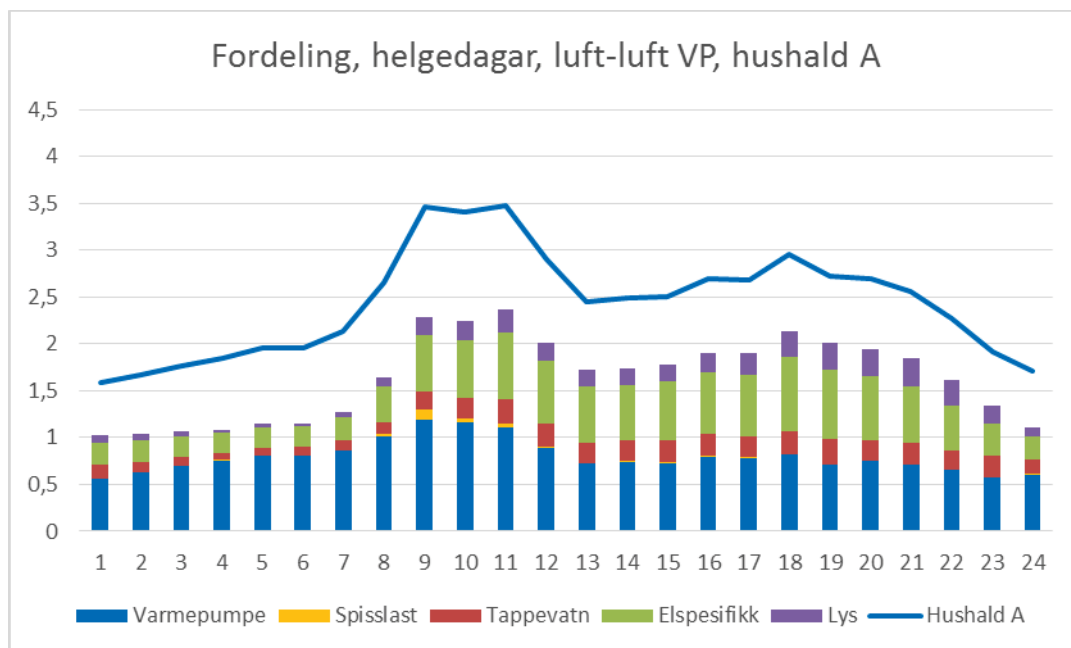
Figur 30 Fordeling på arbeidsdagar hos hushald G etter installasjon av luft-luft varmepumpe. Den blå linja «hushald G» syner effektforbruket utan varmepumpe.

4.4.2 Helgedagar

På helgedagar hos hushald A blir forbruket til spisslast høgst mellom klokka 8-11 og held seg lågt over resten av døgnet, sjå figur 31 og 32. Tida mellom klokka 8-11 er også dei timane der forbruket til varmepumpene blir høgst.

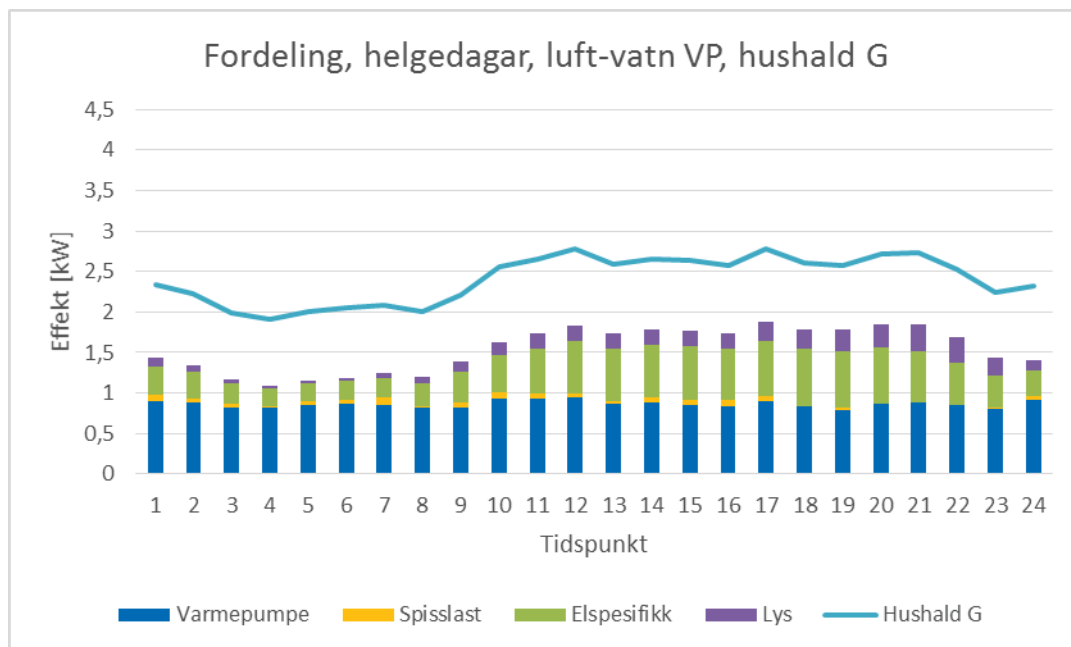


Figur 31 Fordeling på helgedagar hos hushald A etter installasjon av luft-vatn varmepumpe. Den blå linja «hushald A» syner effektforbruket utan varmepumpe.

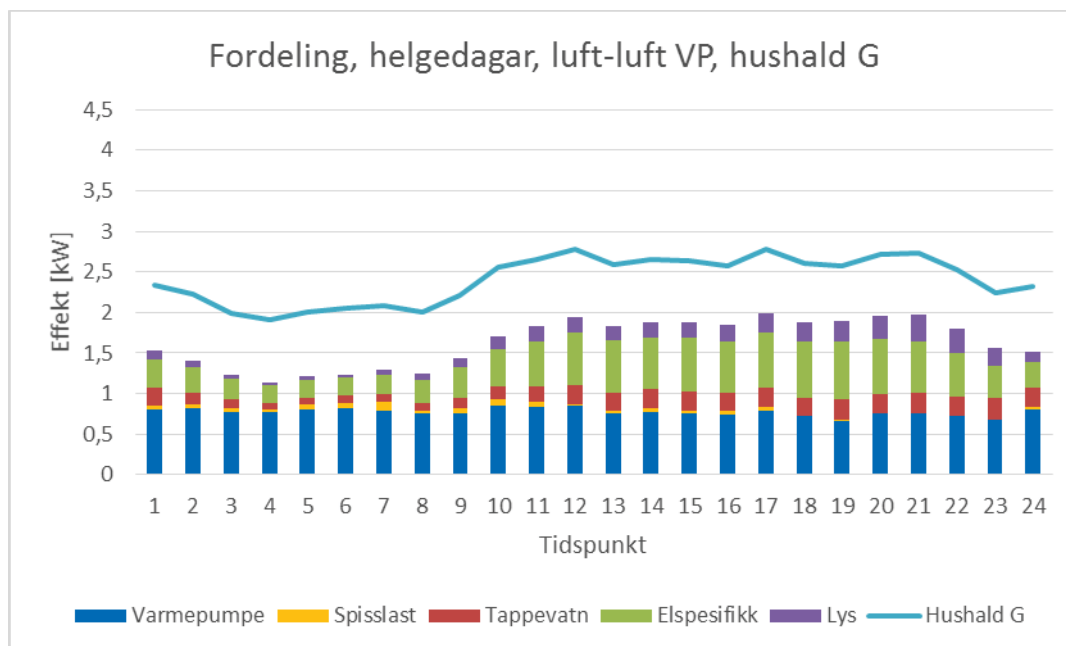


Figur 32 Fordeling på helgedagar hos hushald A etter installasjon av luft-luft varmepumpe. Den blå linja «hushald A» syner effektforbruket utan varmepumpe.

Hos hushald G blir forbruket til spisslast høgst klokka 7 om morgonen og lågast om kvelden mellom klokka 20-22, sjå figur 33 og 34. Forbruket til varmepumpene blir høgst mellom klokka 10-12 og lågast klokka 4 og 8 om morgonen.



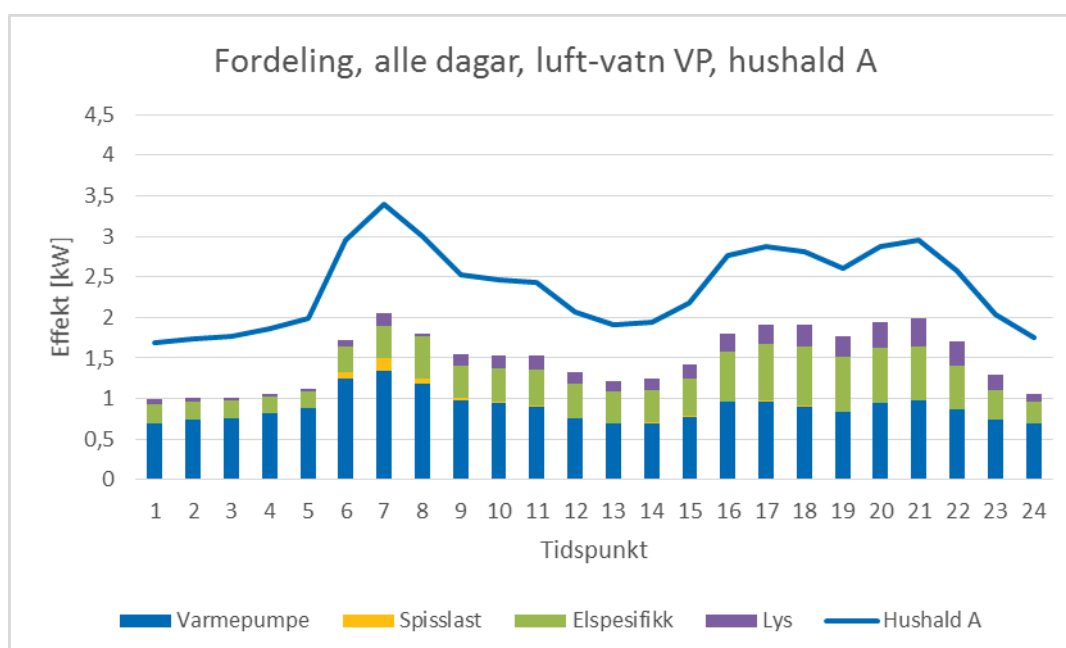
Figur 33 Fordeling på helgedagar hos hushald G etter installasjon av luft-vatn varmepumpe. Den blå linja «hushald G» syner effektforbruket utan varmepumpe.



