



Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som en avslutning på masterstudiet i fornybar energi ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, NMBU. Den markerer slutten på mitt 5-årige studie og er skrevet i samarbeid med Hafslund Varme AS. Jeg vil gjerne takke min veileder Monica Havskjold for at hun alltid er tilgjengelig med fine og konstruktive tilbakemeldinger og godt humør. I tillegg vil jeg takke alle i Hafslund Varme, men spesielt mine kontaktpersoner, Erik Henriksen og Øyvind Nilsen for at jeg har fått sitte på Skøyen samt fått tilgang på kundesystemer og god hjelp. Kjæreste, familie og venner fortjener også en stor takk for tålmodighet og støtte gjennom hele perioden.

Eventuelle feil og mangler er helt og holdent mitt ansvar

Ås, 15.05.2014

Martin S. Kristensen

Sammendrag

Masteroppgaven ser på hvordan utviklingen i fjernvarmebruk har vært for et utvalg bygg i Oslo kommune i perioden 2008-2013. For å finne dette forbruket har det vært nødvendig å formålsdele energibruken og estimere tappevann for deretter å graddagskorrigere den temperaturavhengige andelen. Til slutt blir disse forbrukene satt sammen igjen til et korrigert energiforbruk som danner grunnlaget for utarbeidelse av forbrukstrender. Det brukes to metoder for estimering av andel av fjernvarmebruken som går til oppvarming av tappevann, og av disse, brukes bare den ene videre i analysen. Resultatene av denne er at det totalt for hele utvalget er et gjennomsnittlig anslag for alle år på 18,8 % av fjernvarmeforbruket til oppvarming av tappevann. For boliger og næringsbygg er det konkludert med 34,4 % og 14,1 %. Utviklingstrender for kunder med og uten energioppfølging er funnet, men trendene har i de fleste sammenhenger lave R^2 -verdier som viser en tilsvarende lav sammenheng mellom trendlinja og dataene. Unntaket er for næringsbygg med energioppfølging som har en kraftig nedadgående trend på 13,3 % av forbruket i 2008 for hele perioden. Ettersom R^2 -verdien er på 0,4841 er ikke sammenhengen mellom trenden og variasjonen mellom årene optimal, men det er helt klart en indikasjon på redusert fjernvarmeuttak. Etter å ha analysert trendene, konkluderes det med at utviklingen må studeres over en lengere tidsperiode for å danne et riktigere og sikrere bilde av utviklingen som har vært. Dette bør gjøres ettersom lavere forbruk som følge av energioppfølging- og effektivisering på sikt kan gi lavere lønnsomhet.

Abstract

This thesis looks at how the use of district heating has evolved for a selection buildings in Oslo in the period 2008-2013. For this analysis I divide the use of district heating into two categories: temperature independent and temperature dependent use. Thereafter I estimate the hot water consumption with two different methods and correct the temperature dependent portion according to heating degree days. Finally, both the temperature dependent and temperature independent portions are reassembled into a corrected energy use data set, which serves as a basis for evaluating consumer trends. The results of the tap water share of the district heating consumption for the entire sample, is an average estimate for all years of 18.8 %. For residential and commercial buildings is concluded by 34.4 % and 14.1 %. Finally, these portions were reassembled into a corrected energy use which forms the basis for the development of consumer trends. The results reveal that for the entire sample 18.8% of district heat is used for tap water consumption. Dividing the sample into residential and commercial buildings yields 34.4 % and 14.1 % use of hot tap water respectively. Trends for customers with and without energy monitoring are also evaluated, but the trends have in most cases low r-squared values, revealing that there is a low correlation between the trend line and the data set. The one exception is commercial buildings with energy monitoring, which displays a strong downward trend of 13.3 % of consumption during the period. Since the r-squared value is 0.484, the correlation is not perfect, yet it clearly indicates a decrease in energy use. After analyzing the trends, it is concluded that the development must be studied over a longer time period to get more accurate and reliable trends. This is important due to the fact that reduced consumption due to energy monitoring and energy efficiency improvements may result in reduced profitability in the district heating sector.

Innhold

| | |
|---|-----|
| Forord..... | i |
| Sammendrag..... | ii |
| Abstract | iii |
| Figurer..... | vi |
| Tabeller..... | vii |
| Definisjoner..... | 1 |
| 1. Innledning..... | 3 |
| 1.1 Bakgrunn..... | 3 |
| 1.2 Problemstilling | 4 |
| 1.3 Andre undersøkelser/ litteratur..... | 4 |
| 2. Teoretisk tilnærming..... | 5 |
| 2.1 Fjernvarme..... | 5 |
| 2.2 Formålsdeling..... | 6 |
| 2.2.1 Tappevann/varmtvann..... | 7 |
| 2.2.2 Temperaturavhengig fjernvarmebruk..... | 7 |
| 2.3 Graddagskorrigerings..... | 8 |
| 2.4 Energioppfølging..... | 10 |
| 3. Metode | 12 |
| 3.1 Kriterier for utvalgelse av bygg til oppgaven | 12 |
| 3.2 Materiale/dataunderlag | 12 |
| 3.3 Estimering av andel energi til tappevannsoppvarming..... | 13 |
| 3.3.1 Metode 1 – juni, juli og august (TV1)..... | 15 |
| 3.3.2 Metode 2 – Alle dager med en middeltemperatur over 17,0 °C (TV2)..... | 16 |
| 3.4 Graddagskorrigerings..... | 19 |
| 3.5 Utviklingstrend..... | 20 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.6 | Energioppfølging..... | 20 |
| 3.7 | Framtidsutsikter | 21 |
| 4. | Resultater..... | 22 |
| 4.1 | Utvalgelse av bygg | 22 |
| 4.2 | Materiale/dataunderlag | 23 |
| 4.3 | Estimering av andel energi til tappevannsoppvarming..... | 24 |
| 4.3.1 | Metode 1 – juni, juli og august..... | 25 |
| 4.3.2 | Metode 2 - Alle dager med en middeltemperatur over 17,0 °C..... | 32 |
| 4.4 | Graddagskorrigerings..... | 40 |
| 4.5 | Utviklingstrend..... | 44 |
| 4.5.1 | Hele utvalget | 44 |
| 4.5.2 | Kunder med energioppfølging..... | 47 |
| 4.5.3 | Kunder uten energioppfølging | 49 |
| 5. | Diskusjon..... | 52 |
| 5.1 | Utvalgelse av bygg | 52 |
| 5.2 | Materiale/dataunderlag | 53 |
| 5.3 | Estimering av andel energi til tappevannsoppvarming..... | 54 |
| 5.3.1 | Metode 1- juni, juli og august | 56 |
| 5.3.2 | Alle dager med en middeltemperatur over 17,0 °C..... | 58 |
| 5.4 | Graddagskorrigerings..... | 60 |
| 5.5 | Utviklingstrend..... | 62 |
| 5.5.1 | Hele utvalget | 62 |
| 5.5.2 | Kunder med energioppfølging..... | 63 |
| 5.5.3 | Kunder uten energioppfølging | 65 |
| 5.6 | Framtidsutsikter | 66 |
| 6. | Konklusjon | 67 |
| 7. | Referanser..... | 68 |

| | |
|--|----|
| 8. Vedlegg..... | 70 |
| Utregning av flytende normal 2004-2013 | 70 |

Figurer

| | |
|--|----|
| Figur 1: Formålsdeling (Standard Norge 2007a)..... | 6 |
| Figur 2: Årsprofil fjernvarmeforbruk, eksempelbygg | 8 |
| Figur 3: Forbruk alle kunder i utvalget, gjennomsnitt av 2008-2013 | 15 |
| Figur 4: Last- og temperaturkurve for timesvis varmeforbruk i et bygg eller område (Pedersen 2007) | 17 |
| Figur 5: Ekstremverdi illustrert for ett enkelt næringsbygg | 24 |
| Figur 6: Årlig tappevanns- og totalforbruk, bolig 2008-2013..... | 27 |
| Figur 7: Tappevannsandel, bolig 2008-2013 | 28 |
| Figur 8: Årlig tappevanns- og totalforbruk, næring 2008-2013 | 30 |
| Figur 9: Tappevannsandel, næring 2008-2013 | 31 |
| Figur 10: Døgnmiddeltemperatur og forbruk over 17 °C, bolig..... | 32 |
| Figur 11: Årlig tappevann og totalforbruk, bolig 2008-2013 (TV2) | 34 |
| Figur 12: Tappevannsandel, bolig 2008-2013 (TV2)..... | 35 |
| Figur 13: Døgnmiddeltemperatur og forbruk over 17 °C, næring..... | 36 |
| Figur 14: Årlig tappevann og totalforbruk, næring 2008-2013 (TV2)..... | 38 |
| Figur 15: Tappevannsandel, næring 2008-2013 (TV2) | 39 |
| Figur 16: Normal 81-10 og flytende normal 04-13 | 40 |
| Figur 17: Målte graddager og normal 04-13..... | 41 |
| Figur 18: Graddager og månedsmiddeltemperaturer..... | 42 |
| Figur 19: Ukorrigert og graddagskorrigert forbruk bolig og næring..... | 43 |
| Figur 20: Korrigert forbruk, hele utvalget, 2008-2013 | 44 |
| Figur 21: Korrigert forbruk boligkunder, 2008-2013 | 45 |
| Figur 22: Korrigert forbruk boligkunder, 2009-2013 | 46 |
| Figur 23: Korrigert forbruk næringskunder, 2008-2013..... | 47 |
| Figur 24: Korrigert forbruk alle kunder med energioppfølging, 2008-2013..... | 48 |
| Figur 25: Korrigert forbruk boligkunder med energioppfølging, 2008-2013 | 48 |
| Figur 26: Korrigert forbruk næringskunder med energioppfølging 2008-2013..... | 49 |
| Figur 27: Korrigert forbruk alle kunder uten energioppfølging, 2008-2009..... | 50 |

| | |
|---|----|
| Figur 28: Korrigert forbruk alle boligkunder uten energioppfølging, 2008-2009..... | 50 |
| Figur 29: Korrigert forbruk alle næringskunder uten energioppfølging, 2008-2013 | 51 |

Tabeller

| | |
|--|----|
| Tabell 1: Fjernvarme brukt til oppvarming av tappevann, hele utvalget (TV1)..... | 25 |
| Tabell 2: Fjernvarme brukt til oppvarming av tappevann, boligkunder (TV1)..... | 26 |
| Tabell 3: Månedsvise tappevannssatser, bolig 2008-2013 (TV1) | 29 |
| Tabell 4: Fjernvarme brukt til oppvarming av tappevann, næringskunder (TV1)..... | 29 |
| Tabell 5: Månedsvise tappevannssatser, næring 2008-2013 (TV1)..... | 31 |
| Tabell 6: Fjernvarme brukt til oppvarming av tappevann, hele utvalget (TV2)..... | 32 |
| Tabell 7: Fjernvarme brukt til oppvarming av tappevann, boligkunder (TV2)..... | 33 |
| Tabell 8: Månedsvise tappevannssatser, bolig 2008-2013 (TV2) | 36 |
| Tabell 9: Fjernvarme brukt til oppvarming av tappevann, næringskunder (TV2)..... | 37 |
| Tabell 10: Månedsvise tappevannssatser, næring 2008-2013 (TV2)..... | 40 |
| Tabell 11: Gjennomsnittlige tappevannsandeler for 2008-2013, TV1 og TV2 | 56 |
| Tabell 12: Gjennomsnittlige tappevannssatser juni-august, bolig | 57 |
| Tabell 13: Gjennomsnittlige tappevannssatser juni-august, næring | 58 |

Definisjoner

Oppgaven omhandler varmekonsumet fra fjernvarme og det er derfor alltid energi tatt ut av fjernvarmenettet det refereres til når står skrevet andel av total energibruk, fjernvarmekonsum eller lignende.

Energioppfølging

Når en tredjepart er involvert og får levert en kundes forbruksdata fra Hafslund. Dette kan være i forbindelse med planlagte energieffektiviserings- og ENØK-tiltak, men trenger ikke å være det. Eksempler på selskaper som driver energioppfølging er Evotek, Entro Nova AS og APAS.

Fjernvarmekonsum

Energi levert fra fjernvarme.

Graddagskorrigering

Korrigering av den temperaturavhengige andelen av fjernvarmekonsumet. For å gjennomføre denne korrigeringen brukes graddagstallet, «tidsintegralet av differansen mellom ønsket innetemperatur og utetemperaturen over den delen av året når utetemperaturen er lavere enn innetemperaturen» (Sintef energiforskning 2007).

Graddagstall

Differanse mellom basistemperatur og døgnmiddeltemperatur. Basistemperaturen settes lik 17 °C, og er temperaturen høyere enn denne, er gradtallet lik null. Det kan aldri være negativt.

Tappevannsandel

Andel av totalt energiuttak fra fjernvarmenettet brukt til oppvarming av tappevann. Brukes på både månedlig og årlig basis.

Tappevannsforbruk

Energi levert via fjernvarmenettet brukt til oppvarming av tappevann.

Temperaturavhengig energibruk

Energiforbruket fra fjernvarme som går til romoppvarming og oppvarming av ventilasjon. Varierer med utetemperaturen.

Temperaturuavhengig energibruk

Energiforbruket fra fjernvarme som går til oppvarming av tappevann. Antas at denne ikke påvirkes i nevneverdig grad av utetemperatur.

TV1

Metode 1 for utregning av tappevannsandel. Baseres på gjennomsnittsförbruket i juni, juli og august.

TV2

Metode 2 for utregning av tappevannsandel. Baseres på gjennomsnittsförbruket alle dager med en døgnmiddeltemperatur høyere enn 17,0 °C.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

I tråd med de globale klimautfordringene som vi i dag står ovenfor er det viktig med politisk satsing og handling. FNs nye klimarapporter har fastslått at den økte globale temperaturen som følge av klimaendringene vil føre til lavere matproduksjon, dårligere ferskvannstilgang, mer ekstremvær, havforurensning og truede økosystemer som stadig tappes for arter (FNs klimapanel 2014). Det er ikke lenger noen tvil om at verden er i endring og at noe må gjøres for å stoppe opp og snu utviklingen.

Klimaforliket er Norges svar på tiltale, og skal sørge for at vi blir karbonnøytrale innen 2050 og får kuttet våre klimagassutslipp med 30 % innen 2020, sammenlignet med 1990. På denne måten skal Norge bidra til å holde den globale oppvarmingen under 2 °C sammenlignet med førindustrielt nivå (Miljøverndepartementet 2012). Som et ledd i denne satsingen kom Klimakur 2020 med tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål (Klima- og forurensningsdirektoratet et al. 2010). For bygg er fjernvarme basert på biobrensler og elektrisitet en del av løsningen som en overgang fra fossile brensler. Denne satsningen gjenspeiles også i prosjektet E2014, Energistrategi for Oslo som ønsker en dobling av fjernvarmebruken i Oslo som et middel på veien mot målet om 50 % reduksjon i klimagassutslipp innen 2030 (Ihler 2013). I forbindelse med fjernvarme som en fortsatt del av løsningen i Oslos framtidige energisystem, kommer denne oppgaven inn i bildet. I tråd med stadig mer energieffektive bygg, passiv- og plusshus vil behovet for levert energi synke (Kommunal- og regionaldepartementet 2010). Denne oppgaven skal derfor forsøke å kartlegge fjernvarmebruken i Oslo og hvordan den er fordelt mellom forskjellige formål. Til slutt skal forbruket analyseres for å se etter trender i det valgte utvalget og hvordan framtidsutsiktene kan se ut.

1.2 Problemstilling

I studien som følger skal det tas utgangspunkt i et utvalg bygg som er knyttet til Hafslund Varme AS sitt fjernvarmenett i Oslo kommune. Ut i fra dette utvalget skal følgende problemstilling besvares med tilhørende underspørsmål:

Hvordan har fjernvarmeforbruket for de utvalgte byggene utviklet seg fra 2008 til 2013?

- Hvordan fordeles forbruket mellom tappevann og annen oppvarming?
- Er graddagskorrigeringen tilstrekkelig for å kompensere for variasjon i utetemperatur?

1.3 Andre undersøkelse/ litteratur

Linda Pedersens doktorgradsavhandling, «Load Modelling of Buildings in Mixed Energy Distribution Systems» gjennomført på NTNU, er det vitenskapelige verket denne oppgaven er mest knyttet opp mot. Dette gjelder metode 2 for utregning av tappevannsandeler. Metoden bygges på kapittel 4 i avhandlingen som omhandler energibruk i bygnigner. Spesielt relevant er figuren og forklaringen på side 61-62 (Pedersen 2007).

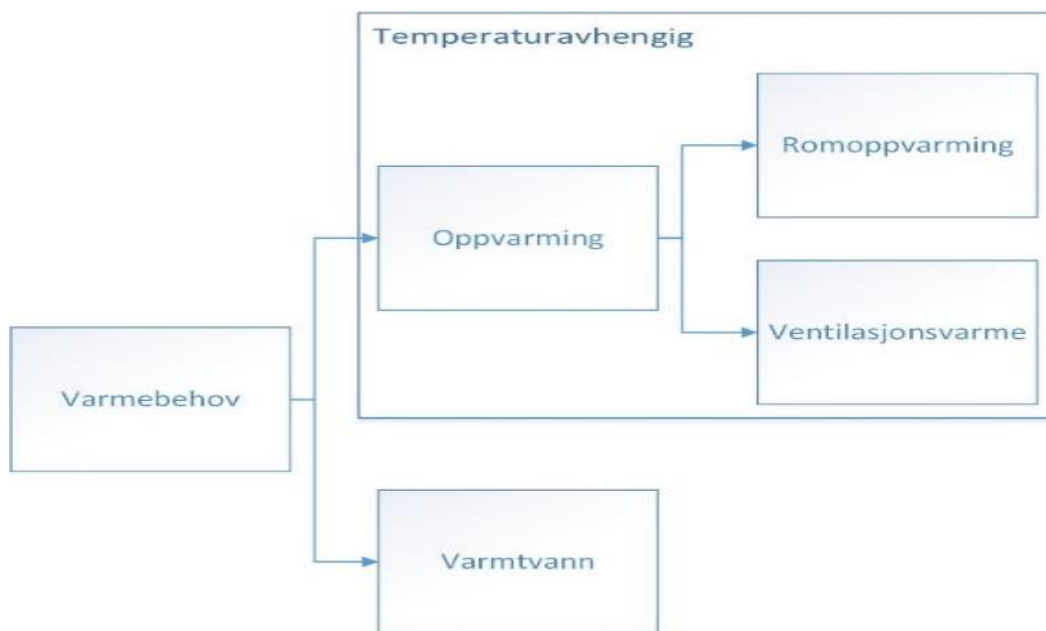
2. Teoretisk tilnærming

2.1 Fjernvarme

Fjernvarme som teknologi brukes for å distribuere energi i varmtvann som hos kunden går igjennom en varmeveksler før det igjen føres tilbake til varmesentralen og på nytt varmes opp. Det er vann som brukes som energibærer og fjernvarme er dermed teknologien som brukes til å transportere dette vannet. I noen tilfeller brukes også damp (Olje- og energidepartementet 1998). Varmekildene kan være forbrenning av avfall, biomasse, bioolje, olje, elkjel, varmepumpe eller lignende. Hafslund Varme AS som denne oppgaven skrives i samarbeid med, er Norges største leverandør av fjernvarme og produserte i 2013 1,7 TWh, noe som tilsvarer oppvarmingsbehovet til 170 000 boliger og dekker omlag 20 prosent av varmebehovet i Oslo (Hafslund Varme AS 2014a). Fjernvarmen distribueres fra 14 varmesentraler i og rundt Oslo og den fornybare andelen av tilført energi var i 2013 på 97 % (Hafslund Varme AS 2014b).

Når det kommer til kostnader for fjernvarme er investeringskostnadene relativt sett høyere enn for elektrisitet og det er viktig å dimensjonere anleggene riktig for å få en konkurransedyktig løsning som kan fungere som grunnlast for høyest mulig utnyttelse. I et fjernvarmenett fører økt kapasitet til økt tap (Sintef energiforskning 2007). Med andre ord betyr dette at anlegget bør dimensjoneres for å kunne dekke behovet for effekt og energi i årets normalperioder. Når effektbehovet er høyest på de kaldeste dagene, vil det derimot trengs en spisslast for å dekke etterspørselen. Dette er relevant i denne oppgaven i forbindelse med utviklingen i energiforbrukt fra fjernvarme. I tråd med stadig mer energieffektive bygg, passiv- og plusshus samt energileveransens økonomisk levetid, er det viktig å kartlegge hvorvidt fjernvarme også i framtiden vil være lønnsomt.

2.2 Formålsdeling



FIGUR 1: FORMÅLSDELING (STANDARD NORGE 2007A)

Varmebehovet deles gjerne opp i en temperaturuavhengig og en temperaturavhengig del. Den temperaturavhengige delen går til romoppvarming og ventilasjon, mens den temperaturuavhengige i all hovedsak går til oppvarming av tappevann som vist i Figur 1 og beskrevet i NS 3031: Beregning av bygningers energiytelse (Standard Norge 2007b). Disse formålene er de samme som dekkes av fjernvarme og det temperaturuavhengige tappevannsforbruket og det temperaturavhengige forbruket til oppvarming av rom og ventilasjonsluft vil derfor tas opp videre i dette kapittelet.

Grunnen til at formålsdeling av fjernvarmeforbruket er viktig, er at det blir stadig mer fokus på energieffektiviseringstiltak for å redusere energibruken i bygg. Dette regnes i dag av IPCC og IEA som det tiltaket med de største og raskeste klimagassreduksjonene (Dokka et al. 2009). Økt fokus på effektivisering fører igjen til at det er viktig å ha oversikt over de enkelte bestanddelene av forbruket og hvordan disse opptrer og evt. varierer med sesong og klima.

2.2.1 Tappevann/varmtvann

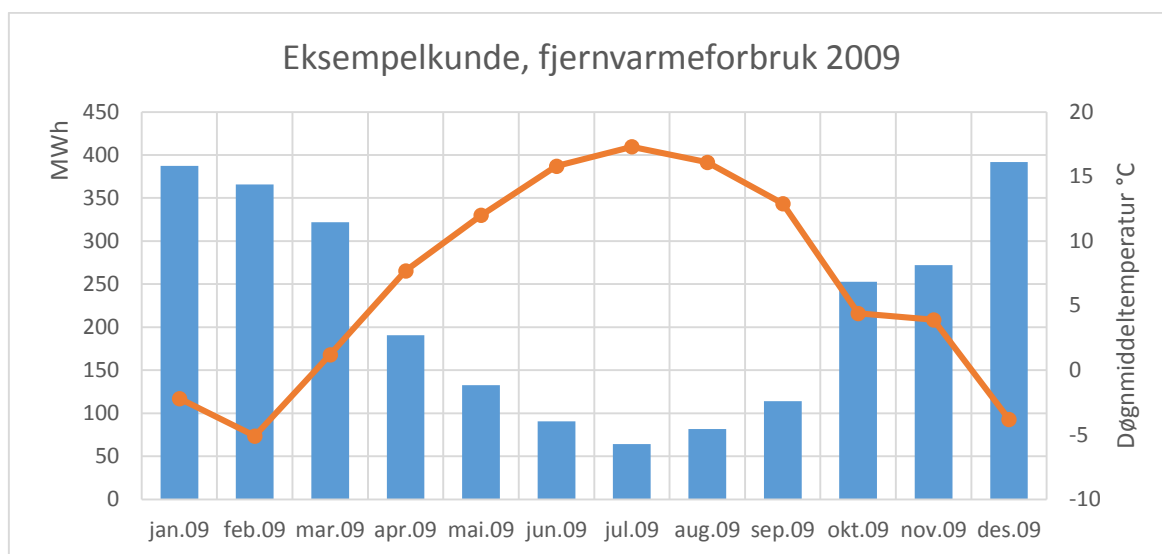
Varmt tappevann er den last- og energimengde som trengs for å varme opp vann til bruk (Pedersen 2007). På minutt- og timesoppløsning vil tappevannsoppvarmingen variere, men det antas at den er relativt stabil gjennom året. Inn-temperaturen på vannet som skal varmes opp kan variere med utetemperaturen, men det antas at denne effekten er så liten at tappevannsoppvarming ses på som et temperaturuavhengig forbruk (Dokka & Grini 2013).

Hafslund beregner i dag en gjennomsnittlig andel på 15-20 % av totalt fjernvarmeforbruk til oppvarming av tappevann. Det opplyses at det i et normalår beregnes 16-18 % og finner ut i fra dette et mer nøyaktig tall ved å se på graddagene (Henriksen 2014). Videre må det bemerkes at Hafslunds andeler ikke skiller på bolig- og næringsbygg, men at de vet at bolig har høyere tappevannsforbruk enn et typisk næringsbygg.

2.2.2 Temperaturavhengig fjernvarmebruk

Den temperaturavhengige delen av fjernvarmebruket er den største delen og følger utetemperaturens sesongvariasjoner. Figur 2 er trukket tilfeldig ut av oppgavens utvalg og viser hvordan en typisk årsprofil ser ut, med lavt forbruk i juni, juli og august. Desember og januar er periodene med høyest forbruk. Den oransje temperaturkurven viser månedenes døgnmiddeltemperatur og hvordan denne har en negativ korrelasjon med forbruket av fjernvarme.

Også på høyere oppløsning er det variasjon i forbruket, men det skal i denne oppgaven fokuseres på trender og dette vil derfor ikke tas opp videre.



FIGUR 2: ÅRSPROFIL FJERNVARMEFORBRUK, EKSEMPELBYGG

2.3 Graddagskorrigering

Graddagskorrigering brukes for å korrigere det temperaturavhengige forbruket for variasjoner i den faktiske utetemperaturen. På denne måten kan forbruksdata fra forskjellige perioder gjøres sammenlignbare. Graddagstall som denne metoden baseres på, defineres som «tidsintegralet av differansen mellom ønsket innetemperatur og utetemperaturen over den delen av året når utetemperaturen er lavere enn innetemperaturen» (Sintef energiforskning 2007). I denne oppgaven, blir dette tallet basert på 17 °C. Dette er temperaturen der behovet for oppvarming oppstår for å nå ønsket innetemperatur. Det antas at den resterende oppvarmingen vil gjøres av lys, matlaging, mennesker, varmtvann og tekniske apparater. Graddagskorrigering er en anerkjent metode som før ble knyttet opp til fyringssesongen og regnet ut for denne. Metoden som her brukes, og som legger den perioden der utetemperaturen er lavere enn innetemperaturen til grunn, kalles gjerne brutto graddagstall. Når det skal ses på enkeltbygg, benyttes i dag reell innetemperatur i tillegg til de faktiske varmetilskuddene beregnes hver for seg (Sintef energiforskning 2007).

Når det, som i dette tilfellet, er helheten som skal studeres, er det brutto graddagstall og vanlig graddagskorrigering som er mest passende og derfor brukes.

Fordeler med graddagskorrigering er at det er en universell og enkel metode som kan brukes på alle bygg uavhengig av hvordan energibruken måles og hva slags informasjon om bygget som er tilgjengelig. Man trenger heller ikke høy måleroppløsning på energiforbruket. Graddagene som behøves for korrigeringen er enkle å få tak i via Enova som publiserer dem og bruker metoden i sine beregninger (Enova 2013).

Ulempene kan være at den kan være unøyaktig ved energieffektive bygg med lavt varmebehov og ukjent temperaturuavhengig andel av energibruken. Feil i denne andelen fører igjen til feil korrigert forbruk. Videre trengs det nok målinger over året og dermed vil den være ekskluderende for bygg med for få forbruksmålinger. Til slutt kan den også være unøyaktig i overgangene mellom vår og høst der oppvarmingsbehovet er forholdsvis lite. Dette vil gjelde alle værkorrigeringsmetoder som er forenklet (Dokka & Grini 2013).