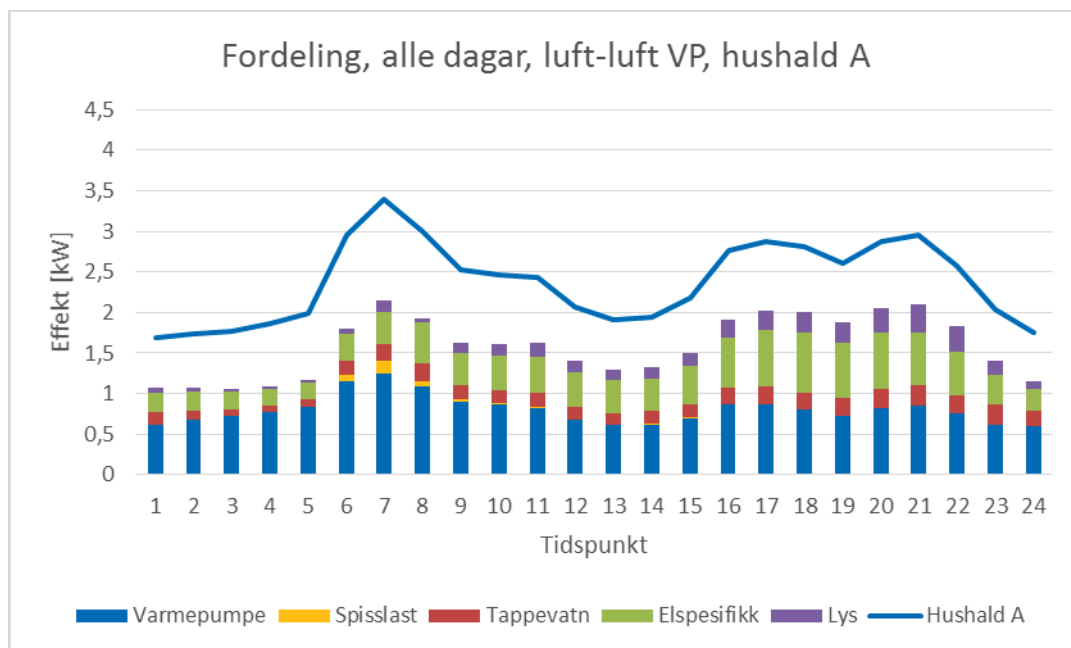
Figur 34 Fordeling på helgedagar hos hushald G etter installasjon av luft-luft varmepumpe. Den blå linja «hushald G» syner effektforbruket utan varmepumpe.

4.4.3 Alle dagar

Forbruket til spisslast alle dagar følgjer det same mønsteret som forbruket på arbeidsdagar med høgst forbruk mellom klokka 6-8 og lågt forbruk over resten av døgnet, sjå figur 35 og 36. Det same gjeld for forbruket til varmepumpene som har høgst forbruk mellom klokka 6-8 og lågast forbruk mellom klokka 12-14 om dagen og mellom klokka 24-5 om natta/morgonen.

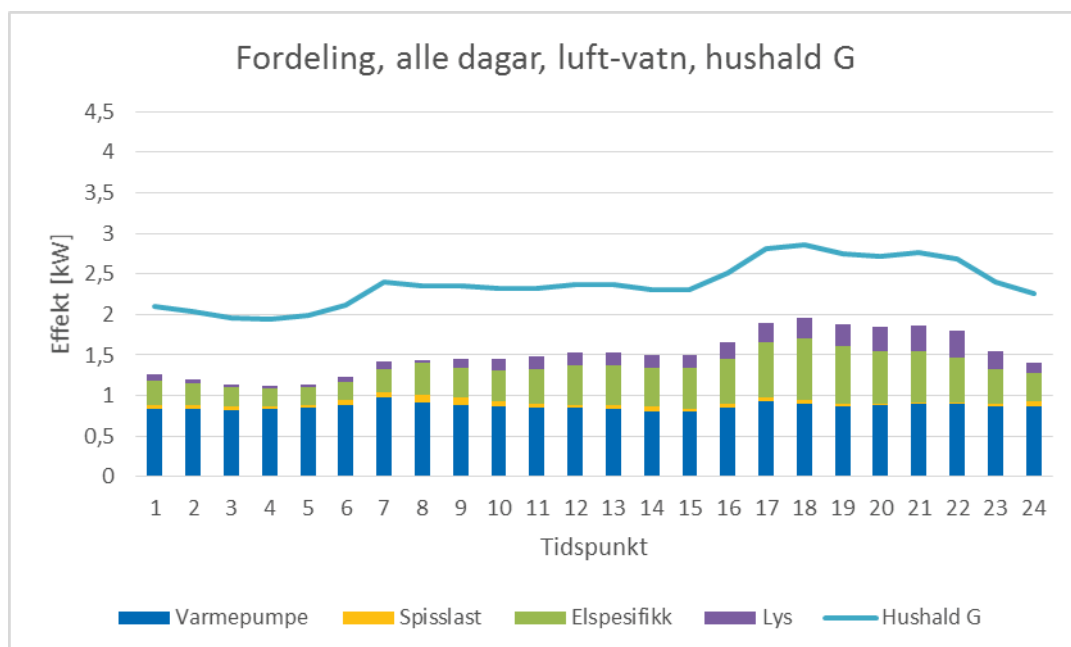


Figur 35 Fordeling, alle dagar, hos hushald A etter installasjon av luft-vatn varmepumpe. Den blå linja «hushald A» syner effektforbruket utan varmepumpe.

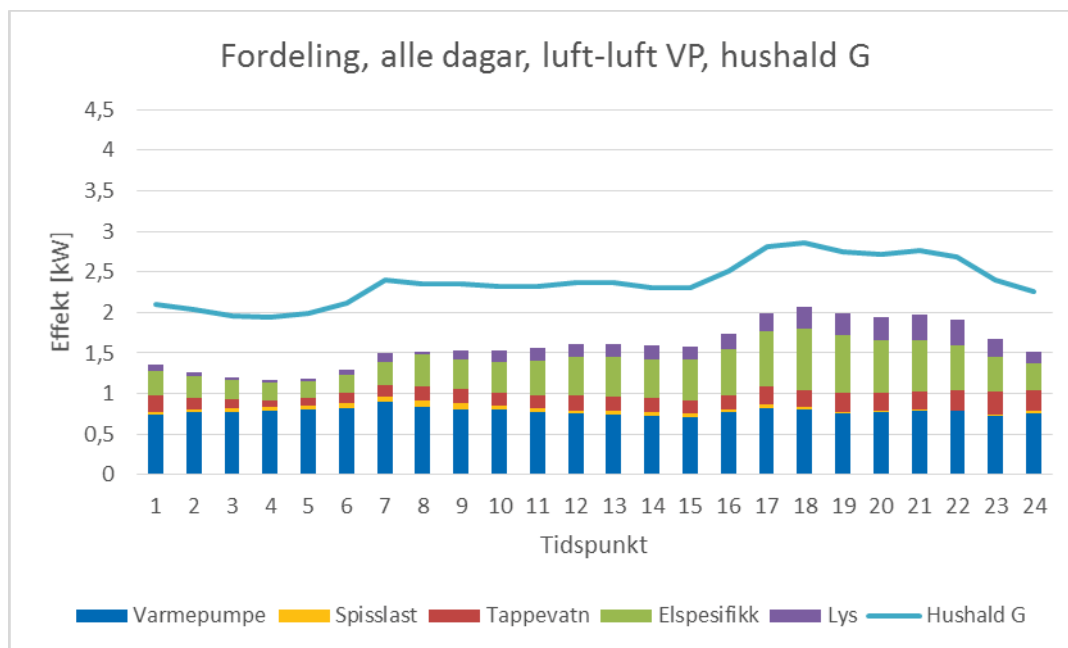


Figur 36 Fordeling, alle dager, hos hushald A etter installasjon av luft-luft varmepumpe. Den blå linja «hushald A» syner effektforbruket utan varmepumpe.

Hos hushald G vil forbruket til spisslast halde seg jamt over døgnet, men blir høgst mellom klokka 8-9 om morgonen, sjå figur 37 og 38. Det lågaste forbruket til spisslast blir om kvelden mellom klokka 19-23. Forbruket til varmepumpene blir høgst klokka 7 om morgonen og klokka 17 om ettermiddagen, mens forbruket blir lågast om natta og midt på dagen.



Figur 37 Fordeling, alle dager, hos hushald G etter installasjon av luft-vatn varmepumpe. Den blå linja «hushald G» syner effektforbruket utan varmepumpe.

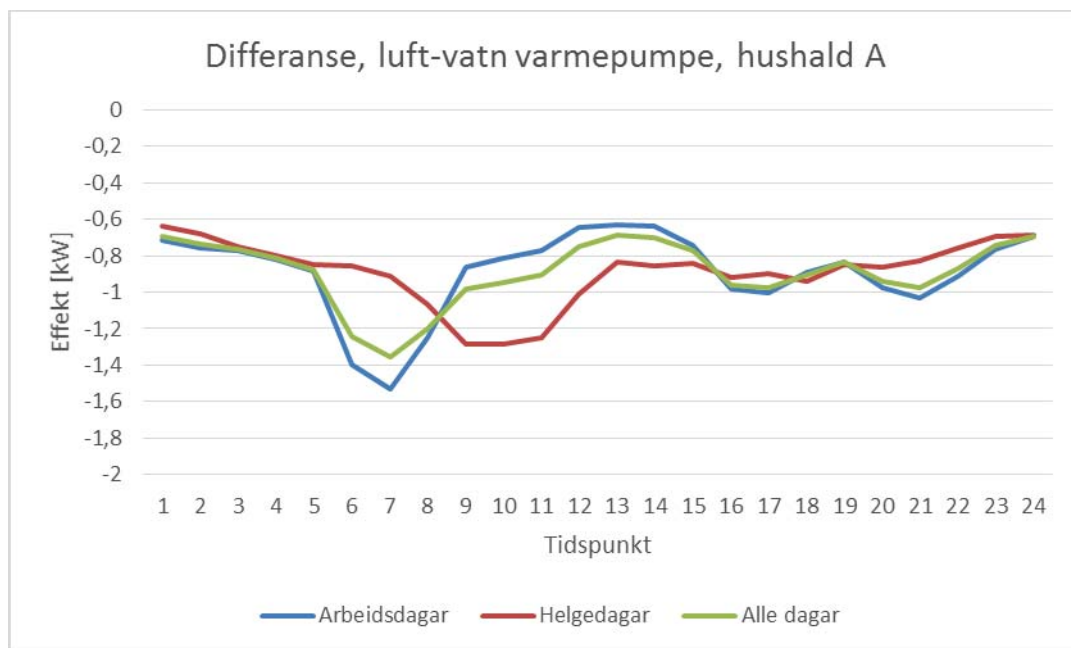


Figur 38 Fordeling, alle dagar, hos hushald G etter installasjon av luft-luft varmepumpe. Den blå linja «hushald G» syner effektforbruket utan varmepumpe.