Formelen som brukes for graddagskorrigering er som følger:

$$\textit{Graddagskorrigert forbruk} = \textit{målt forbruk} \times \frac{\textit{normale graddager}}{\textit{målte graddager}} \quad 1$$

(Soma 2002)

Som det kan ses av formelen over, brukes normale og målte gradtall ved korrigeringen. De målte gradtallene er differansen mellom døgnmiddeltemperaturen og basistemperaturen på 17 °C. Dersom døgnmiddeltemperaturen er 12 °C, er gradtallet differansen mellom 12 og 17 °C, altså 5. Er

¹ Merk: For graddager på månedsbasis brukes det en desimal og på årsbasis brukes det heltall av hensyn til metodens nøyaktighet (Aune 2013).

døgnmiddeltemperaturen 17 °C eller større settes graddagstallet lik 0. Det kan aldri være negativt (Meteorologisk institutt 2009).

På den andre siden finnes det forskjellige normaler som kan brukes. Disse normalene består av gjennomsnittlig antall graddager for hvert enkelt år over en 30-årsperiode. De som brukes i dag er 1961-1990, 1971-2000 og 1981-2010. Av disse er det 1961-1990 som er den mest brukte og internasjonalt gjeldende perioden. I Norge brukes ofte 1981-2010 som nasjonal standard på grunn av stadig økende temperaturer og skiftende klima. Settes årsnormalen for Norge regnet ut etter 1981-2010 opp mot de gamle normalene, er 81-10 bare 95 % så stor som 61-90 og tilsvarer 98 % av den nasjonale normalen fra 71-00. Kort fortalt betyr at det har vært en relativt kraftig temperaturstigning (Aune 2013).

Hafslund Varme AS bruker på sin side flytende normal som baseres på gjennomsnitt for de ti siste årene (Henriksen 2014). Denne metoden tar i større grad høyde for økte gjennomsnittstemperaturer, men baseres på 10 og ikke 30 år, noe som gjør at den er mer følsom for ekstremår.

2.4 Energioppfølging

Energioppfølging defineres som «en systematisk og periodevis kontroll av energitilgang og energibruk, der energibruken sammenlignes med utetemperatur, vurdert opp mot produsert vare. Dette må videre sammenlignes med de parametere som påvirker energibruken som inne- og utetemperatur, lys og luftkvalitet». Denne oppfølgingen gir en oversikt over energibruken og kan dermed også vise sparepotensialer og dokumentere besparelser. Nasjonalt er energioppfølging kanskje den viktigste aktiviteten for å systematisk redusere energibruken i Norge. Energioppfølging er relevant for små og store virksomheter og krever små investeringer (Enova 2004).

I denne oppgavens sammenheng er energioppfølging kunder med en tredjepart som får overlevert forbruksdata og bruker dette i et energioppfølgingssystem, EOS. I mange tilfeller er dette i forbindelse

med energieffektiviseringsprosjekter, ENØK-tiltak og renovasjon, men disse tiltakene er ikke ensbetydende med energioppfølging.

3. Metode

3.1 Kriterier for utvelgelse av bygg til oppgaven

For å gjennomføre denne studien samt for å kunne si noe om utviklingen i fjernvarmebruk i Oslo, er det stort behov for gode forbruksdata for energi tatt ut av fjernvarmenettet. Det trengs målinger for enkeltkunder sortert etter kategoriene bolig og næringsbygg for så mange kunder som mulig.

For at dette skal sikres er følgende kriterier satt for aktuelle data:

- Enten døgn-, ukes- eller månedsmålinger av forbruk på kundesiden.
- En så lang tidsserie som mulig.
- Kundene må ha sammenhengende målinger uten hull eller mangler.
- Kundene må ha vært med gjennom hele perioden og ikke ha kommet til eller koblet seg fra fjernvarmenettet i løpet av den.
- Kundene må være tilknyttet innenfor Oslo kommune.
- Lik oppløsning og sammenlignbare data for alle kunder.

3.2 Materiale/dataunderlag

Etter utvalget og perioden er valgt som forklart i forrige avsnitt, må dataene sorteres og filtreres for å luke ut ikke-sammenlignbare data, feilverdier og duplikater. Dette gjøres konsekvent ved at alle ekstremverdier som skiller seg ut som åpenbare feil og er mye høyere enn resten av observasjonene fjernes. Nullverdier innad i forbruksseriene vil ikke fjernes ettersom disse i tillegg til å kunne representere målefeil, renovasjoner, ombygger etc. også kan skyldes varme perioder eller at effektuttaket er under 10 kW. Er sistnevnte tilfelle vil det ikke slå ut på måleren som forbruk selv om det f.eks. brukes litt varme til romoppvarming, ventilasjon eller tappevann. Dette kan spesielt være tilfelle ved mindre kunder (Osbeck 2014).

3.3 Estimering av andel energi til tappevannsoppvarming

Som nevnt tidligere, må den temperaturuavhengige delen av fjernvarmeforbruket, tappevannet estimeres før det resterende forbruket korrigeres for utetemperatur. Etter dette skal det korrigerede totalforbruket brukes til å observere trender i forbruksutviklingen. På grunn av store variasjoner i utvalget når det gjelder forbruk, baseres dette studiet på de store talls lov. Når antall observasjoner vokser, nærmer det aritmetiske gjennomsnittet av en rekke observasjoner seg sin forventningsverdi. På samme måte forventes det her at et gjennomsnittlig andel av energi som brukes til tappevann vil nærme seg sin forventningsverdi jo flere bygg utvalget består av (Store norske leksikon 2009). For å få til dette, brukes den totale energibruken for forskjellige kundegrupper framfor å finne andeler til tappevannsoppvarming for enkeltbygg som deretter gjennomsnittsberegnes. Selv om det er gjort en sortering og utvelgelse av hvilke bygg som skal med i utvalget, er det store variasjoner i forbruket, både på måneds- og årsbasis. Det kan finnes målefeil og usikkerheter, men et stort utvalg prioriteres og det er derfor bare ekstremverdiene som sorteres ut.

Det er brukt to forskjellige måter for å analysere andelen av forbruket som går til tappevannsoppvarming, og med disse metodene er det igjen funnet andeler for ulike grupper av utvalget sortert etter gitte kriterier. Alle utregningene i analysen bruker enkeltkunder summert og gjennomsnittsberegnet opp i de forskjellige gruppene som grunnlag for beregningene, og det er ikke regnet andeler for hvert enkeltbygg.

Kundegruppene som analyseres hver for seg er følgende:

I. Totalt, hele utvalget

Alle kunder, både næring og bolig. (178 stykker).

a. Boligkunder

Alle kunder med boligtariff, uavhengig av om de har energioppfølging eller ikke. Består av boligblokker representert som sameier eller borettslag. (30 stykker).

b. Næringskunder

Alle kunder med næringstariff, uavhengig om de har energioppfølging eller ikke. Denne kundegruppen er variert og består av flere forskjellige tariffer med veldig ulike kunder. Dette er alt fra eiendomsinvesteringsselskaper, kommunale bygg, nye kontorbygg og eldre bygg som er konvertert til fjernvarme til butikker og hoteller. Det skilles ikke på de forskjellige kategoriene innen næringsbygg, men fokuseres på gruppen som helhet. (148 stykker).

II. Kunder med energioppfølging (69 stykker).

a. Boligkunder med energioppfølging

Består av de sameiene og borettslagene der en tredjepart er involvert og får levert forbruksdata av Hafslund. (6 stykker).

b. Næringskunder med energioppfølging

Alle næringskunder med tredjepart involvert. (63 stykker).

III. Kunder uten energioppfølging (109 stykker).

a. Boligkunder uten energioppfølging

Resterende boligkunder uten tredjepart som driver energioppfølging. (24 stykker).

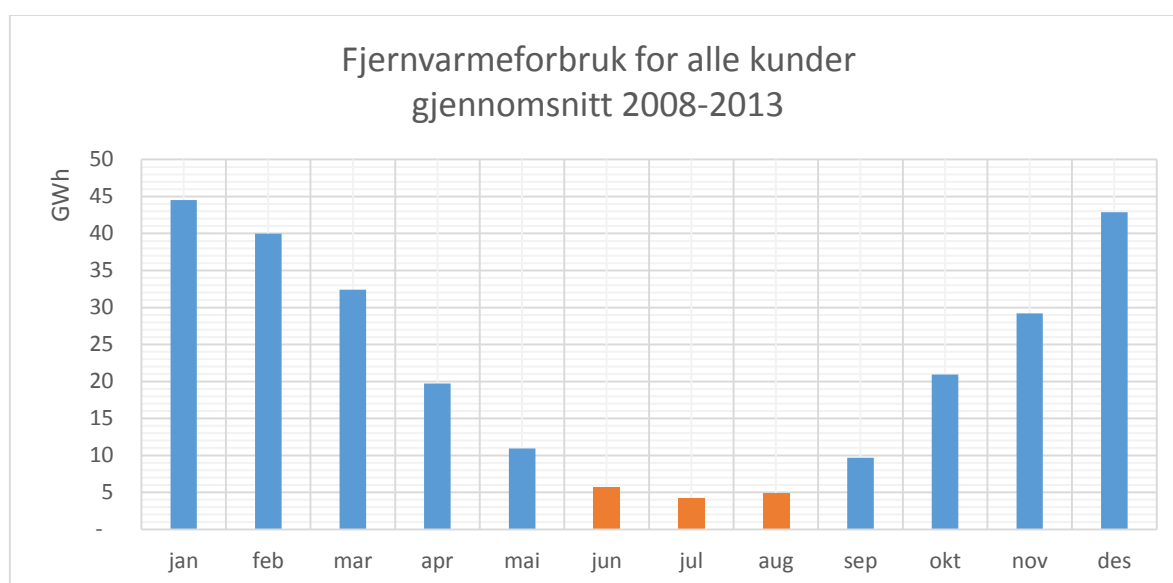
b. Næringskunder uten energioppfølging

Resterende næringsbygg som ikke driver energioppfølging. (85 stykker).

Grunnen til at det er disse kundegruppene som velges og ikke bare nærings- og boligkunder er at det senere i oppgaven skal ses på hvordan energioppfølging spiller inn på utviklingen i bruk av fjernvarme. Dette er ikke en detaljstudie av enkeltbygg, men heller en generell oversikt, noe som grunngir hvorfor energioppfølging er valgt som et eget kriterie.

3.3.1 Metode 1 – juni, juli og august (TV1)

Om sommeren er det gjerne varmt og det kan ses ut i fra forbrukskurver at forbruket i disse månedene når et forholdsvis jevnt bunnivå. Figur 3 viser hele utvalgets gjennomsnittlige årsforbruk for perioden 2008-2013 og det er en tydelig utfalting i disse månedene. I dette tilfellet er forbruket høyest i juni og lavest i juli, mens det i august ligger midt i mellom. Hva dette kan skyldes tas opp i diskusjonskapittelet.



FIGUR 3: FORBRUK ALLE KUNDER I UTVALGET, GJENNOMSNIITT AV 2008-2013

Fordi forbruket er såpass jevnt i juni, juli og august, antas det i tappevannsmetode 1 at dette forbruket går til oppvarming av tappevann. Dette beregnes ved at det gjennomsnittlige totalforbruket for hvert enkelt bygg disse tre månedene, summeres opp i hver av de tidligere nevnte kundegruppene. Summen av gjennomsnittene kan da ses på som den månedlige energien som går til tappevannsoppvarming. For

å finne en andel, divideres dette energiforbruket på totalt energiforbruk i den enkelte måned. Når resultatene foreligger og tappevannsoppvarming er trukket fra, kan den temperaturavhengige delen identifiseres og behandles videre i neste del.

$$\text{Formelen blir som følger: } TV1_{\text{Kundegruppe}} = \frac{\text{forbruk juni} + \text{forbruk juli} + \text{forbruk august}}{3} \cdot \frac{1}{\text{Totalforbruk mnd}}$$

$TV1_{\text{Kundegruppe}}$: Andel av totalt energiforbruk fra fjernvarme som brukes til tappevannsoppvarming, regnet ut med metode 1 for gitt kundegruppe.

Forbrukene i telleren representerer det summerte forbruket for alle kundegruppens kunder i juni, juli og august dividert på 3, altså gjennomsnittet.

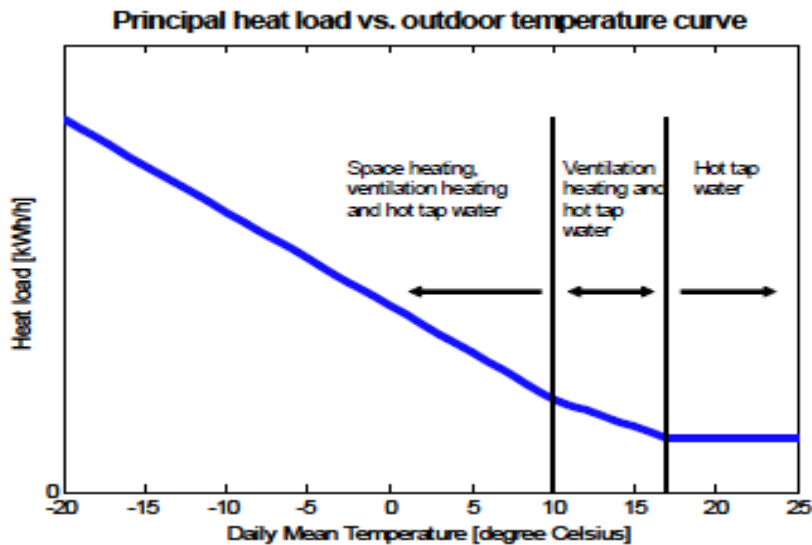
Totalforbruk mnd er det totale forbruket for den måneden andelen til tappevannsoppvarming skal regnes ut for. I dete tilfellet regnes den ut for alle måneder i perioden 2008 til 2013.

For å finne årlig tappevannsandelen, brukes samme metode, men telleren multipliseres med 12 for å tilsvare totalt forbruk til tappevannsoppvarming for ett år. Totalforbruket i nevneren blir tilsvarende summert opp til årlig totalforbruk.

3.3.2 Metode 2 – Alle dager med en middeltemperatur over 17,0 °C (TV2)

Ettersom temperaturen varierer over året, også om sommeren, velges det i tillegg til metode 1 å ta høyde for utetemperatur. Denne metoden tar utgangspunkt i Linda Pedersens arbeid i PhD-avhandlingen «Load Modelling of Buildings in Mixed Energy Distribution Systems» som i kapittel 4 tar for seg energibruk i bygg. I hennes avhandling illustreres varmelast i kWh som en kurve over daglig

middeltemperatur og man kan i samme kurve se hvordan formålsdelingen av fjernvarme følger døgnmiddeltemperaturen.