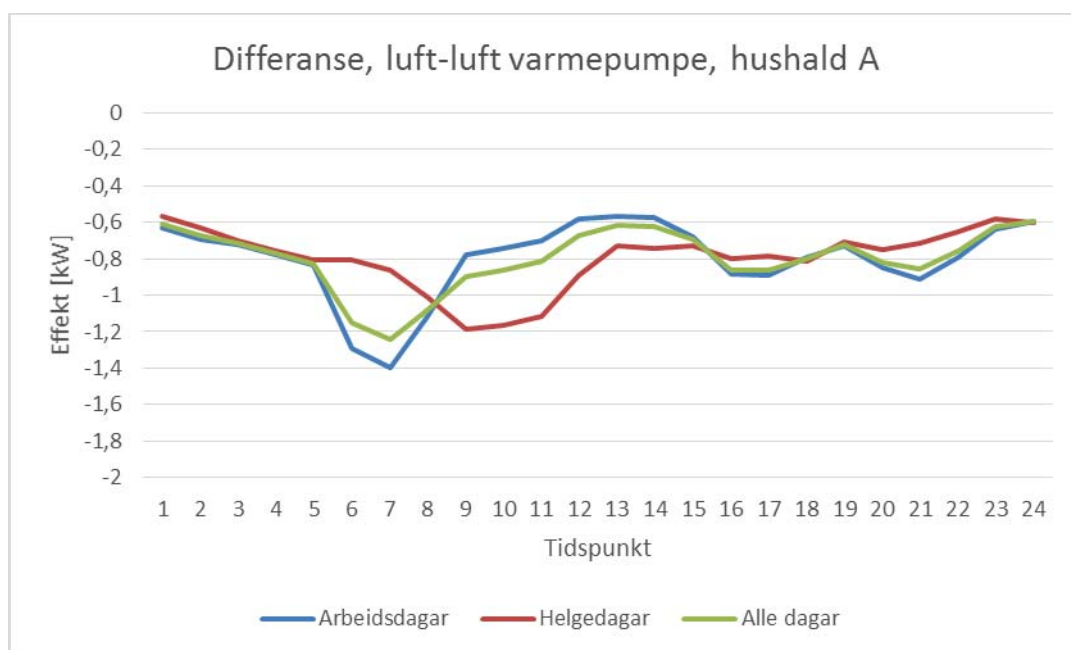
4.5 Differansen i effektforbruket

Det siste kapittelet tek føre seg endringane i det totale effektforbruket før og etter installasjon av varmepumpe. Figurane syner kor stor differansen er mellom det totale effektforbruket før og etter installasjon av varmepumpe. For at figurane skulle bli muleg å lese måtte skalaen på y-aksen som målar effekten bli endra. Den nye skalaen er negativ og går frå 0 kW til -2 kW. Dei fire første figurane syner differansen i forbruket på arbeidsdagar, helgedagar og alle dagar hos dei to hushalda.

På arbeidsdagar hos hushald A blir differansen i forbruket mellom før og etter installasjon av varmepumpe størst klokka 7, når forbruket er høgst. Den minste differansen er mellom klokka 12 og 14, då differansen blir om lag -0,63 kW ved installasjon av luft-vatn varmepumpa og om lag -0,56 kW ved installasjon av luft-luft varmepumpa. På helgedagar blir differansen i forbruket størst mellom klokka 9-11 om morgonen og minst seint om kvelden mellom klokka 23-24 og om mellom klokka 1-4 om natta/morgonen. Kurva for alle dagar syner at forbruket blir størst om morgonen mellom klokka 6-8 og minst ved 13-14 tida, sjå figur 39 og 40.



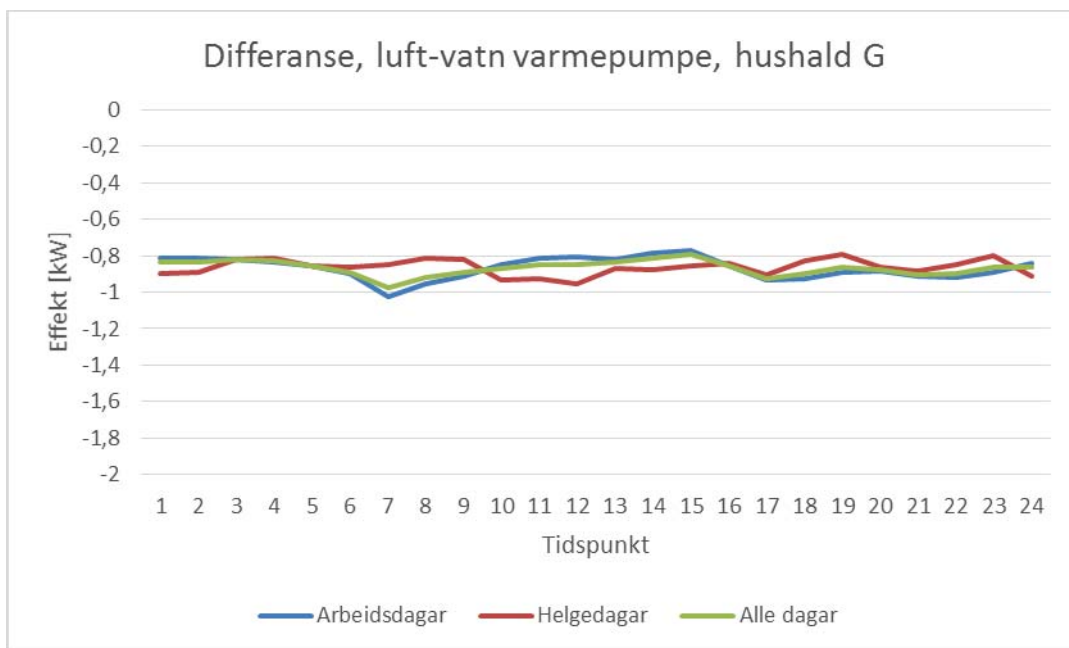
Figur 39 Differansen mellom det totale effektforbruket før og etter installasjon av luft-vatn varmepumpe hos hushald A.



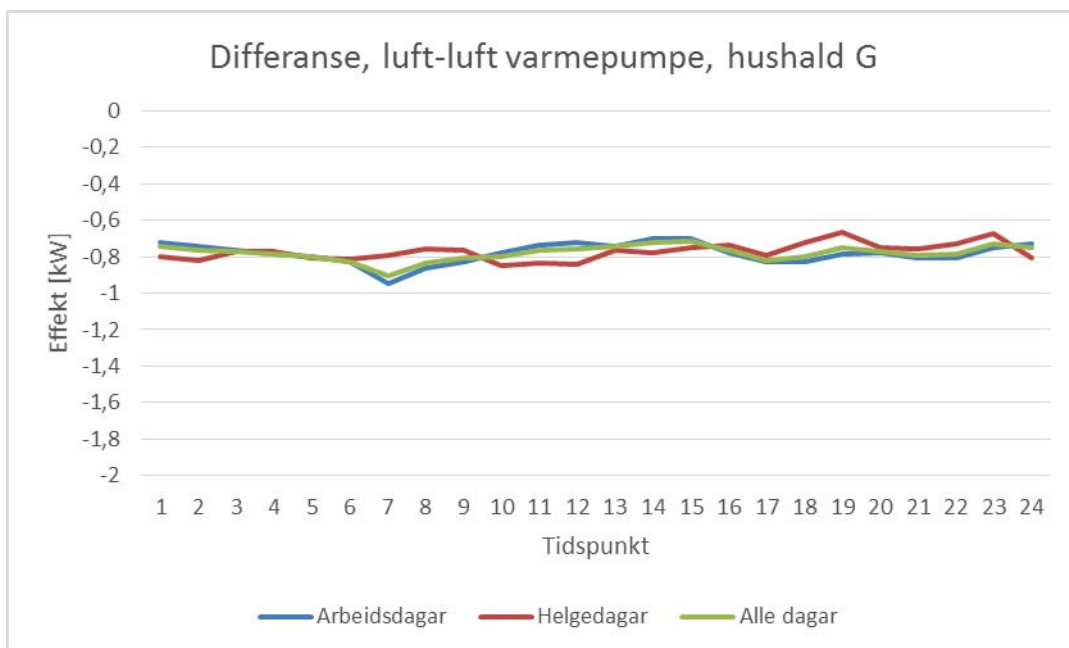
Figur 40 Differansen mellom det totale effektforbruket før og etter installasjon av luft-luft varmepumpe hos hushald A.

Hos hushald G blir differansen i forbruket før og etter installasjon av varmepumpe mindre enn for hushald A. Årsaka til dette kan vere på grunn av at det er lite endringar i forbruket over døgnet på helgedagar hos hushald G. På arbeidsdagar blir differansen størst om morgonen mellom klokka 7-8 mens differansen blir minst mellom klokka 11-15, sjå figur 41 og 42. Differansen i forbruket på helgedagar blir størst mellom klokka 10-12 og minst mellom

klokka 3-4, 8-9, og ved tidspunkta klokka 19 og 23. På alle dagar blir differansen størst om morgonen klokka 8 og klokka 17 om ettermiddagen, mens differansen blir minst klokka 15.



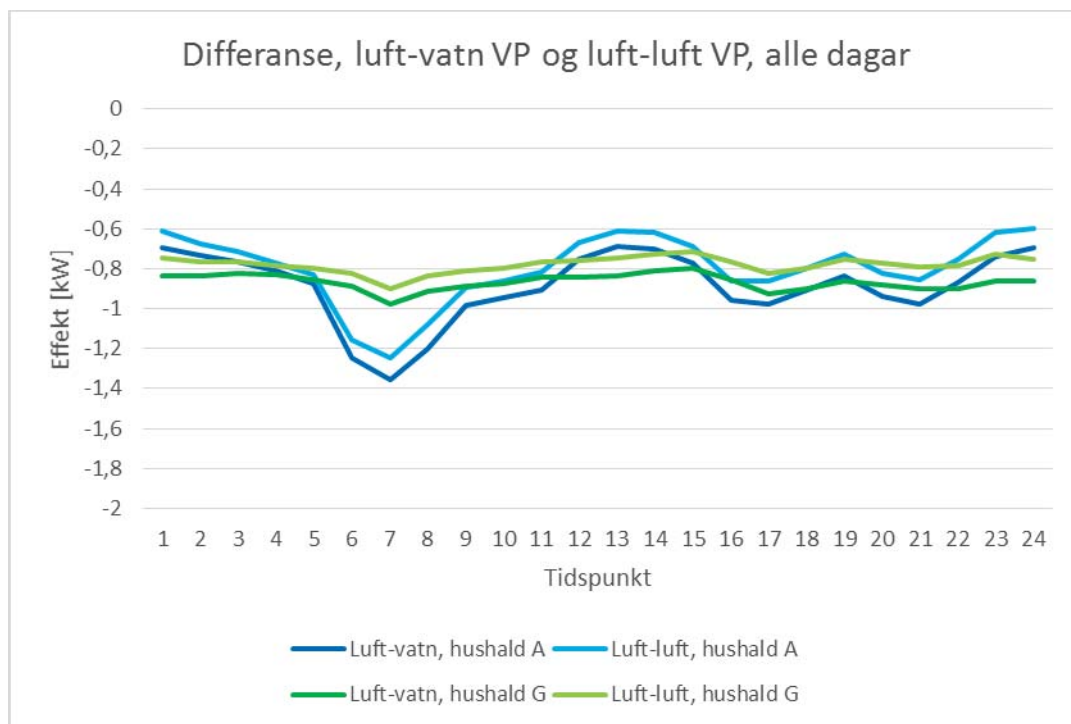
Figur 41 Differansen mellom det totale effektforbruket før og etter installasjon av luft-vatn varmepumpe hos hushald G.



Figur 42 Differansen mellom det totale effektforbruket før og etter installasjon av luft-luft varmepumpe hos hushald G.

Den siste figuren gir ei oppsummering av det som vart funne i dette kapittelet, sjå figur 43. Figuren syner differansen i forbruket mellom før og etter installasjon av varmepumpe på alle dagar. Den største differansen i forbruket er klokka 7 om morgonen både for hushald A og G. Differansen i forbruket hos hushald A er minst mellom klokka 13-14 og mellom klokka 23-1

som er dei tidspunkta på døgnet der hushald A har lågast forbruk. Hos hushald G er differansen minst på dagtid mellom klokka 11-15 og mellom klokka 1-4 om natta.



Figur 43 Differansen mellom forbruket før og etter installasjon av varmepumper hos hushald A og G, alle dagar.

5 Diskusjon

5.1 Datagrunnlaget

Resultata frå datagrunnlaget syner at effektforbruket over døgnet til hushalda med panelomn endrar seg meir enn forbruket til hushalda med vedfyring og panelomn. Ei årsak til dette kan vere at vedfyring gjer forbruket hos hushalda med vedfyring og panelomn er meir stabilt.

Dette forbruket kjem ikkje fram i figurane ettersom dette forbruket ikkje er elektrisk.

Oppvarming utgjer ein stor del av forbruket og ettersom hushalda med vedfyring kan dekkje effektbehovet til oppvarming av rom med vedfyring i staden for panelomnar, blir det ikkje så høge effekttoppar som hos hushalda som berre har panelomn.

Forbruksmønsteret over døgnet hos hushald med panelomn liknar det forbruksmønsteret ein finn hos hushalda med vedfyring og panelomn. På arbeidsdagar har begge typene hushald dei høgste forbrukstoppane om morgonen mellom klokka 6-8. Dette stemmer med resultata i rapporten til Zimmermann. Den andre forbrukstoppen kjem om ettermiddagen mellom klokka 16-21. Liknande resultat vart funne i rapporten til Sæle og Feilberg der effekttoppen i deira rapport oppsto i tidsrommet mellom klokka 17-22. Det som verkar å ha mest påverknad på forbruksmønsteret er åtferda til bebruarane og kva dei gjer til ulike tider av døgnet. Hushalda har lågast forbruk om natta uavhengig av type hushald ettersom behovet blir lågare når bebruarane søv. Forbruket er også lågt på dagtid på arbeidsdagar på grunn av at bebruarane som oftast ikkje er heime, men på skule og/eller arbeid. På helgedagar er forbruket på føremiddagen og midt på dagen høgare enn på arbeidsdagar, noko som skuldast at bebruarane er heime og at effektbehovet på desse tidspunkta på døgnet blir større.

5.2 Føremålsfordelinga

Når det gjeld føremålsfordelinga før installasjon av varmpumpe, syner resultata at forbruket til tappevatn er om lag konstant over døgnet. Generelt er forbruket til lyssetjing lågast om natta og om føremiddagen. Dette kjem av at dei som bur der er på skule og/eller arbeid, dei er ikkje heime og treng difor ikkje å bruke lys i hushaldet. Om ettermiddagen og kvelden er forbruket til lyssetjing høgare på grunn av at det blir meir behov for lys ettersom lyset frå sola blir borte etter kvart som den går ned.

Forbruket til oppvarming er høgst om morgonen når folk står opp. Dette kjem truleg av at behovet for oppvarming er lågt om natta når bebruarane søv. Når dei står opp om morgonen blir behovet for oppvarming større og sidan effektforbruket får ei rask stiging som i lag med ei auke i forbruket til elspesifikk energibruk og lyssetjing, fører til ein høg effekttopp om

morgonen. Forbruket til oppvarming er nest høgst om ettermiddagen og kvelden. Forklaringa på dette er at folk kjem heim frå skule og/eller arbeid og difor stig behovet for oppvarming. Ei anna forklaring er at det samstundes blir kaldare om kvelden ettersom sola går ned, noko som kan påverke temperaturen inne avhengig av hushaldet.

Det som kjenneteiknar fordelinga på helgedagar er at forbruket til elspesifikk energibruk held seg meir stabilt frå når bebruarane står opp om morgonen og til dei legg seg om kvelden. Det same gjeld for forbruket til lyssetjing. Dette skjer på grunn av at folk held seg heime på helgedagane og skilnaden i forbruket time frå time blir difor mindre. Seint på kvelden og om natta blir forbruket til alle føremåla redusert ettersom bebruarane har eit lågare effektbehov om natta. Det at hushald G ikkje får ein høg effekttopp om morgonen slik hushald A får kan komme av at det manglar forbruket til vedfyring. Dersom forbruket til vedfyring hadde vore inkludert ville det truleg vore meir forbruk til oppvarming, særleg om morgonen og om ettermiddagen når det er størst effektbehov.

5.3 Installasjon av varmepumpe

Installasjon av varmepumpe hos hushald A og G resulterte i at forbruket til oppvarming vart redusert over heile døgnet. Den største skilnaden i forbruket mellom før og etter installasjon av varmepumpe blir ved installasjon av luft-vatn varmepumpe. Årsaka til dette er at luft-vatn varmepumpa dekkjer eit større oppvarmingsforbruk enn luft-luft varmepumpa. Ettersom begge varmepumpene har en same verknadsgraden (SPF), blir difor forbruket mest redusert ved bruk av luft-vatn varmepumpe. Det vil også sei at luft-vatn varmepuma vil ha eit høgare effektforbruk enn luft-luft varmepumpa.

Differansen mellom forbruket før og etter installasjon av varmepumpe blir hos hushald A størst om morgonen klokka 7. Forklaringa på dette er truleg at dette var det tidspunktet på døgnet der forbruket var høgst før installasjon av varmepumpe. Det var difor størst reduksjonspotensial på dette tidspunktet. Dette resultatet kunne vore annleis dersom det hadde vore brukt ein verknadsgrad som endra seg time for time. Akkurat det same gjeld for tidspunktet når differansen i forbruket før og etter ville bli minst, mellom klokka 11-15.

5.4 Feilkjelder

Ei svakheit til resultata i denne oppgåva er at mengda data og analysen av berre to hushald gjer det vanskelege å generalisere ettersom utvalet er lite i høve til andre liknande undersøkingar. Eit større tal målingar frå fleire hushald ville kunne gjort dataa mindre usikre og redusert påverknaden av til dømes feilmålingar i datasetta. I tillegg er det berre målingar

frå ein periode på eitt år og frå hushald på ein bestemt del av landet, noko som gjer det vanskeleg å vurdere om målingane er representative. Målingar over ein periode på fleire år og frå hushald i ulike delar av landet ville kunne gjort resultata sikrare og meir representative for fleire hushald.

Når det gjeld feilmålingar i datasetta og handteringa av desse er det muleg at både dei feilmålingane som vart handtert og dei som ikkje vart handtert har påverka resultatet av oppgåva. Det er usikkert i kor stor grad desse målingane har påverka oppgåva ettersom talet på feilmålingar varierte frå hushald til hushald. Måten feilmålingane vart handtert var heller ikkje sikkert ei god løysing på problemet som feilmålingane skapte, med ekstremt høge målingar på enkelte tidspunkt og ei rekkje målingar der det ikkje vart registrert noko forbruk. Eit alternativ hadde vore å erstatte feilmålingane med andre verdiar, til dømes frå same dag i veka før. Ved å erstatte feilmålingane med ein konstant gjennomsnittsverdi avhengig av kvart enkelt tilfelle vil på nokre tidspunkt føre til at forbruket vart høgare enn det eigentleg var og på andre tidspunkt føre til eit lågare forbruk enn det verkelege forbruket.

I utgangspunktet skulle forbruket til vedfyring vere ein del av oppgåva, men på grunn av mangel på data om kva for tidspunkt på døgnet hushalda brukte å fyre med ved og kor mykje ved bebuarane brukte til ulike tidspunkt vart det for mykje usikkerheit knytt til dei dataa om vedfyring som var tilgjengelege. Vedfyring blir hovudsakleg brukt mest om vinteren og det er difor muleg at effektforbruket om vinteren til hushalda med vedfyring eigentleg var mykje høgare enn det som kjem fram av resultata. Ei følgje av dette er at føremålsfordelinga som vart brukt på hushaldet med vedfyring (hushald G) passar endå dårlegare fordi det manglar ein del av forbruket til oppvarming av rom. Resultata for hushalda med vedfyring blir difor meir usikre enn om forbruket til vedfyring hadde vore inkludert.

Den eine svakheita til føresetnadane er at det er brukt ein årsverknadsgrad (SPF) lik 2. I verkelegheita vil verknadsgraden til ei varmepumpe endre seg med temperaturen på varmekjelda. Når verknadsgraden (COP) blir satt til ein konstant verdi vil det sei at verknadsgraden til varmepumpene ikkje endrar seg med lufttemperaturen eller andre forhold, men held seg konstant kvar time gjennom heile året. Dette gjer at verknadsgraden til varmepumpene blir for høg ved låg utetemperatur på dei kaldaste dagane om vinteren og for låg ved høg utetemperatur. Følgjene av dette er at resultata blir meir usikre. Dersom det hadde vore brukt ein COP for kvar veke eller kvar time som til dømes følgde endringar i middeltemperaturen, ville resultata vore mindre usikre, men på grunn av mangel på data om korleis COP endrar seg med svingingar i temperatur vart det brukt ein verknadsgrad for heile

året. Ei slik tilnærming ville også vore mykje meir tidkrevjande ettersom verknadsgraden då måtte blitt rekna ut for kvar time.

Ei anna feilkjelde er at varmepumpene ikkje ville kunne fordele varmen like godt. Ei luft-vatn varmepumpe kan fordele varmen via eit vassbåre varmefordelingssystem noko som gjer den i stand til å transportere varmen meir effektivt enn ei luft-luft varmepumpe som er avhengig av store opne rom for å kunne fordele varmen effektivt. I tillegg kan energidekningsgraden til varmepumpene vere urealistiske i høve til korleis romma i hushalda er strukturert. Det er ikkje alle hushald som har ein struktur som gjer det godt eigna for å ha luft-luft varmepumpe eller luft-vatn varmepumpe.

Føremålsfordelinga som er brukt på hushald A og G er ei føremålsfordeling basert på data frå hushald som brukar elektrisitet til oppvarming. Dette gjer fordelinga eigna for hushald A som berre har panelovn som brukar elektrisitet, men for hushald G kan det hende at fordelinga ikkje passar like bra ettersom hushald G også har vedfyring. Det kan difor hende at hushald G har eit større effektforbruk til oppvarming av rom enn det som er reelt. Eit anna problem med føremålsfordelinga er at det er brukt ei fordeling på alle arbeidsdagane og ei fordeling på alle helgedagane gjennom året. Hadde fordelingane vore reelle ville dei endra seg frå dag til dag og spesielt frå årstid til årstid på grunn av endring i faktorar som åtferda til bebruarane. Resultatet av dette er mellom anna at andelen av forbruket til romoppvarming har truleg vorte for stor om sommaren og for liten om vinteren.

Oppgåva tek ikkje høgde for kjøling ved bruk av varmepumpene. Dersom varmepumpene ville blir brukt til kjøling om sommaren, kunne forbruket vore annleis enn det som vart funne i resultatet. Kjøling ville kunne auke effektforbruket, særskild om sommaren når utetemperaturen er høg og behovet for kjøling aukar, men det er usikkert kor mykje forbruket til kjøling ville kunne utgjere av det totale effektforbruket. I tillegg tek ikkje oppgåva omsyn til rebound-effektar. Det kan hende at installasjon av varmepumpe fører til at bebruarane ønskjer å varme opp fleire rom eller ein større del av hushaldet, eller at dei ønskjer å auke temperaturen inne over det nivået som dei brukte å ha før hushalda fekk varmepumpe. Slike tilfelle vil i nokre tilfelle føre til at forbruket mellom før og etter blir uendra, men at bebruarane då får auka komfort med høgare temperatur eller fleire rom som blir varma opp enn før.