FIGUR 4: LAST- OG TEMPERATURKURVE FOR TIDSVIS VARMEFORBRUK I ET BYGG ELLER OMRÅDE (PEDERSEN 2007)

I hennes oppgaven forklares det hvordan døgnmiddeltemperaturer opp til over 9 ° består av romoppvarming, ventilasjonsvarme og oppvarming av tappevann. Når døgnmiddeltemperaturen når 10 °C stopper fyringssesongen og energiforbruket består nå av ventilasjonsvarme og tappevannsoppvarming , noe som varer helt til temperaturen når ca. 17 °C. Ved denne temperaturen varmes ikke lenger ventilasjonsluften, og det resterende forbruket antas brukt til tappevann (Pedersen 2007).

Denne metoden baseres derfor på å bruke alle dager med døgnmiddeltemperatur større eller lik 17,0 °C for deretter å plukke ut det summerte gjennomsnittsforbruket for hver enkelt kundegruppe disse dagene. Dette gjennomsnittlige forbruket multipliseres deretter med antall dager per måned. Til slutt divideres dette estimerte forbruket til tappevannsoppvarming på det totale energiforbruket i de enkelte månedene.

Formelen for utregningen blir som om følger:

$$TV2_{Kundegruppe} = \frac{\left(\frac{\text{Summert forbruk for alle bygg i kundegruppen ved døgnmiddeltemp} \geq 17 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Antall d\o}gn med d\o}gnmiddeltemp \geq 17 \text{ } ^\circ\text{C}} \right) \times \text{antall d\o}gn/mnd}{\text{Totalforbruk av energi fra fjernvarme/mnd}}$$

$TV2_{Kundegruppe}$: Andel av totalt energiforbruk fra fjernvarme som brukes til tappevannsoppvarming regnet ut med metode 1 for gitt kundegruppe.

Det summerte forbruket for alle bygg ved en døgnmiddeltemperatur $\geq 17 \text{ } ^\circ\text{C}$, er døgnsforbrukene til alle kunder i en kundegruppe summert sammen. Disse divideres deretter på antall dager med døgnmiddeltemperatur større eller lik $17 \text{ } ^\circ\text{C}$ for å finne gjennomsnittsverdien. Videre multipliseres dette med antall døgner i den måneden tappevannsandelen skal estimeres for. Både 2008 og 2012 var skuddår og det er viktig å huske at det da er 29 dager i februar. Til slutt divideres dette på det totale forbruket av energi fra fjernvarme for den enkelte måneden andelen til tappevannsoppvarming skal regnes ut for. Her regnes denne andelen ut for alle måneder i perioden 2008 til 2013.

For å finne årlig tappevannsandel, brukes samme metode, men telleren multipliseres med antall døgner i året. Totalforbruket i nevneren blir tilsvarende summert opp til årlig totalforbruk.

Døgnmiddeltemperatur må hentes inn for å kunne bruke denne tappevannsmetoden. Dataene er hentes fra eKlima og det er målestasjonen Oslo- Blindern (18700) som brukes på hele utvalget.

Rapporten som hentes fra eKlima er den samme som for graddagskorrigeringen i neste kapittel.

Metoden for å hente ut denne beskrives nærmere der.

3.4 Graddagskorrigerings

Etter at den temperatuavhengige andelen, energien som går til oppvarming av tappevann er funnet med de to forskjellige metodene, skal den temperaturavhengige andelen av forbruket korrigeres for svingninger i utetemperaturen. For å gjøre dette brukes graddagskorrigerings med basis i brutto graddagstall forklart i kapittel 2.3.

For å graddagskorrigerings trengs temperaturdata fra 2008 til 2013. Kundene som skal analyseres er i henhold til kriteriene i kapittel 3.1 innenfor Oslo kommunes grenser, og for å gjøre det enkelt, velges det å hente ut felles værdata for hele utvalget. Stasjonen som brukes er Blindern og dataene hentes fra eKlima, Meteorologisk institutts vær- og klimadatabase (Meteorologisk institutt 2014a). Grunnen til det er Blindern som velges, er at denne ligger midt i området som skal analyseres og har værdata på døgn- og månedsbasis i tillegg til observasjoner (Meteorologisk institutt 2014b).

Rapporten hentes ut ved følgende metode:

Velg månedsverdier og periode fra 01.01.2008 til 31.12.2013 på eKlimas sider. Deretter velges temperatur som værelement og det må hukes av for at flere skal velges fra alle elementer på neste side. På denne siden må det krysses av for GD17, energigradtall (basis 17). Når dette er gjort må stasjonen plukkes ut. I dette tilfellet er det Oslo- Blindern (18700) jan 1931. 94 moh som brukes. Etter at riktig stasjon er valgt, velges Excel som format og rapporten kan lastes ned. Det kan være greit å vise kvalitetsinformasjon i egen kolonne.

Etter at datasettet med graddagstall for hele perioden er laget skal det temperaturavhengige forbruket korrigeres. For å gjøre dette brukes formelen beskrevet i kapittel 2.3.

De målte graddagstallene er verdier som hentes fra eKlima, og normalen som benyttes er en flytende normal basert på antall graddager de 10 siste år, 2004 til 2013, som forklart i kapittel 2.3. Utregningen av denne normalen ligger vedlagt.

Den flytende normalen lages ved å hente ut månedsvise graddagstall for målestasjonen på Blindern i perioden 2004-2013 og deretter ta gjennomsnittet av hver av disse. Summen av disse eller gjennomsnittet av alle årenes totale graddager er lik den flytende normalen.

3.5 Utviklingstrend

Når tappevannsandelen er estimert og det temperaturavhengige forbruket er graddagskorrigert, må det lages en trend som tar hensyn til temperatursvingningene gjennom perioden. Dette gjøres ved at det temperaturuavhengige forbruket til tappevannsoppvarming og det graddagskorrigerede forbruket adderes sammen for å få et korrigert totalforbruk. Det korrigerede totalforbruket lages i to versjoner basert på estimert tappevannsandel etter TV1 og TV2, og settes sammen for hver enkelt kundegruppe nevnt i kapittel 3.3

$$\text{Korrigert energibruk} = \left(\text{Temperaturavhengig forbruk} \times \frac{\text{normale graddager}}{\text{målte graddager}} \right) + \text{Temperaturuavhengig forbruk}$$

For å se på utviklingstrendene i energibruken fra fjernvarme er det tatt utgangspunkt i det korrigerede årsforbruket for alle år i perioden. Ut i fra disse forbrukene lages grafer for hver enkelt kundegruppe i Excel og lineære trendlinjer legges på for å illustrere utviklingen. Videre regnes trendlinjenes stigning eller reduksjon ut for å kunne sammenligne de forskjellige kundegruppene mot hverandre.

3.6 Energioppfølging

Bygg med energioppfølging hentes ut fra Hafslunds systemer som lister i Excel med oversikt over alle kunder med energioppfølging samt hvem tredjeparten er. Denne lista pares med alle kundenummere i

utvalget for å se hvilke kunder som har energioppfølging. Når dette er gjort sorteres de etter kategoriene bolig- og næringskunder.

Kundegruppe II og III med undergrupper, er kunder med og uten energioppfølging. Disse skal settes opp mot hverandre for å observere om bolig- og næringskunder med og uten energioppfølging har samme utviklingstrend. Måten dette gjøres på er at grafer med trendlinjer lages som beskrevet i forrige delkapittel. Siden det ikke går inn på enkeltbygg, kan det heller ikke antas at energieffektiviseringstiltak er gjort og/eller om de påvirker bruken av fjernvarme. Det som derimot kan slås fast er om kunder med energioppfølging fra en tredjepart har en annen utviklingstrend i fjernvarmebruken en kunder uten energioppfølging.

3.7 Framtidsutsikter

Etter trendene er analysert, vil det i denne delen gis en kvalifisert uttalelse om hvordan utviklingen i fjernvarmebruk sannsynligvis fortsetter, basert på resultater i tidligere deler. Det er viktig å presisere at resultatene og dermed også uttalelsen er basert på perioden 2008-2013 og et gitt utvalg av Hafslunds kunder. Resultatene representerer derfor nødvendigvis ikke den faktiske utviklingen i forbruket av energi levert via fjernvarme i Oslo.

4. Resultater

4.1 Utvelgelse av bygg

For å sikre et solid datagrunnlag med forbruksmålinger av fjernvarme i Oslo, ble utvelgelsen gjort som beskrevet i kapittel 3.1, og jeg fikk selv tilgang til systemene for å hente ut data.

Dette var en tidkrevende prosess med visse begrensninger i mulighetene for å velge et sammenhengende utvalg over en lengere periode. Viken Fjernvarme var tidligere et selskap eid av Oslo kommune og Hafslund. I 2007 solgte Oslo kommune sin eierandel, og selskapet byttet i 2008 navn til Hafslund Fjernvarme og i 2012 navn til Hafslund Varme (Store norske leksikon 2012). I forbindelse med navnebyttet i 2008 ble det endret kundesystem, noe som har gjort at data eldre enn 2008 var utilgjengelige og ikke mulig å få tak i på en enkel måte. Hvis det skulle ha vært gjort, ville det vært tidkrevende og kostbart, noe som ikke lar seg forene med en masteroppgave (Henriksen 2014). Dette gjorde valget enkelt, og perioden fra 1. januar 2008 til 31. desember 2013 ble valgt.

Etter at perioden var fastsatt, ble forbruksdataene for Hafslund Varmes kunder i Oslo-området hentet ut i Excel og sortert som en matrise etter kundenummer, adresse og forbruk for hvert enkelt år.

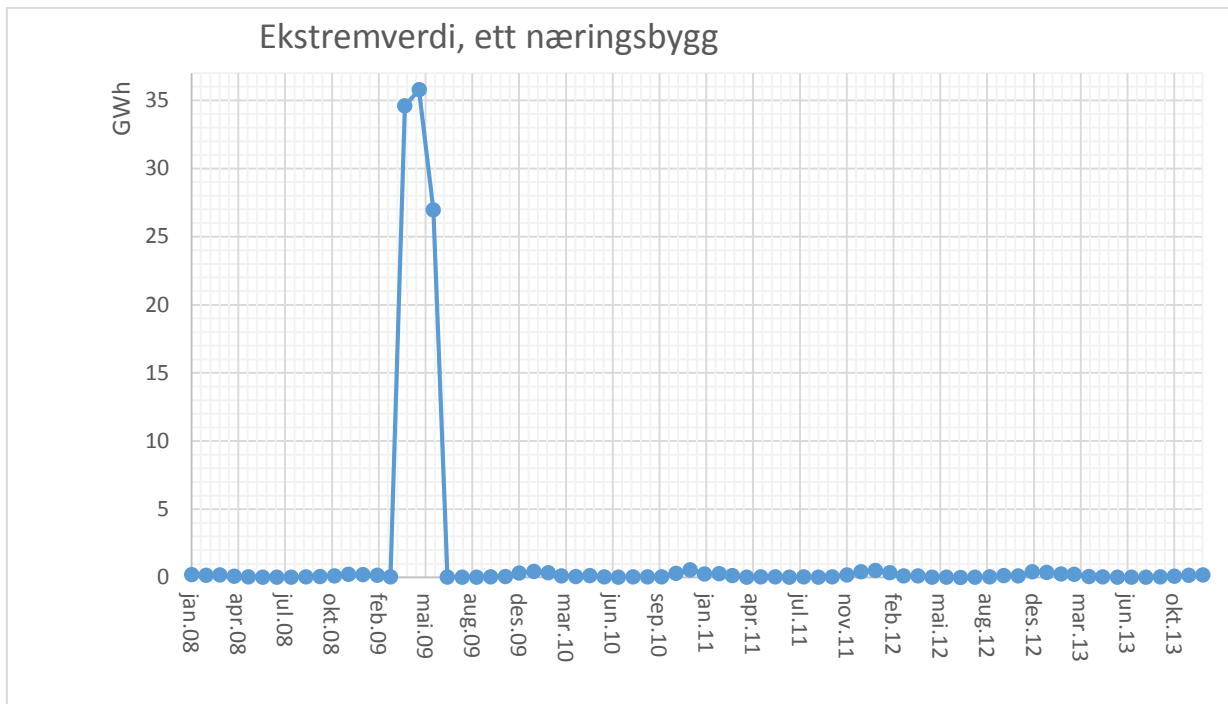
Antallet kunder varierte fra 355 i 2008 til 1871 i 2013 og datane var gitt som timesmålinger i kWh aggregert opp på månedsbasis. Da dataene var hentet ned, måtte de forskjellige årene settes sammen og månedene sorteres før filtreringen startet i henhold til kriteriene i kapittel 3.2.

Ved hjelp av Excel ble kundenummere parett med fjernvarmetariffer, og det kunne videre avgjøres hvorvidt de var bolig- eller næringsbygg. Til slutt, etter sortering og fjerning av kunder som ikke var med gjennom hele perioden fra 1. januar 2008 til og med 31. desember 2013, bestod utvalget av 217 bygg fordelt på 37 bolig- og 180 næringskunder. De hadde også sammenhengende målinger uten hull eller mangler, samme tidsoppløsning og alle lå innenfor Oslo kommunes grenser.

Timesverdier som viser effektuttak for hver enkelt time var også tilgjengelige, men disse filene ble så store og uhåndterlige å jobbe med at de ikke ble brukt i like stor grad som de kunne vært. Grunnen til dette er at det for hvert enkelt år var 8760-61 kolonner og tilsvarende like mange rader som antall kunder. Hadde det vært fokusert på enkeltbygg, ville disse verdiene vært enklere å jobbe med og mer interessante. Ettersom de ble hentet ned, ble de likevel brukt til å kontrollere de øvrige verdiene på månedsbasis ved å summere opp timesverdiene til døgn og deretter til måneder. Døgnverdiene ble senere brukt videre i metode 2 for fastsettelse av andel energi til tappevannsoppvarming.

4.2 Materiale/dataunderlag

Etter filtreringen som forklart i forrige avsnitt, var det klart for å fjerne ikke-sammenlignbare data som ekstremverdier som representerer åpenbare feilmålinger og duplikater. Ekstremverdiene ble funnet ved å sammenligne tilsvarende måneder for flere år ved siden av hverandre og se på differanser. Forbruksprofiler ble også laget for å se etter peaker og unaturligheter. Noen kunder hadde duplikater i datasettet. Disse ble fjernet ved hjelp av en formateringsfunksjon. Kunder med 0-verdier i noen perioder ble beholdt.



FIGUR 5: EKSTREMVERDI ILLUSTRERT FOR ETT ENKELT NÆRINGSBYGG

Figur 5 viser ekstremverdier for ett enkelt næringsbygg i utvalget. I månedene april til juli 2009 ble det registrert topper der månedsforbruket var mellom 27 til 35 GWh. Dette er mellom 15 og 20 ganger så stort som byggets gjennomsnittlige, årlige forbruk og et typisk eksempel på en feil som påvirker hele datasettet. Etter å ha gravd videre nedover i timesdataene viste det seg at målingene skyldtes målefeil gjennom noen timer i hver av de berørte månedene.

Resultatet disse to kapitlene ender opp med er det endelige utvalget som brukes videre i resten av studien. Dette består av totalt 178 bygg fordelt på 30 boligkunder og 148 næringskunder.

4.3 Estimering av andel energi til tappevannsoppvarming

De to forskjellige metodene for utregning av energi brukt til oppvarming av tappevann er nå brukt på kundegruppene beskrevet i kapittel 3.3. Figurene er laget ved hjelp av resultater regnet ut etter formler i kapittel 3.3.1 og 3.3.2.

For at det ikke skal bli for mye oppramsing og at det skal være mulig å trekke ut noen håndfaste resultater, vil det bare være kundegruppe I og II, bolig- og næringskunder som tas opp i tillegg til totale tappevannandeler for hele utvalget for de to metodene. Alle gruppene vil i sin helhet tas opp i delkapittel 4.5 og senere i kapittel 5.5. Det er verdt å merke seg at alle de forskjellige kundegruppene har fått forskjellige estimert tappevannsforbruk og –andeler basert på deres egne kunder. Likevel er det bolig- og næringskunder som er hovedgruppene og dermed behandles som hovedresultater.

4.3.1 Metode 1 – juni, juli og august

Totalt for alle kundene i utvalget er tappevannsforbruket og tappevannandelen for alle år som vist i Tabell 1. Denne andelen er bare vist for sammenligning med Hafslund Varmes anslag på at 15-20 % av det totale fjernvarmebruket går til oppvarming av tappevann. Som det kan ses av tabellen er der andelen estimert ved hjelp av metode 1 høyere.

TABELL 1: FJERNVARME BRUKT TIL OPPVARMING AV TAPPEVANN, HELE UTVALGET (TV1)

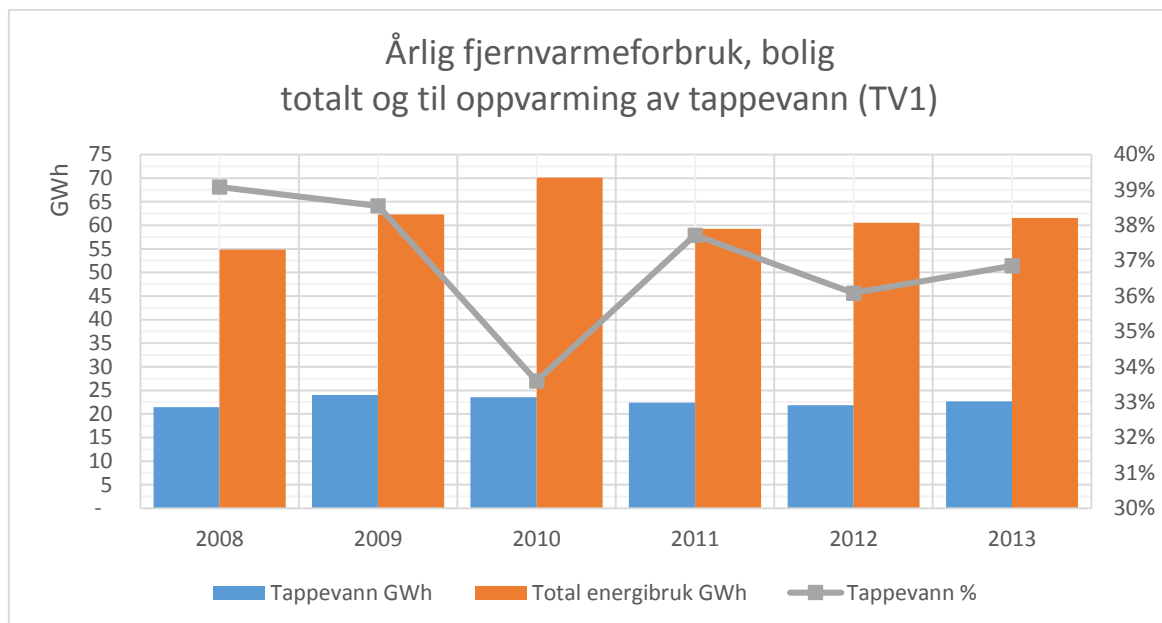
| Hele utvalget | Fjernvarme til tappevann, kWh | Total fjernvarme, kWh | Andel |
|----------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------|
| Alle år | 355,776,282 | 1,590,664,993 | 22,4 % |

Boligkunder

TABELL 2: FJERNVARME BRUKT TIL OPPVARMING AV TAPPEVANN, BOLIGKUNDER (TV1)

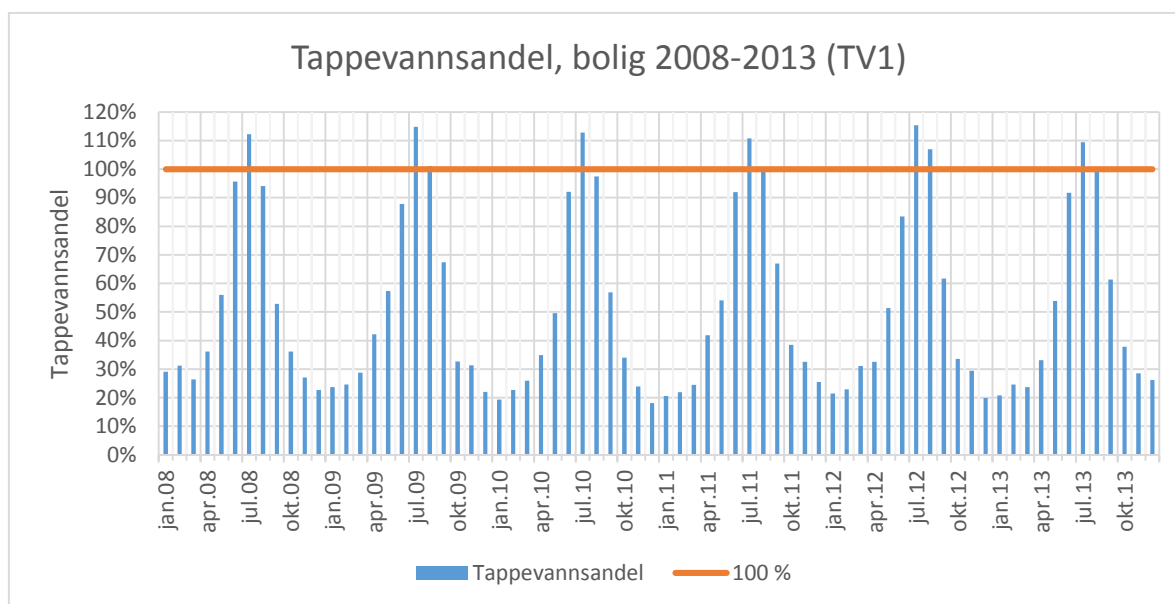
| År | Fjernvarme til tappevann, kWh | Total fjernvarme, kWh | Andel |
|---------|-------------------------------|-----------------------|--------|
| 2008 | 21,442,720 | 54,866,408 | 39.1 % |
| 2009 | 24,028,459 | 62,329,982 | 38.6 % |
| 2010 | 23,567,076 | 70,139,749 | 33.6 % |
| 2011 | 22,359,825 | 59,276,576 | 37.7 % |
| 2012 | 21,850,905 | 60,555,853 | 36.1 % |
| 2013 | 22,693,592 | 61,570,740 | 36.9 % |
| Alle år | 135,942,577 | 368,739,309 | 36.9 % |

Tabellen viser i andre kolonne den samlede energibruken fra fjernvarme til oppvarming av tappevann for alle de 30 boligkundene i utvalget for hvert enkelt år. I neste kolonne vises tilsvarende den totale, ukorrigerede fjernvarmebruken. Siste kolonne representerer andelen til oppvarming av tappevann av den totale energibruken for hvert enkelt år. Nedersetete rad representerer alle årene samlet under ett, der summen av energi til oppvarming av tappevann for alle år er dividert på det totale forbruket. Det kan være verdt å merke seg at den gjennomsnittlige tappevannsandelen til alle boligkunder er 36,9 % for hele perioden. Dette er vesentlig høyere enn Hafslunds anslag på 15-20 % nevnt i kapittel 3.3, selv om dette er basert på alle kundenes totalforbruk.



FIGUR 6: ÅRLIG TAPPEVANN- OG TOTALFORBRUK, BOLIG 2008-2013

Figur 6 framstiller hvordan utviklingen i tappevannsandelen har vært mellom årene i perioden. Merk at oppløsningen her er på år og ikke månedsbasis og at punktene på linja representerer det enkelte års tappevannsandel. Tilsvarende kan det totale fjernvarmeforbruket for alle de 30 boligkundene i utvalget leses av, og det kan ses hvordan denne har variert mellom 54,87 GWh i 2008 og 70,14 GWh i 2010. Som en tredje parameter er fjernvarmeforbruket til tappevannsoppvarming i kWh tatt med for å vise hvordan dette varierer mellom de forskjellige årene. En viktig observasjon er at dette i tråd med totalforbruket er høyest i 2009 og 2010.



FIGUR 7: TAPPEVANNSANDEL, BOLIG 2008-2013

De månedlige andelene av fjernvarme som går til oppvarming tappevann er illustrert i Figur 7 og gjør det lettere å sammenligne fordelingen mellom forskjellige måneder og år. I tillegg vises også den røde linja som representerer 100 %. Når denne overstiges, betyr det at den beregnede tappevannsandelen er høyere enn det faktiske energiforbruket av fjernvarme. Andelene svinger med sesongvariasjonene i utetemperatur og er lave på vinteren der mye energi brukes til rom- og ventilasjonsoppvarming. Om sommeren antas det at nesten alt brukes til oppvarming av tappevann og satsene er dermed lavere. Legg merke til at juni, juli og august er de månedene med høyest tappevannsandel, med juli som den største for alle årene i perioden. Hvorfor tappevannsandelen overstiger 100 % i noen perioder vil forklares og diskuteres nærmere i kapittel 5.3.1.

Verdiene som danner grunnlaget for Figur 7 er presentert i Tabell 3.

TABELL 3: MÅNEDSVISE TAPPEVANSSATSER, BOLIG 2008-2013 (TV1)

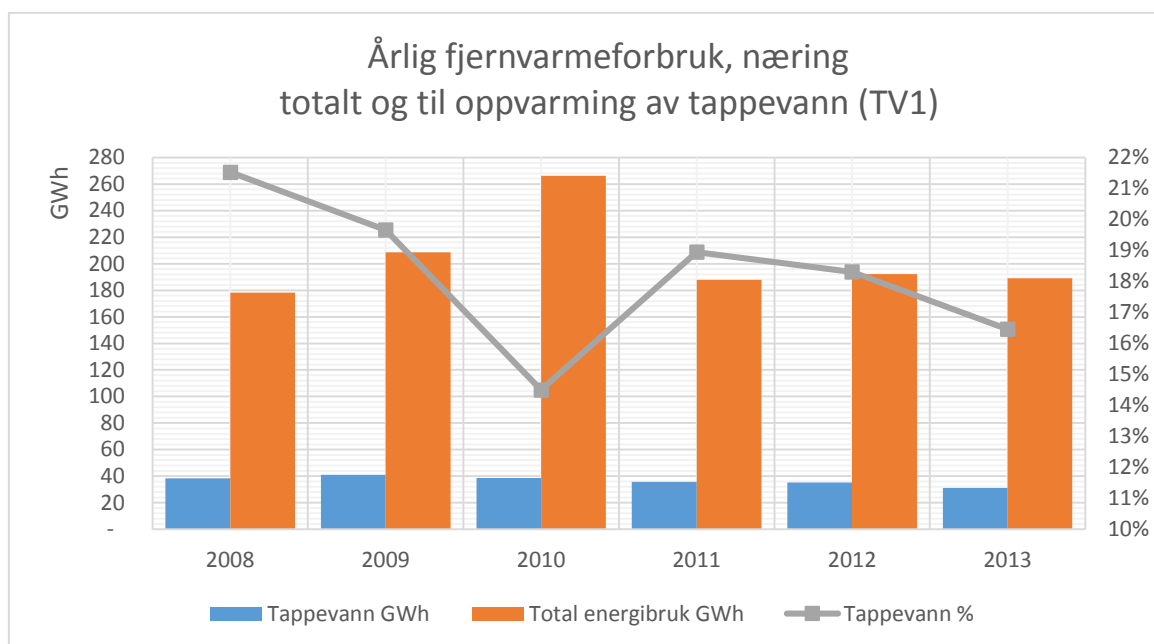
| | Jan | Feb | Mar | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Des |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 2008 | 29,1 % | 31,3 % | 26,4 % | 36,1 % | 55,9 % | 95,6 % | 112,3 % | 94,1 % | 52,9 % | 36,2 % | 27,1 % | 22,8 % |
| 2009 | 23,8 % | 24,7 % | 28,7 % | 42,2 % | 57,4 % | 87,8 % | 114,8 % | 101,0 % | 67,4 % | 32,7 % | 31,3 % | 22,0 % |
| 2010 | 19,4 % | 22,7 % | 26,0 % | 34,9 % | 49,6 % | 92,0 % | 112,7 % | 97,4 % | 56,8 % | 34,1 % | 23,9 % | 18,1 % |
| 2011 | 20,5 % | 22,0 % | 24,5 % | 41,9 % | 54,1 % | 92,0 % | 110,8 % | 99,0 % | 67,0 % | 38,6 % | 32,6 % | 25,5 % |
| 2012 | 21,5 % | 22,9 % | 31,1 % | 32,5 % | 51,4 % | 83,5 % | 115,3 % | 107,0 % | 61,7 % | 33,6 % | 29,5 % | 19,9 % |
| 2013 | 20,8 % | 24,6 % | 23,7 % | 33,2 % | 53,9 % | 91,7 % | 109,4 % | 100,5 % | 61,4 % | 37,9 % | 28,5 % | 26,2 % |