5.5 Forbetringar av oppgåva

Det som kunne vore gjort for at oppgåva skulle bli betre hadde mellom anna vore å bruke ein verknadsgrad (COP) til varmpumpene som endra seg frå time til time, frå døgn til døgn eller frå veke til veke og at den til dømes hadde vore avhengig av middeltemperaturen ute. På grunn av at det ikkje var nok informasjon tilgjengeleg for å implementere verknadsgraden på ein slik måte vart det ikkje aktuelt å bruke i denne oppgåva.

Ein annan ting som kunne vore gjort betre eller annleis hadde vore å brukt forbruket til dei komponentane som utgjer den elspesifikke energibruken. Dette ville gjort føremålsfordelinga meir detaljert og ein kunne då brukt dataa frå spørjeskjemaet om eigarskap til dei ulike komponentane, slik at ein då kunne fjerna forbruket til dei enkelte komponentane i hushald der dei til dømes ikkje hadde tørketrommel, mikrobølgjeovn osv. Grunnen til at dette ikkje vart gjort var på grunn av tidsbruk til å samle inn informasjon om kor mykje dei enkelte apparata brukar og med omsyn på tidsbruk i forbindelse med arbeidet med figurane.

Til slutt kunne det vore teke med eit scenario som såg på verknadar av kjøling og rebound-effektar. Igjen vart ikkje dette inkludert i oppgåva på grunn av tidsbruk og for lite data og informasjon om verknadar av dette.

6 Konklusjon

Analysen av målingane syner at effektforbruket over døgnet til hushalda med panelomn har høgare effekttoppar enn hushalda med vedfyring og panelomn. Dette skuldast truleg at forbruket til panelomnane i hushalda med vedfyring og panelomn brukar vedfyring til å dekkje ein del av oppvarmingsbehovet og det blir difor mindre effektforbruk til panelomnane. Vedfyringa påverkar målingane av effektforbruket ved at effektforbruket til panelomnane blir redusert. Det som skil dei to typene hushald mest er kor stor mengde effekt dei brukar, elles er forbruksmønsteret til hushalda like ved at dei i gjennomsnitt over året har to forbrukstoppar over døgnet. Ein topp om morgonen mellom klokka 6-8 og ein om ettermiddagen mellom klokka 17-22. Effektbehovet på føremiddagen og midt på dagen i helgane er større enn på arbeidsdagane på grunn av at effektbehovet stig når bebruarane er heime.

Føremålsfordelinga syner at effektforbruket til tappevatn er om lag konstant over døgnet. Forbruket til lyssetjing er lågast om natta, når bebruarane søv og om føremiddagen når bebruarane ikkje er heime. Det høgste forbruket til lyssetjing er om kvelden når lyset frå sola blir borte etter kvart som sola går ned. Forbruket til oppvarming er høgst om morgonen og er med på å skape ein effekttopp om morgonen i lag med den raske auken i forbruket til lyssetjing, tappevatn og elspesifikk energibruk. På helgedagar er effektforbruket til elspesifikk energibruk om lag konstant over døgnet frå når bebruarane står opp og til det legg seg til å sove om kvelden.

Resultata frå installasjon av varmpumpe syner at effektforbruket over døgnet blir mest redusert ved bruk av luft-vatn varmpumpe på grunn av at den dekkjer ein større del av det totale forbruket. Luft-vatn varmpumpa kan dekkje delar av forbruket til både oppvarming av rom og tappevatn, mens luft-luft varmpumpa dekkjer berre delar av forbruket til oppvarming av rom. Den største reduksjonen i effektforbruket ved bruk av varmpumpe blir på dei tidspunkta på døgnet der forbruket er høgst og den minste reduksjonen blir når forbruket er lågast.

Det er knytt usikkerheit rundt fleire av føresetnadane i denne oppgåva. Den største svakheita til oppgåva er mengda data som vart analysert i oppgåva. På grunn av det låge talet på hushald som vart analysert er det vanskeleg å generalisere resultata frå denne oppgåva. Andre viktige feilkjelder er at det ikkje er teke omsyn til oppvarming ved bruk av vedfyring hos dei hushalda som har vedfyring og panelomn. Det er heller ikkje teke omsyn til påverknadar av

faktorar som bruk av varmepumpene til kjøling av hushalda og verknadar med omsyn til rebound-effektar.

Det som kunne gjort oppgåva betre hadde vore å brukt ein verknadsgrad til varmepumpene som endrar seg med utetemperatur, til dømes time for time. Oppgåva kunne også gått meir inn på effektforbruket til dei ulike komponentane som utgjør den elspesifikke energibruken. I tillegg kunne forbruk til kjøling og påverknadar som følgje av rebound-effektar vore teke med som ein del av oppgåva for å få meir realistiske resultat.

Resultata og metodane som har vore brukt i oppgåva er på grunn av mange føresetnadar og feilkjelder for mangelfulle til at det er muleg å trekkje noko endelege konklusjonar, men kan bli anbefalt å brukast som utgangspunkt for vidare arbeid.

7 Vidare arbeid

Det som kan gjerast vidare er til dømes å utvikle eit scenario for kjøling og eit scenario som tek omsyn til rebound-effektar. I tillegg er det muleg å undersøkje lønsemd og kostnadar knytt til installasjon av varmepumpene for til dømes å sjå om det løner seg å byte om frå å bruke panelomn som grunnlast til å bruke varmepumpe som grunnlast og panelomn eller vedfyring som spisslast. Det vil også vere muleg å studere det elspesifikke forbruket og bestemme denne delen av forbruket meir nøyaktig ved å bruke tal frå målingar av effektforbruket til ulike elektriske komponentar.

Litteraturliste

- Anon. (1997). *NS 4414:1997 Ved til brensel i husholdninger*.
- Anon. (2003). DIRECTIVE 2002/91/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. *Official Journal of the European Communities*, 46 (4): 65-91.
- Anon. (2014). *Forbrukerrådet: Den store varmepumpeguiden*. Tilgjengelig fra: <http://www.forbrukerradet.no/annet/tester-og-kj%C3%B8petips/produkter/den-store-varmepumpeguiden> (lest 01.05.2015).
- Bergesen, B., Groth, L. H., Langseth, B., Magnussen, I. H., Spilde, D. & Toutain, J. E. W. (2012). Energibruksrapporten 2012 - Energibruk i husholdninger, 2012:32. 72 s.
- Blom, P. & Uvsløkk, S. (2012). Bygg tett - og ventiler rett! *Prosjektrapport, Sintef Byggforsk*, 2012:98. 42 s.
- Byggningsenergidirektivet*. (Ukjend årstal). Tilgjengelig fra: <http://www.lavenergiprogrammet.no/relevant-eu-lovgivning/byggningsenergidirektivet-article1795-226.html> (lest 09.05.2015).
- Bøeng, A. C., Halvorsen, B. & Larsen, B. M. (2014). Kartlegging av oppvarmingsutstyr i husholdningene. *Notater Statistisk sentralbyrå*, 2014:45. 58 s.
- Dalen, H. M. & Larsen, B. M. (2009). Formålsfordeling av husholdningenes elektrisitetsforbruk i 2006. *Rapporter Statistisk Sentralbyrå*, 2009:34. 46 s.
- Dokka, T. H., Svensson, A., Wigenstad, T., Andresen, I., Simonsen, I. & Berg, T. F. (2011). Energibruk i bygninger. *SINTEF Byggforsk rapport*, 2011:76. 116 s.
- Energibruk i husholdningene, 2012*. (2014). Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/husenergi/hvert-3-aar/2014-07-14> (lest 28.04.2015).
- Enova. (2012). Enovas Byggstatistikk 2011. *Rapport Enovas Byggstatistikk*. 51 s.
- Ericson, T. (2006). Direct load control of residential water heaters. *Energy Policy*, 37 (9): 3502-3512.
- Ericson, T. & Halvorsen, B. (2008). Kortsiktige variasjoner i strømforbruket i alminnelig forsyning. *Statistisk sentralbyrå*, 2008:50. 61 s.
- Feilberg, N. & Grinden, B. (2008). Ny kunnskap om fordeling av strømforbruket. *Xergi*, 48 (2): 12-13.
- Fooladi, E. & Isnes, A. (2009). *Varme og matlaging*. Tilgjengelig fra: <http://www.naturfag.no/artikkel/vis.html?tid=1227355> (lest 01.05.2015).

- Langseth, B., Everett, E. N. & Ingeberg, K. (2011). Hovedundersøkelse for elektrisitetsbruk i husholdningene. *Xrgia Analyse & Rådgivning rapport*, 2011:6. 27 s.
- Langseth, B., Magnussen, I. H. & Spilde, D. (2014). Energibruksrapporten 2013 - Fremtidens energibruk i bygninger. *Rapport Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)*, 2014:11. 54 s.
- Luft/luft-varmepumpe. (Ukjend årstal). Tilgjengelig fra:
<http://www.enova.no/radgivning/privat/rad-om-produkter-og-losninger/oppvarmingsalternativ/luftluft-varmepumpe-/112/0/> (lest 28.04.2015).
- Luft/vann-varmepumpe. (Ukjend årstal). Tilgjengelig fra:
<http://www.enova.no/radgivning/privat/rad-om-produkter-og-losninger/oppvarmingsalternativ/luftvann-varmepumpe/luftvann-varmepumpe-/113/135/> (lest 28.04.2015).
- Lundberg, N. H. (2014). *Oljekrisen 1973-74*: Store norske leksikon. Tilgjengelig fra:
https://snl.no/oljekrisen_1973%E2%80%9374 (lest 08.05.2015).
- NOU 2012:9. *Energiutredningen - verdiskaping, forsyningssikkerhet og miljø*. Oslo: Fagbokforlaget. 273 s.
- Pedersen, L. (2007). *Load modelling of buildings in mixed energy distribution systems*. Doktorgradsavhandling. Trondheim: Noregs teknisk-naturvitskaplege universitet (NTNU), Institutt for energi- og prosessteknikk. 250 s.
- Statnett. (2013). Nettutviklingsplan 2013. *Nettutviklingsplan*: Statnett. 114 s.
- Stene, J. (2000). *Varmepumper for oppvarming og kjøling av bygninger*. Tilgjengelig fra:
<http://www.ivt.ntnu.no/ept/fag/tep4120/innhold/Laboppgaver/Varmepumpe%20Notat%20J%20Stene.pdf> (lest 30.04.2015).
- Stene, J. (2010). *Varmepumper for oppvarming og kjøling av større bygninger*. *Varmepumpekurs for rådgivere - 2010*. 17 s.
- Sæle, H., Rosenberg, E. & Feilberg, N. (2010). State-of-the-art Projects for estimating the electricity end-use demand. *Electricity Demand Knowledge (EIDeK)*: SINTEF Energy Research. 86 s.
- Sæle, H. & Feilberg, N. (2013). End-use demand at Norwegian household customers. I: Trenev, G. & Bertoldi, P. (red.) *Proceedings of the 6th International Conference EEDAL'11 Energy Efficiency in Domestic Appliances and Lighting, EEDAL, Copenhagen, May 24-26, 2011*, s. 336-345: Publications Office of the European Union.
- Zimmermann, J. P. (2009). End-use metering campaign in 400 households in Sweden. 340 s.

Vedlegg

Vedlegg 1	71
Vedlegg 2	73
Vedlegg 3	76
Vedlegg 4	78
Vedlegg 5	80

Vedlegg 1

Svardata frå spørjeundersøking, 2013

Tabell 1							
Hushald	Personar ≤ 5 år	Personar 6-15 år	Personar 16-25 år	Personar 26-45 år	Personar 46-65 år	Personar ≥ 66 år	Personar totalt
A	0	2	0	0	2	0	4
B	0	0	2	0	2	0	4
C	0	0	1	0	2	0	3
D	0	0	0	0	2	0	2
E	0	0	1	0	2	0	3
F	0	0	0	0	2	0	2
G	1	0	0	2	0	0	3
H	0	1	2	1	1	0	5

Tabell 2							
Hushald	Byggjeår	Brutto areal [m ²]	Inne- temperatur*	Panel- omn	Ved- fyring	Ved- forbruk	Vedforbruk [kg]
A	1990-1999	113	20-21	Ja	Nei	-	-
B	1990-1999	120	-	Ja	Nei	-	-
C	1960-1969	210	20-21	Ja	Ja	30x60 l	660
D	1960-1969	180	20-21	Ja	Ja	1 famn	1000
E	1925-1949	160	18-19	Ja	Ja	2 famn	2000
F	1970-1979	220	20-21	Ja	Ja	1 m ³	528
G	2000-2009	103	20-21	Ja	Ja	1 famn	1000
H	1970-1979	200	24-25	Ja	Ja	2 famn	2000

* Innetemperaturen er gitt som gjennomsnittleg innetemperatur i oppvarmingsperioden og står oppgitt i Celsius grader.

Tabell 3								
Hushald	Vaske- maskin	Tørke- trommel	Oppvask- maskin	Kjøle- skåp	Frysar	Omn	Mikro- bølgeovn	Anna/ tillegg
A	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	-
B	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	-
C	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	-
D	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	-
E	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Ekstra rom
F	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Solarium
G	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	-
H	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	-

Vedlegg 2

Føremålsfordelingar

Arbeidsdagar

Tid	Lys	Elspesifikk	Romoppvarming	Tappevatn	Totalt
1	3,4 %	13,9 %	73,0 %	9,7 %	100 %
2	2,1 %	12,8 %	77,9 %	7,1 %	100 %
3	1,6 %	11,8 %	81,3 %	5,2 %	100 %
4	1,4 %	10,9 %	83,6 %	4,0 %	100 %
5	1,5 %	10,3 %	83,3 %	4,9 %	100 %
6	2,8 %	10,7 %	80,2 %	6,3 %	100 %
7	4,6 %	12,0 %	77,1 %	6,3 %	100 %
8	0,5 %	18,0 %	73,3 %	8,2 %	100 %
9	5,2 %	14,5 %	72,7 %	7,5 %	100 %
10	5,7 %	16,1 %	71,5 %	6,7 %	100 %
11	6,5 %	16,9 %	69,4 %	7,2 %	100 %
12	6,6 %	18,7 %	67,3 %	7,4 %	100 %
13	6,5 %	18,9 %	67,3 %	7,3 %	100 %
14	6,8 %	19,1 %	66,6 %	7,5 %	100 %
15	7,3 %	19,9 %	66,2 %	6,6 %	100 %
16	8,0 %	21,6 %	63,9 %	6,5 %	100 %
17	7,9 %	24,0 %	60,5 %	7,5 %	100 %
18	9,0 %	26,2 %	57,9 %	6,9 %	100 %
19	9,7 %	25,4 %	57,1 %	7,8 %	100 %
20	10,8 %	23,4 %	57,8 %	8,1 %	100 %
21	11,5 %	22,1 %	58,4 %	7,9 %	100 %
22	11,8 %	20,5 %	58,8 %	8,8 %	100 %
23	8,9 %	17,6 %	61,5 %	12,0 %	100 %
24	5,7 %	15,9 %	67,1 %	11,2 %	100 %

Helgedagar

Tid	Lys	Elspesifikk	Romoppvarming	Tappevatn	Totalt
1	4,7 %	15,0 %	71,0 %	9,3 %	100 %
2	3,5 %	14,7 %	75,7 %	6,2 %	100 %
3	2,6 %	12,7 %	79,5 %	5,2 %	100 %
4	1,8 %	11,5 %	82,6 %	4,2 %	100 %
5	1,8 %	11,0 %	83,0 %	4,2 %	100 %
6	1,7 %	11,1 %	82,6 %	4,6 %	100 %
7	2,9 %	11,5 %	80,7 %	4,9 %	100 %
8	3,9 %	14,1 %	77,3 %	4,7 %	100 %
9	5,3 %	17,5 %	71,7 %	5,5 %	100 %
10	6,1 %	18,0 %	69,3 %	6,5 %	100 %
11	7,0 %	20,6 %	64,9 %	7,5 %	100 %
12	7,0 %	23,0 %	61,7 %	8,3 %	100 %
13	7,1 %	24,8 %	59,6 %	8,5 %	100 %
14	7,2 %	24,0 %	60,3 %	8,5 %	100 %
15	7,5 %	25,1 %	58,5 %	8,9 %	100 %
16	7,9 %	24,3 %	59,2 %	8,5 %	100 %
17	8,4 %	24,6 %	58,5 %	8,4 %	100 %
18	9,2 %	27,0 %	55,5 %	8,3 %	100 %
19	10,4 %	27,2 %	52,2 %	10,2 %	100 %
20	10,6 %	25,4 %	55,6 %	8,5 %	100 %
21	12,0 %	23,3 %	55,7 %	9,0 %	100 %
22	12,1 %	21,1 %	57,6 %	9,2 %	100 %
23	9,9 %	18,1 %	60,3 %	11,8 %	100 %
24	5,5 %	13,9 %	71,0 %	9,6 %	100 %

Alle dagar

Tid	Lys	Elspesifikk	Romoppvarming	Tappevatn	Totalt
1	3,9 %	14,1 %	72,4 %	9,6 %	100 %
2	2,2 %	13,5 %	78,1 %	6,2 %	100 %
3	1,8 %	12,2 %	80,8 %	5,2 %	100 %
4	1,4 %	11,2 %	83,3 %	4,1 %	100 %
5	1,8 %	10,3 %	83,9 %	4,0 %	100 %
6	2,6 %	10,6 %	81,2 %	5,6 %	100 %
7	4,0 %	11,9 %	78,3 %	5,8 %	100 %
8	5,0 %	13,3 %	73,7 %	7,9 %	100 %
9	5,4 %	15,2 %	72,7 %	6,8 %	100 %
10	5,8 %	16,7 %	71,0 %	6,4 %	100 %
11	6,8 %	17,9 %	67,7 %	7,7 %	100 %
12	6,9 %	20,2 %	66,0 %	6,9 %	100 %
13	6,9 %	20,5 %	64,7 %	7,8 %	100 %
14	7,0 %	20,6 %	64,3 %	8,0 %	100 %
15	7,6 %	21,3 %	63,9 %	7,2 %	100 %
16	7,7 %	22,4 %	61,9 %	8,0 %	100 %
17	7,9 %	24,2 %	60,6 %	7,3 %	100 %
18	9,0 %	26,7 %	56,8 %	7,5 %	100 %
19	9,9 %	26,0 %	55,6 %	8,5 %	100 %
20	10,9 %	23,6 %	56,9 %	8,7 %	100 %
21	11,7 %	22,4 %	57,8 %	8,0 %	100 %
22	11,9 %	20,4 %	58,8 %	8,9 %	100 %
23	9,3 %	17,8 %	60,6 %	12,2 %	100 %
24	6,0 %	16,0 %	66,8 %	11,2 %	100 %

Vedlegg 3

Berekning av vedforbruk og energiutbytte

Til å rekne ut vedforbruk og energiutbytte er det brukt måleeiningar og brennverdiar for ved i Norsk Standard 4414.

Følgjande forhold er brukt i utrekningane i tabellen under:

- 1 stk. 60 liter sekk med bjørkeved tilsvarar 22 kg med ved som har 20 % fuktinnhald
- 1 fm³ tilsvarar 24 stk. 60-liter sekker med ved
- 1 famn bjørkeved med 20 % fuktinnhald tilsvarar 1000 kg med ved
- Alle vedslag gir eit energiutbytte på 5,32 kWh/kg ved fuktinnhald på 0 %.
- Ved med 20 % fukt gir eit energiutbytte på 4,2 kWh/kg
- I ein vedomn med 75 % verknadsgrad blir energiutbytte på 3,2 kWh/kg

Det er anteke at alle hushalda som har vedfyring brukar bjørkeved som brensel

Hushald	Vedforbruk	Vedforbruk [kg]	Energiutbytte ved 20 % fuktinnhald [kWh]	Energiutbytte i vedomn med 75 % verknadsgrad [kWh]
A	-	-		
B	-	-		
C	30 stk. 60 L sekkar	660	2772	2079
D	1 famn(ar)	1000	4200	3150
E	2 famn(ar)	2000	8400	6300
F	1 m ³ *	528	2217,6	1663,2
G	1 famn(ar)	1000	4200	3150
H	2 famn(ar)	2000	8400	6300

*I utrekningane er det anteke at vedforbruket er oppgitt i fastkubikkmeter (fm³)

Døme på omrekning frå 30 liter sekkar til kilogram:

$$30 \text{ sekkar} * 22 \text{ kg/sekk} = 660 \text{ kg}$$

Døme på omrekning frå famnar til kilogram:

$$2 \text{ famnar} * 1000 \text{ kg/famn} = 2000 \text{ kg}$$

Døme på omrekning frå fastkubikkmeter til kilogram:

$$1 \text{ fm}^3 = 24 \text{ stk. 60-liter sekkar} = 24 \text{ sekkar} * 22 \text{ kg/sekk} = 528 \text{ kg}$$

Døme på utrekning av energiutbytte ved 20 % fuktinnhald:

$$660 \text{ kg} * 4,2 \text{ kWh/kg} = 2772 \text{ kWh}$$

Døme på utrekning av energiutbytte i vedovn med 75 % verknadsgrad:

$$2772 \text{ kWh} * 0,75 = 2079 \text{ kWh}$$

Vedlegg 4

Utrekningar

Årleg elektrisitetsforbruk		
Hushald:	Forbruk [kWh/år]:	Gjennomsnittleg effekt [kWh/h]
A	20 886,61	2,38
B	24 743,41	2,82
C	24 279,61	2,77
D	12 348,81	1,41
E	23 703,95	2,71
F	31 011,18	3,54
G	20 805,97	2,38
H	12 700,41	1,45

Fyringssesong

Varigheita til fyringssesongen 2009/2010:

Tal på veker frå og med veke 40 til og med veke 19 er 32 veker (det var 53 veker i år 2009).