Næringskunder

TABELL 4: FJERNVARME BRUKT TIL OPPVARMING AV TAPPEVANN, NÆRINGSKUNDER (TV1)

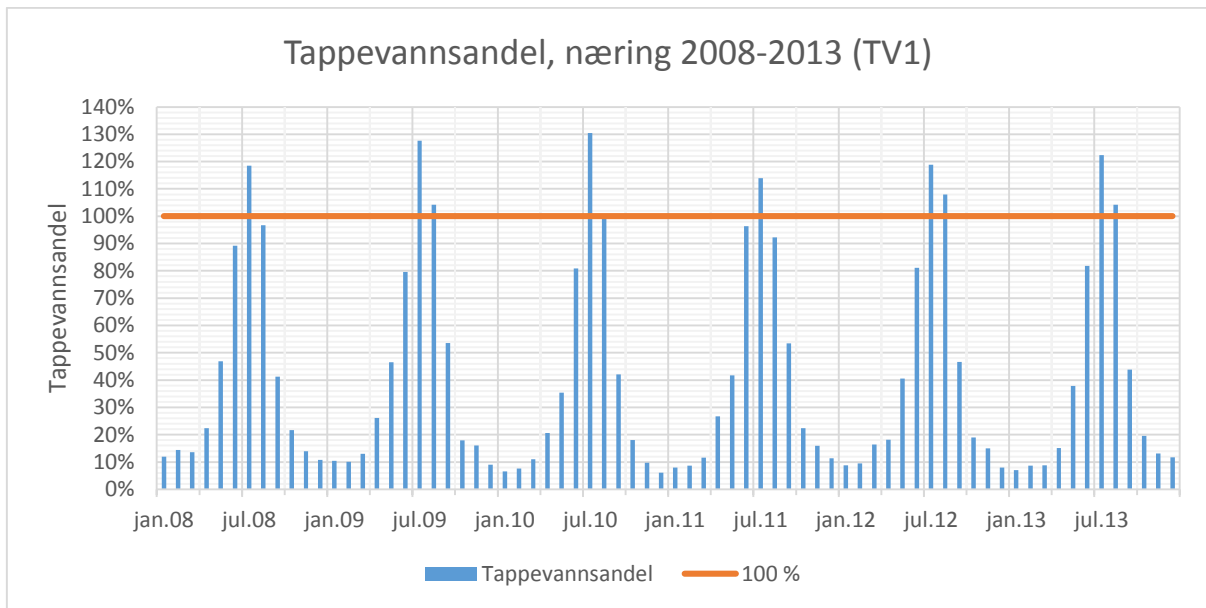
| År | Fjernvarme til tappevann, kWh | Total fjernvarme, kWh | Andel |
|---------|-------------------------------|-----------------------|--------|
| 2008 | 38,362,272 | 178,195,988 | 21.5 % |
| 2009 | 40,997,558 | 208,542,107 | 19.7 % |
| 2010 | 38,592,382 | 266,171,055 | 14.5 % |
| 2011 | 35,613,126 | 187,942,162 | 18.9 % |
| 2012 | 35,172,695 | 192,114,708 | 18.3 % |
| 2013 | 31,095,671 | 188,959,664 | 16.5 % |
| Alle år | 219,833,704 | 1,221,925,684 | 18.0 % |

Tabell 4 viser det samme som Tabell 2, bare for utvalgets 148 næringsbygg. Det er verdt å merke seg at hele periodens gjennomsnittlige tappevannsandel er på 18 %. For boliger er tilsvarende gjennomsnittlig andel 36,9 %, altså over dobbelt så stor. I forhold til Hafslunds anslag for andel av energien som brukes til tappevannsoppvarming stemmer denne bedre.



FIGUR 8: ÅRLIG TAPPEVANNS- OG TOTALFORBRUK, NÆRING 2008-2013

Som for boliger må det også her bemerkes at oppløsningen i Figur 8 er på års- og ikke månedsbasis. Totalforbruket varierer fra 178,20 GWh i 2008 til toppen på 266,17 GWh i 2010. Som for boligkunder er det også her en topp i forbruket til tappevannsoppvarming i 2009. 2010 er med knapp margin til 2008 året med nest høyest energiforbruk til tappevannsoppvarming. Her var forskjellen større for boligbygg. Det kan også observeres at tappevannsandelen har en annen utvikling og form på kurven, spesielt i 2013.



FIGUR 9: TAPPEVANNSANDEL, NÆRING 2008-2013

I forhold til Figur 7 for boliger, er tappevannssandelene om sommeren høyere for næringsbygg illustrert i Figur 9. Mens overskridelsene for boliger lå under 15 % for alle år, er de her jevnt over høyere med topper på 27,7 % for juli i 2009 og 30,4 % i juli 2010.

Andelene som danner grunnlaget for Figur 9 er presentert i Tabell 5.

TABELL 5: MÅNEDSVISE TAPPEVANNSSATSER, NÆRING 2008-2013 (TV1)

| | Jan | Feb | Mar | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Des |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 2008 | 11,9 % | 14,4 % | 13,6 % | 22,4 % | 46,9 % | 89,2 % | 118,5 % | 96,7 % | 41,3 % | 21,7 % | 14,0 % | 10,7 % |
| 2009 | 10,4 % | 10,0 % | 13,0 % | 26,1 % | 46,5 % | 79,6 % | 127,7 % | 104,2 % | 53,6 % | 17,9 % | 16,0 % | 9,0 % |
| 2010 | 6,6 % | 7,6 % | 11,0 % | 20,6 % | 35,4 % | 80,9 % | 130,4 % | 100,3 % | 42,1 % | 18,1 % | 9,7 % | 6,1 % |
| 2011 | 8,0 % | 8,7 % | 11,6 % | 26,7 % | 41,7 % | 96,3 % | 114,0 % | 92,2 % | 53,4 % | 22,4 % | 15,9 % | 11,3 % |
| 2012 | 8,8 % | 9,5 % | 16,4 % | 18,2 % | 40,6 % | 81,1 % | 118,8 % | 108,0 % | 46,6 % | 18,9 % | 15,0 % | 8,0 % |
| 2013 | 7,0 % | 8,7 % | 8,8 % | 15,1 % | 37,8 % | 81,8 % | 122,4 % | 104,1 % | 43,8 % | 19,6 % | 13,1 % | 11,7 % |

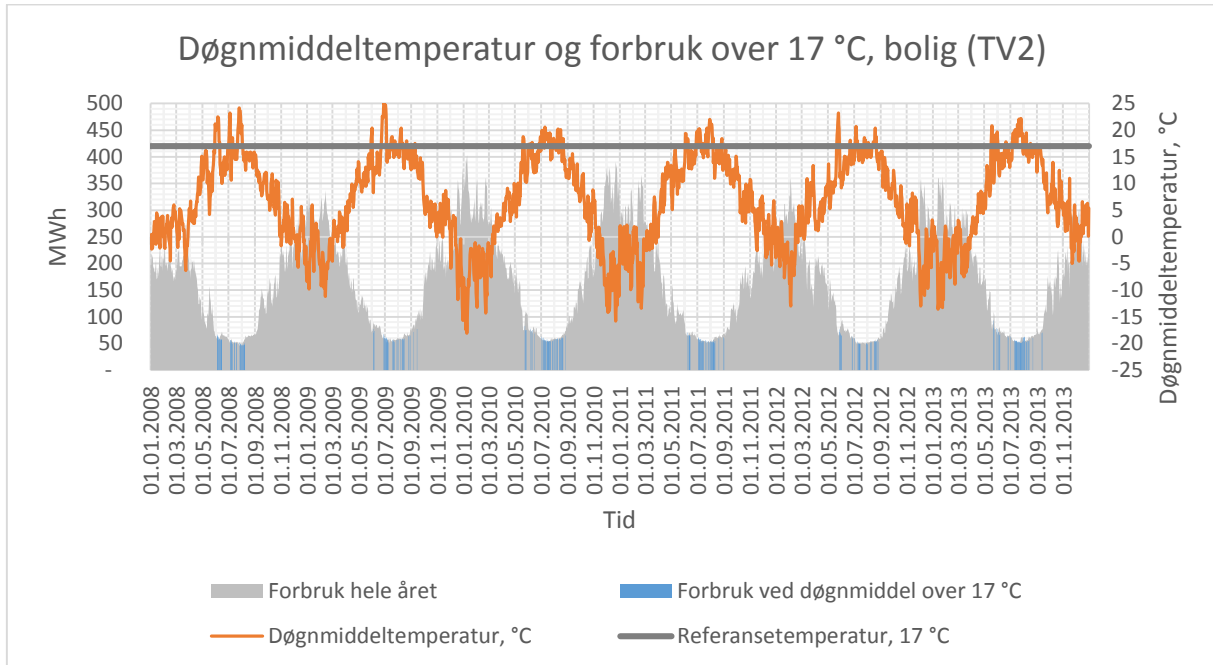
4.3.2 Metode 2 - Alle dager med en middeltemperatur over 17,0 °C

Totalt for alle kundene i utvalget er tappevannsforbruket og tappevannandelen for alle år som vist i Tabell 6. I forhold til estimering ved hjelp av TV1 er det totale forbruket av fjernvarme til oppvarming av tappevann lavere og andelen 18,8 % i stedet for 22,4 %. Estimering ved denne metoden viser resultater for hele utvalget som er innenfor Hafslunds anslåtte intervall.

TABELL 6: FJERNVARME BRUKT TIL OPPVARMING AV TAPPEVANN, HELE UTVALGET (TV2)

| Hele utvalget | Fjernvarme til tappevann, kWh | Total fjernvarme, kWh | Andel |
|---------------|-------------------------------|-----------------------|--------|
| Alle år | 299,515,254 | 1,590,664,993 | 18.8 % |

Boligkunder



FIGUR 10: DØGNMIDDELTEMPERATUR OG FORBRUK OVER 17 °C, BOLIG

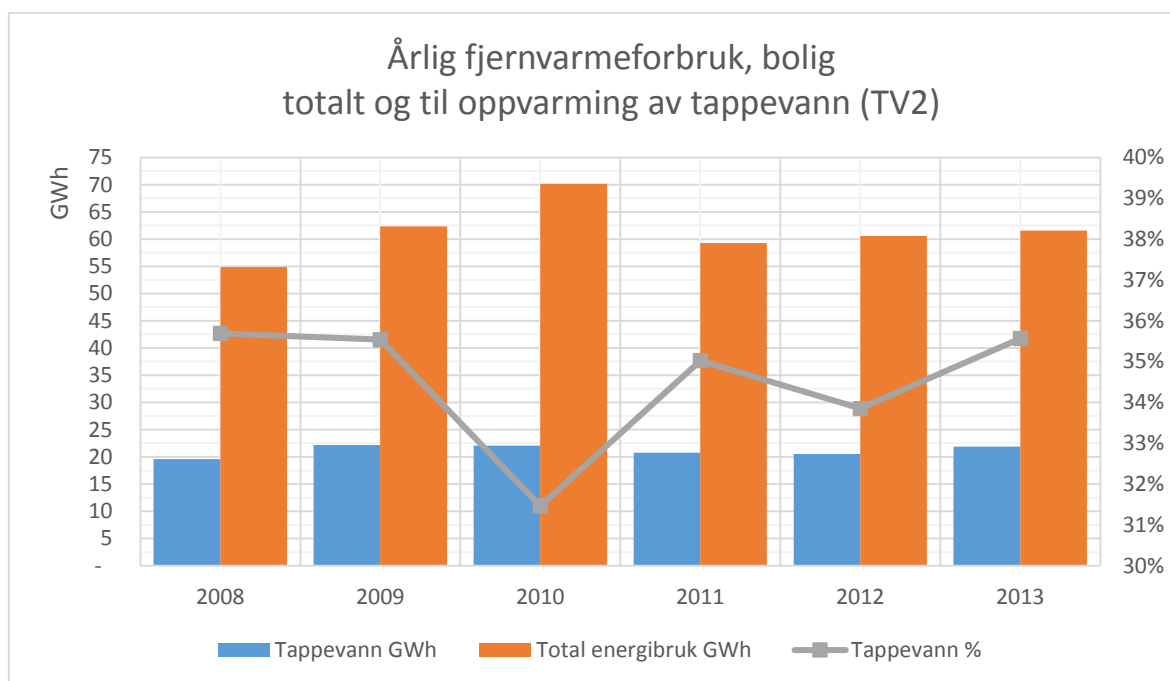
Når det kommer til metode 2 for utregning av tappevannsandeler, er det hensiktsmessig å ta med temperaturen som en parameter i resultatene som har framkommet i studien. Figur 10 viser døgnmiddeltemperaturen det tas utgangspunkt i som den oransje linja. Denne svinger naturlig over året med sommer og vinter. Videre representerer den mørkegrå linja referansetemperaturen på 17 °C. Når døgnmiddeltemperaturen er høyere enn dette punktet, antas det at all energi som tas ut av fjernvarmenettet går til tappevannsoppvarming. Det grå og blå arealet i figuren symboliserer energiuttaket av fjernvarme. I perioder med en døgnmiddeltemperatur over 17 °C blir arealet blått. Bredden på det blå arealet tilsvarer bredden på området der temperaturlinja overstiger referansetemperaturen og dermed også forbruket i disse periodene. Hadde figuren hatt høyere oppløsning, hadde det vært lettere å se hvordan de enkelte stolpene representerer forbruket hver enkelt dag. Gjennomsnittsförbruket for alle de blå stolpene tilsvarer det daglige energiförbruket til tappevannsoppvarming.