$32 \text{ veker} = 7 \text{ døgn/veke} * 32 \text{ veker} = 224 \text{ døgn}$

Gjennomsnittleg forbruk av vedfyring per dag:

Hushald G: $3150 \text{ kWh/år} / 224 \text{ døgn/år} = 14,06 \text{ kWh/døgn}$

Gjennomsnittleg forbruk av vedfyring per time:

Hushald G: $14,06 \text{ kWh/døgn} / 24 \text{ h/døgn} = 0,586 \text{ kWh/h}$

Elspesifikk effektforbruk:

Utrekning av den elspesifikke delen av det totale årsforbruket:

Hushald A: $20886,11 \text{ kWh/år} * 0,22 = 4594,94 \text{ kWh}$

Hushald G: $20805,97 \text{ kWh/år} * 0,22 = 4577,31 \text{ kWh}$

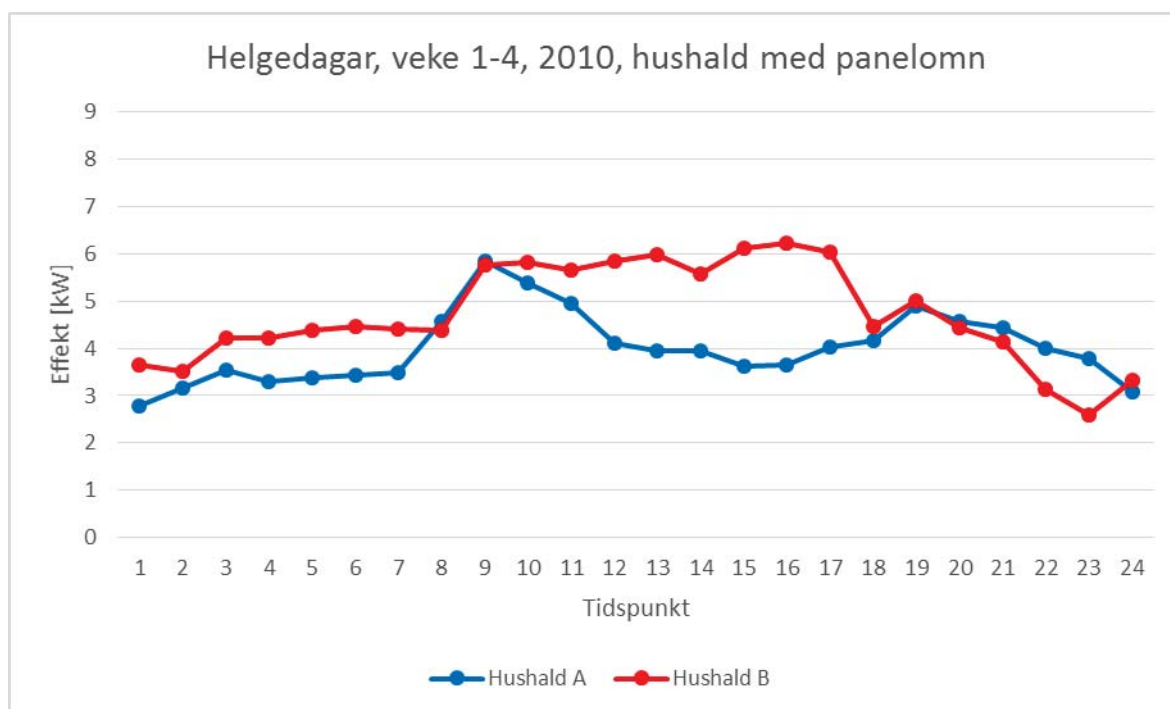
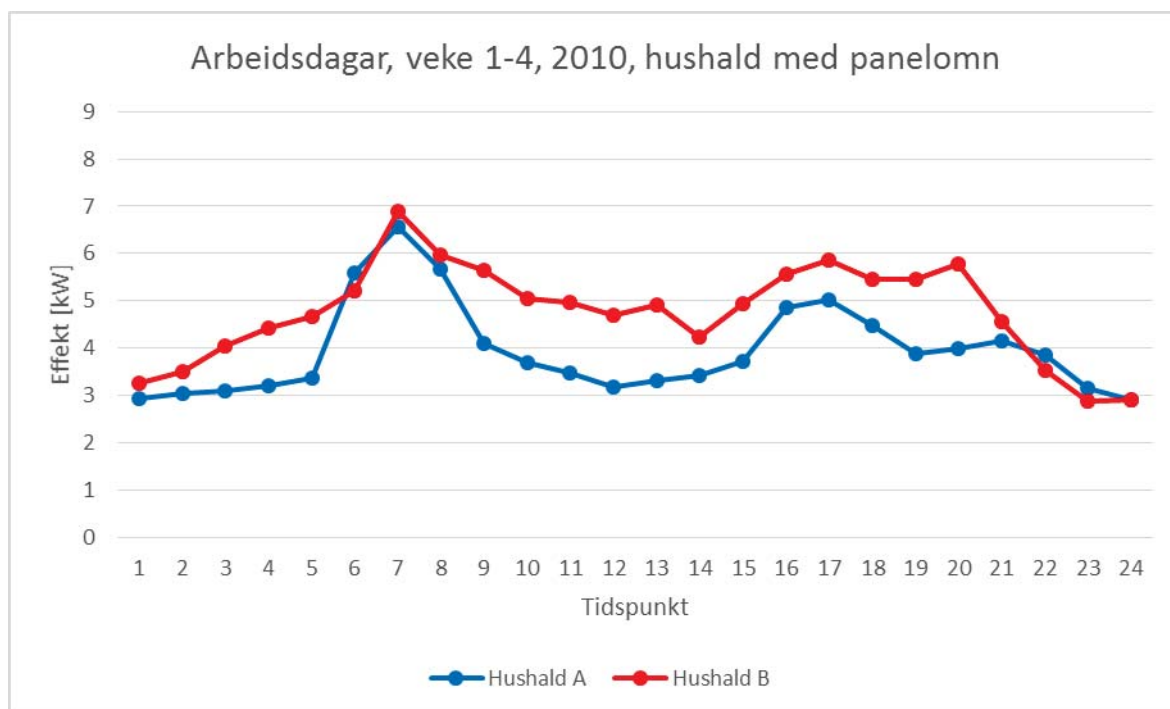
Tappevatn

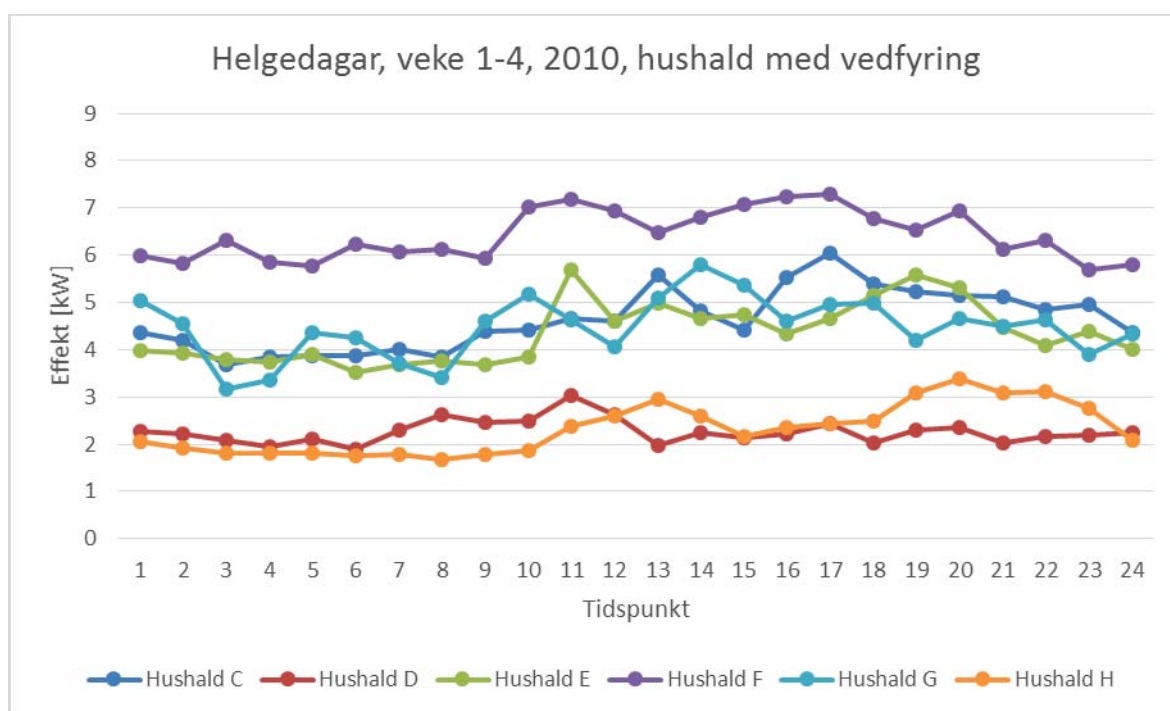
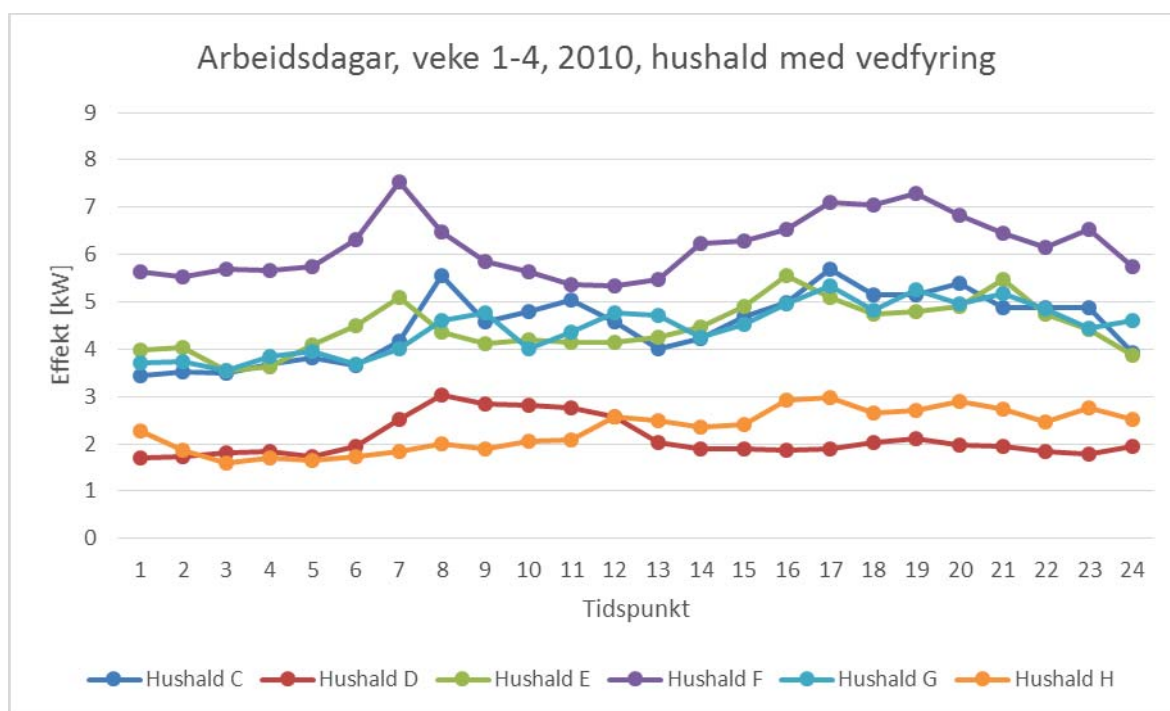
Hushald A: $0,10 * 20\,886,61 \text{ kWh/år} = 2\,088,7 \text{ kWh/år}$

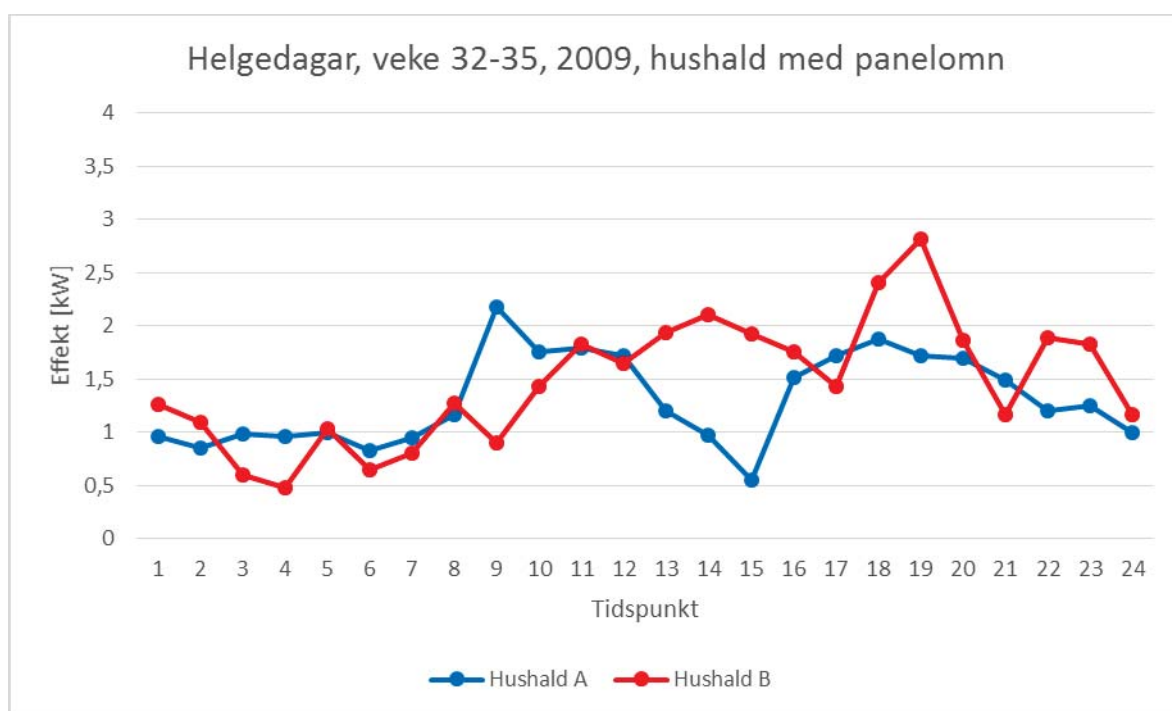
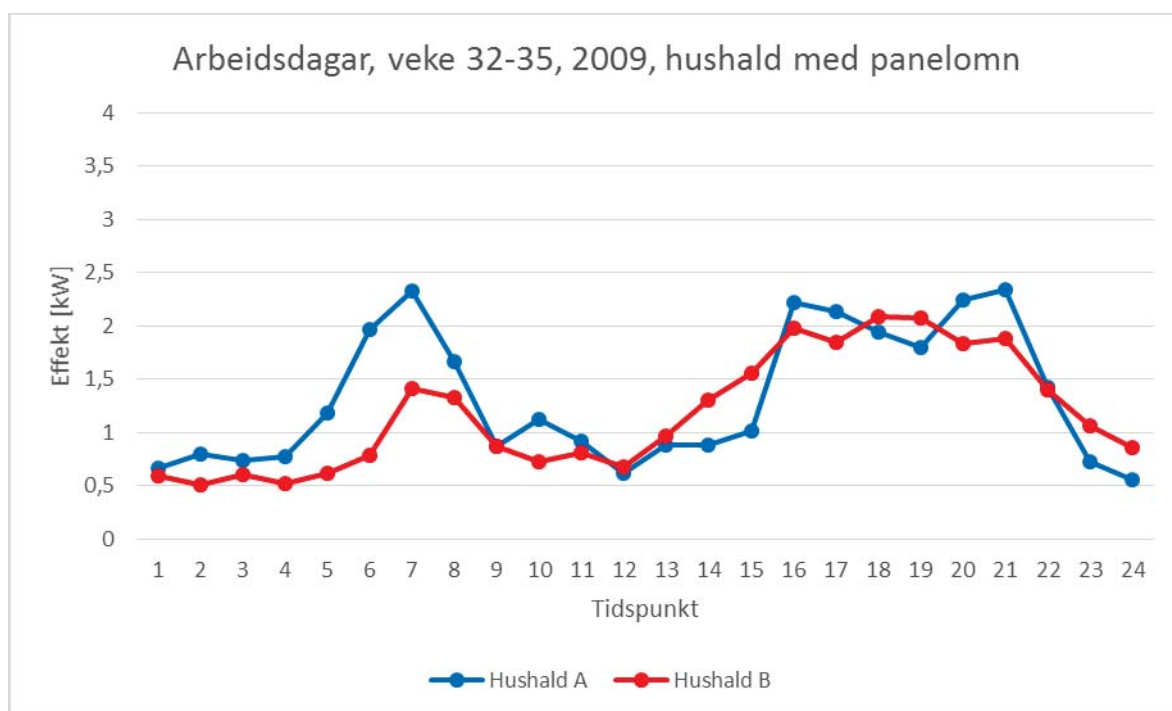
Hushald G: $0,10 * 20\,805,97 \text{ kWh/år} = 2\,080,6 \text{ kWh/år}$

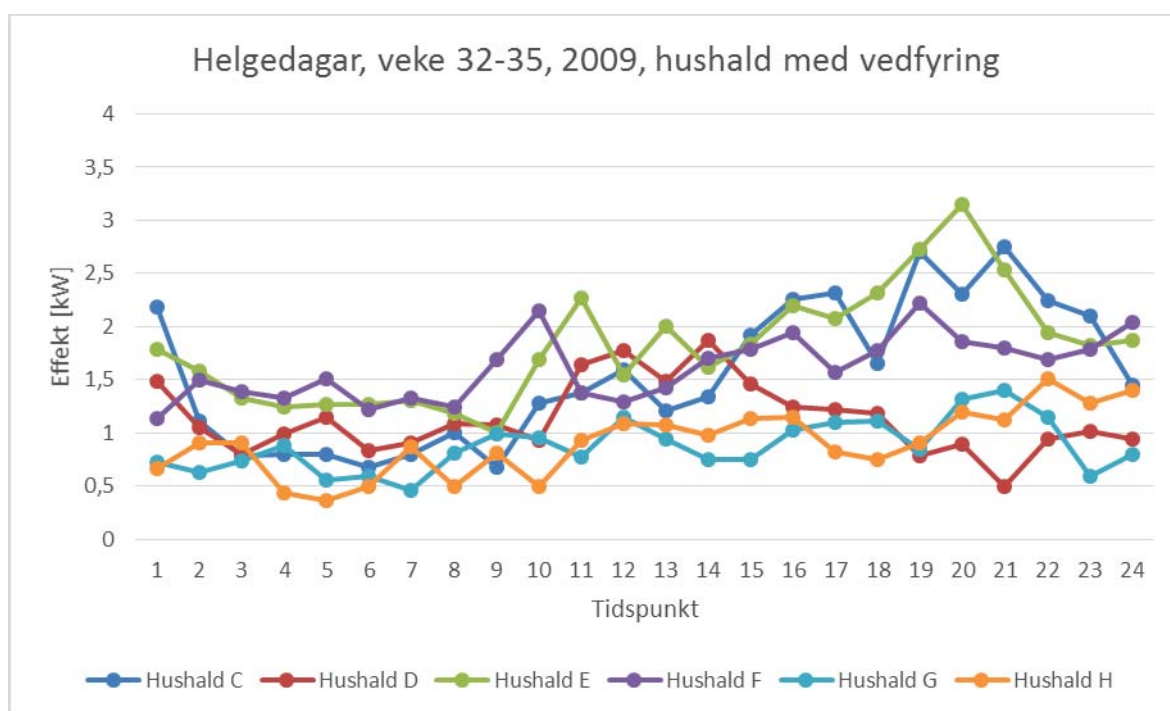
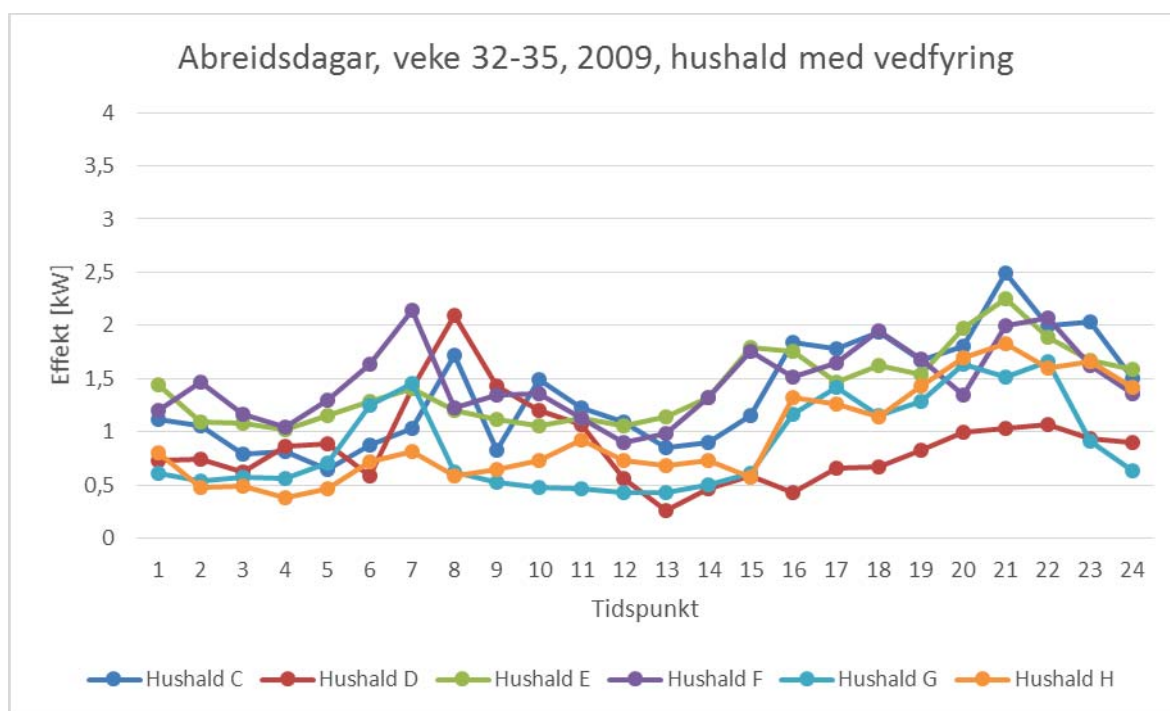
Vedlegg 5

Effektforbruket over fire uker











Noregs miljø- og
biovitenskaplege
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no