Det kan observeres høyere toppe i døgnmiddeltemperaturen sommeren 2008 enn i de andre årene. Tilsvarende er vinteren 2009-2010 kaldere enn resten av perioden og det er også i denne perioden det høyeste förbruket er registrert.

TABELL 7: FJERNVARME BRUKT TIL OPPVARMING AV TAPPEVANN, BOLIGKUNDER (TV2)

| År | Energi til tappevann, kWh | Total energibruk, kWh | Andel |
|-----------|--------------------------------------|----------------------------------|--------------|
| 2008 | 19,583,279 | 54,866,408 | 35.7 % |
| 2009 | 22,150,639 | 62,329,982 | 35.5 % |
| 2010 | 22,070,502 | 70,139,749 | 31.5 % |
| 2011 | 20,761,289 | 59,276,576 | 35.0 % |
| 2012 | 20,500,513 | 60,555,853 | 33.9 % |
| 2013 | 21,897,925 | 61,570,740 | 35.6 % |
| Alle år | 126,964,147 | 368,739,309 | 34.4 % |

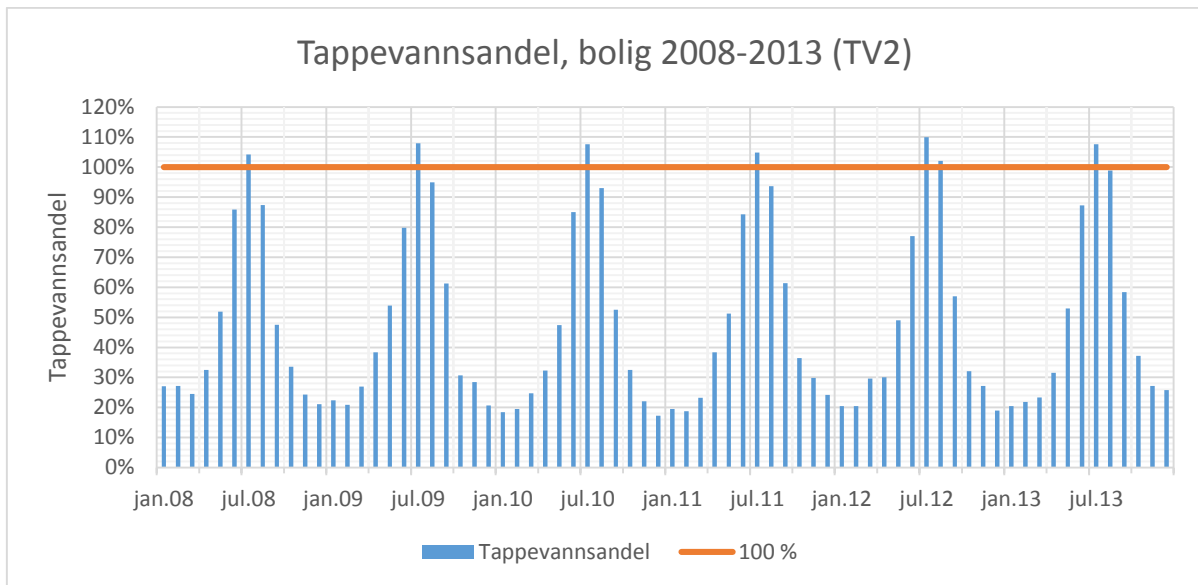
Etter å ha summert opp forbruket for hver enkelt av de 30 boligkundene og gjennomsnittsberegnet det for alle dager med en døgnmiddeltemperatur over 17 °C, ble de årlige tappevannsandelene som vist i Tabell 7 funnet ut i fra den totale energibruken i kWh. Totalt for alle årene, ble denne gjennomsnittlig tappevannsandelen på 34,4%. Dette er lavere enn andelen på 36,9 % som ble estimert for boliger ved hjelp av TV1 og dermed også litt nærmere Hafslunds egne anslag på 15-20 %.



FIGUR 11: ÅRLIG TAPPEVANN OG TOTALFORBRUK, BOLIG 2008-2013 (TV2)

Det kan ut fra Figur 11 observeres at det estimerte forbruket til oppvarming av tappevann er lavere enn ved tilsvarende utregning ved hjelp av TV1 i Figur 6. Totalforbruket som er målt og summert opp for hele kundegruppen er det samme. Differansen mellom høyeste og laveste tappevannsandel er på 4,2 % her og 5,5 % ved bruk av TV1.

Når det kommer til de månedsvise tappevannsandelene, illustrert i Figur 12, er disse satsene som tidligere nevnt lavere enn ved bruk av TV1. Dette kan tydelig ses på toppene som i mindre grad overstiger 100 % i sommermånedene.



FIGUR 12: TAPPEVANNSSANDEL, BOLIG 2008-2013 (TV2)

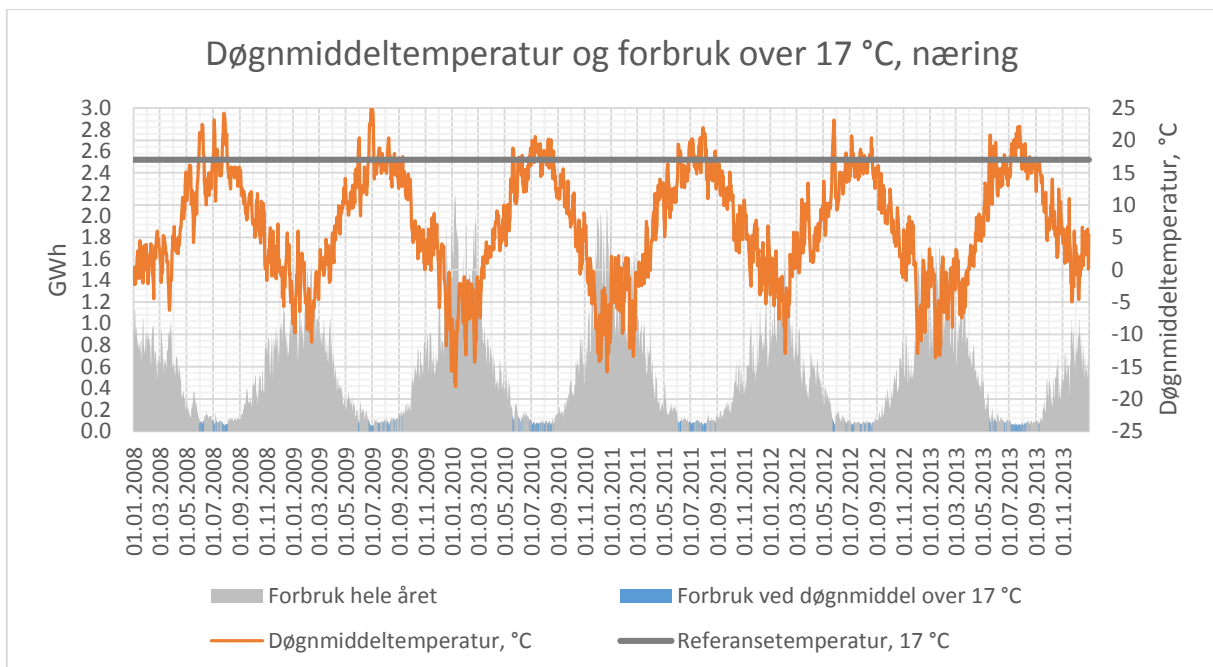
Både toppene og dalene i Figur 12 er lavere enn ved bruk av TV1 i Figur 7. Dette er i tråd med allerede viste figurer og viser at det estimerte energiforbruket til tappevannsoppvarming ved hjelp av TV2 blir lavere enn ved bruk av TV1. Den høyeste toppen ved bruk av denne metoden, er juli 2012 der tappevannssandelen var på 110 %. Dette er vesentlig lavere enn TV1 som i samme periode estimerte et forbruk på 115 % av det totale energiforbruket. De høyeste tre toppene er juni, juli og august med juli som den høyeste og dermed også måneden med de høyest tappevannssandel for alle år. Dette tilsvarer resultatene fra estimeringen ved hjelp av den første metoden. Det er også verdt å merke seg at alle andelene som overstiger 100 % ved bruk av TV2 er lavere enn de tilsvarende verdier estimert ved hjelp av TV1.

Andelene som danner grunnlaget for Figur 12 er presentert i Tabell 8.

TABELL 8: MÅNEDSVISE TAPPEVANSSATSER, BOLIG 2008-2013 (TV2)

| | Jan | Feb | Mar | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Des |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 2008 | 27.0 % | 27.2 % | 24.5 % | 32.5 % | 51.9 % | 85.9 % | 104.2 % | 87.3 % | 47.5 % | 33.6 % | 24.3 % | 21.1 % |
| 2009 | 22.3 % | 20.9 % | 27.0 % | 38.4 % | 53.9 % | 79.8 % | 107.9 % | 94.9 % | 61.2 % | 30.7 % | 28.4 % | 20.7 % |
| 2010 | 18.5 % | 19.5 % | 24.8 % | 32.2 % | 47.4 % | 85.0 % | 107.6 % | 93.0 % | 52.5 % | 32.5 % | 22.1 % | 17.3 % |
| 2011 | 19.4 % | 18.8 % | 23.2 % | 38.3 % | 51.2 % | 84.2 % | 104.9 % | 93.7 % | 61.4 % | 36.5 % | 29.8 % | 24.1 % |
| 2012 | 20.5 % | 20.5 % | 29.7 % | 30.0 % | 49.0 % | 77.0 % | 110.0 % | 102.0 % | 57.0 % | 32.0 % | 27.2 % | 19.0 % |
| 2013 | 20.5 % | 21.8 % | 23.3 % | 31.6 % | 53.0 % | 87.3 % | 107.6 % | 98.8 % | 58.4 % | 37.2 % | 27.1 % | 25.7 % |

Næringskunder



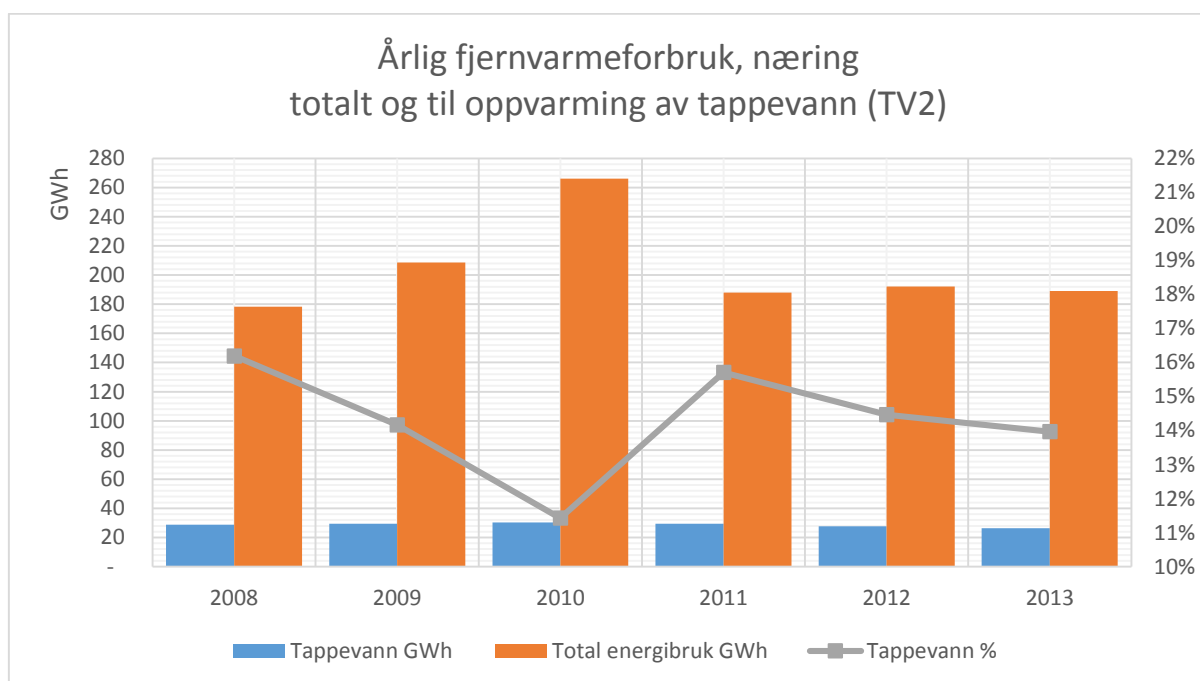
FIGUR 13: DØGNMIDDELTEMPERATUR OG FORBRUK OVER 17 °C, NÆRING

Det kan i Figur 13 som for bolig i Figur 10, observeres høye forbrukstopper vinteren 2009-2010 og 2010-2011. Den samme perioden har også de laveste døgnmiddeltemperaturene.

TABELL 9: FJERNVARME BRUKT TIL OPPVARMING AV TAPPEVANN, NÆRINGSKUNDER (TV2)

| År | Energi til tappevann, kWh | Total energibruk, kWh | Andel |
|-----------|--------------------------------------|----------------------------------|--------------|
| 2008 | 28,861,348 | 178,195,988 | 16.2 % |
| 2009 | 29,543,569 | 208,542,107 | 14.2 % |
| 2010 | 30,424,773 | 266,171,055 | 11.4 % |
| 2011 | 29,529,815 | 187,942,162 | 15.7 % |
| 2012 | 27,791,890 | 192,114,708 | 14.5 % |
| 2013 | 26,399,712 | 188,959,664 | 14.0 % |
| Alle år | 172,551,107 | 1,221,925,684 | 14.1 % |

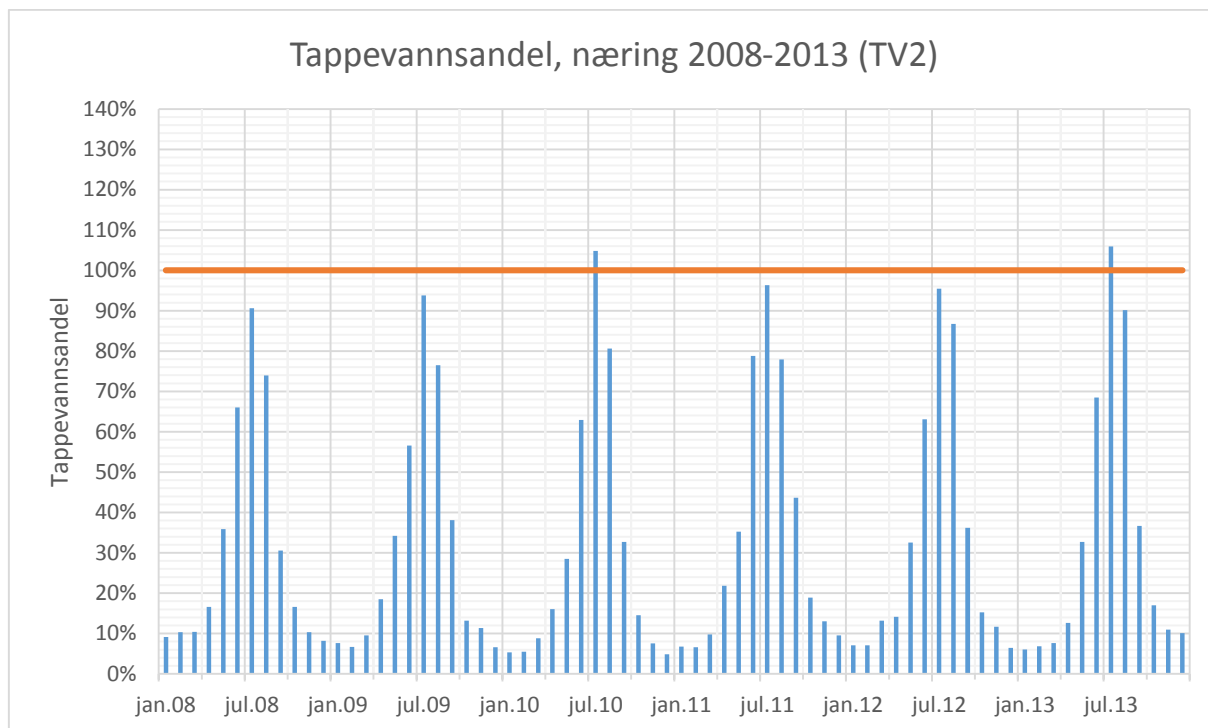
Tabell 9 viser forbruket som har blitt summert opp for hver enkelt av de 148 næringskundene og gjennomsnittsberegnet for alle dager med en døgnmiddeltemperatur over 17 °C. Totalt for alle årene, ble denne gjennomsnittlig tappevannsandelen på 14,1 %. Dette er vesentlig lavere enn andelen på 18,0 % som ble estimert i metode 1. Det desidert høyeste forbruket av energi fra fjernvarme var i 2010, da de kaldeste periodene også fant sted. Dette er vist i Figur 13. Som følge av dette er det også i 2010 den laveste tappevannsandelen finner sted.



FIGUR 14: ÅRLIG TAPPEVANN OG TOTALFORBRUK, NÆRING 2008-2013 (TV2)

I forhold til Figur 8 som viser det samme, regnet ut ved hjelp av TV1, er forbruket til tappevannsoppvarming og tappevannsandelen vesentlig lavere i Figur 14 gjennom hele perioden.

Linjas trend er også noe forskjellig selv om hovedtendensen med en bunn i 2010 og oppgang til 2011 er lik.



FIGUR 15: TAPPEVANNSSANDEL, NÆRING 2008–2013 (TV2)

Som resultatene for boligkunder i Figur 12 kan det i Figur 15 ses at andelene i sommermånedene ikke i like stor grad som ved bruk av TV1 overstiger 100 %. Dette skjer bare med 4,8 % i juli 2010 og 5,9 % juli 2013. I Figur 9, som illustrerer de samme resultatene for næringskudner estimert med TV1, skjer dette i juli i alle år og i august i 2009, 2010, 2012 og 2013. Den største overstigelsen av det faktiske totalforbruket skjedde i juli 2009 da tappevannssandelen ble overestimert med 28 %. De tre høyeste toppene som skiller seg ut representerer juni, juli og august. Juli er har den høyeste toppen i alle år.

Andelene som danner grunnlaget for Figur 15 er presentert i Tabell 10.

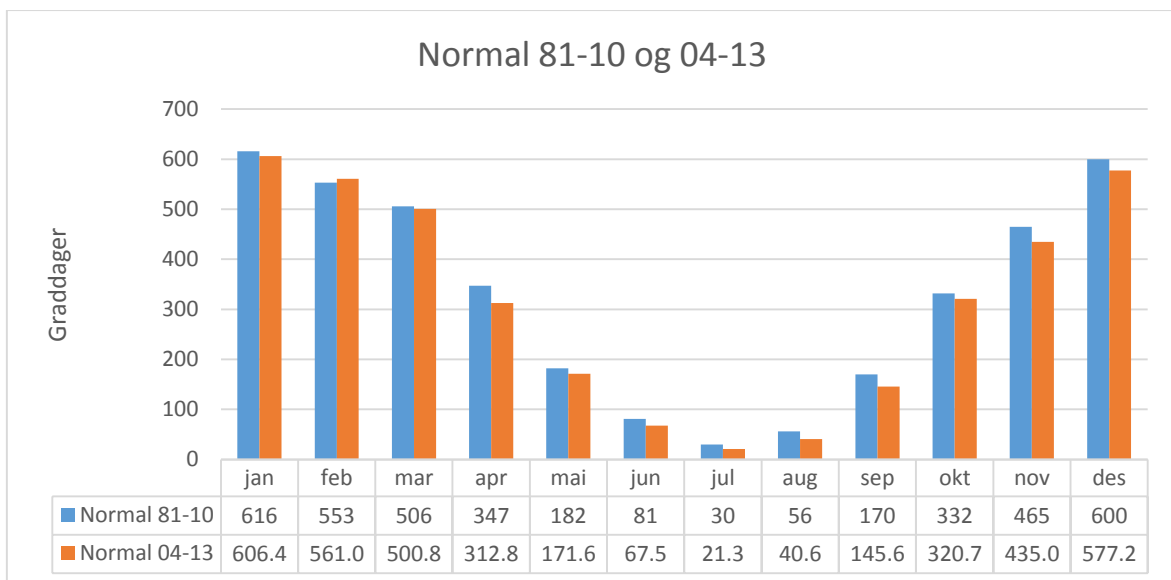
TABELL 10: MÅNEDSVISE TAPPEVANSSATSER, NÆRING 2008-2013 (TV2)

| | Jan | Feb | Mar | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Des |
|-------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2008 | 9.1 % | 10.3 % | 10.4 % | 16.6 % | 35.9 % | 66.0 % | 90.6 % | 73.9 % | 30.5 % | 16.6 % | 10.3 % | 8.2 % |
| 2009 | 7.6 % | 6.7 % | 9.5 % | 18.5 % | 34.2 % | 56.6 % | 93.8 % | 76.5 % | 38.1 % | 13.1 % | 11.4 % | 6.6 % |
| 2010 | 5.3 % | 5.5 % | 8.9 % | 16.0 % | 28.5 % | 62.9 % | 104.8 % | 80.6 % | 32.7 % | 14.5 % | 7.5 % | 4.9 % |
| 2011 | 6.7 % | 6.6 % | 9.8 % | 21.8 % | 35.2 % | 78.8 % | 96.3 % | 77.9 % | 43.7 % | 18.9 % | 13.0 % | 9.6 % |
| 2012 | 7.1 % | 7.1 % | 13.2 % | 14.1 % | 32.6 % | 63.1 % | 95.4 % | 86.7 % | 36.2 % | 15.2 % | 11.7 % | 6.4 % |
| 2013 | 6.0 % | 6.8 % | 7.6 % | 12.7 % | 32.7 % | 68.5 % | 105.9 % | 90.1 % | 36.7 % | 17.0 % | 10.9 % | 10.1 % |

4.4 Graddagskorrigerering

Rapporten med de målte graddagene ble hentet ned som beskrevet i kapittel 3.4 og de månedsbaserte graddagstallene ble summert opp til årsverdier uten desimaltall.

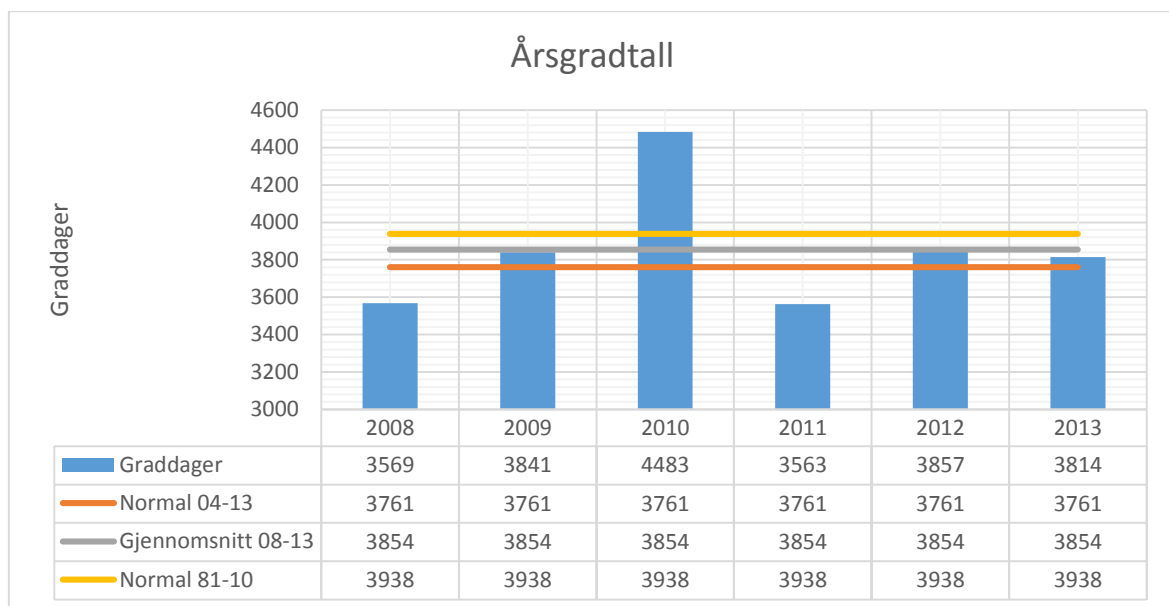
Den flytende normalen som ble laget av det gjennomsnittlige antallet graddager de ti siste årene fra 2004 til 2013 ble laget, og denne er illustrert i Figur 16.



FIGUR 16: NORMAL 81-10 OG FLYTENDE NORMAL 04-13

Som det kan ses av figuren er det vesentlig forskjell på den flytende normalen som i denne oppgaven brukes i steden for standard 81-10. Antall graddager er lavere i samtlige måneder bortsett fra februar som i gjennomsnitt har vært kaldere de siste ti årene enn i perioden 81-10. Januar til mars er generelt ganske jevne, mens forskjellen relativt sett er større i resten av året.

Forholdet mellom de målte graddagene som ble hentet ned fra eKlima og normal 04-13, er illustrert i figur Figur 17 nedenfor.

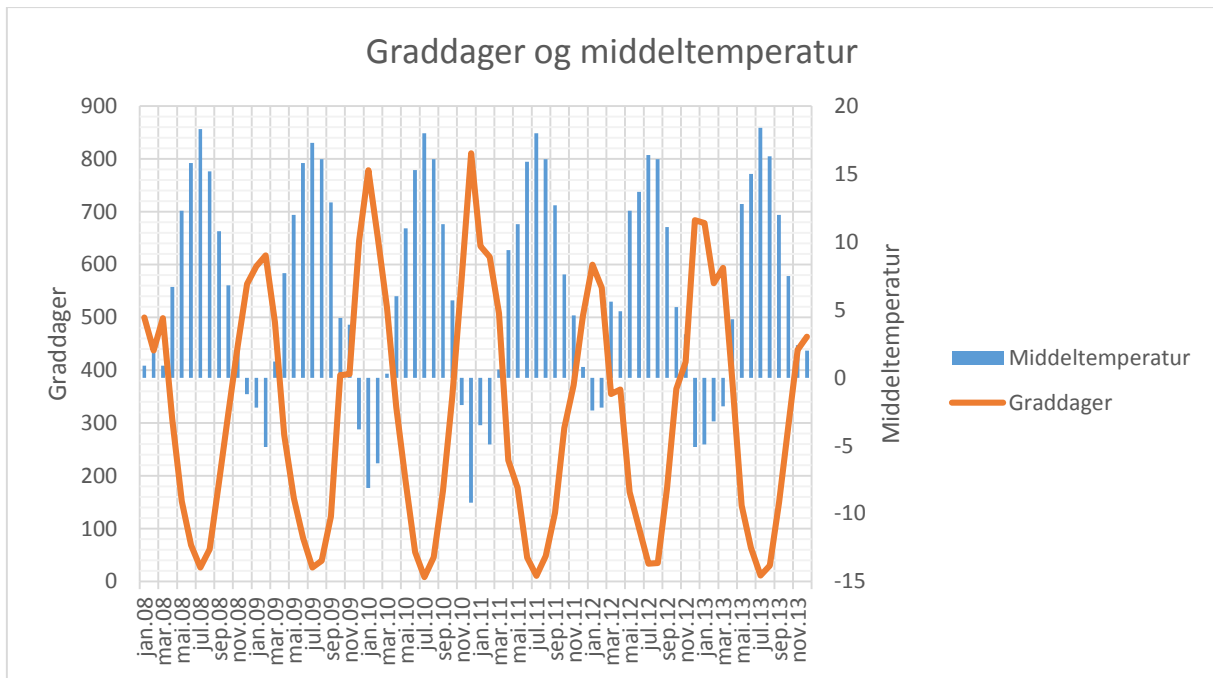


FIGUR 17: MÅLTE GRADDAGER OG NORMAL 04-13

Som det kan ses av figuren, ligger den flytende normalen litt under, men veldig nær gjennomsnittet av 2008-2013, årene i perioden som analyseres. Det kan også ses her at 2010 var vesentlig mye kaldere enn normalen og at 2008 og 2011 var varmere. 2009, 2012 og 2013 lå alle nær gjennomsnittet av 08-13 og litt over den flytende normalen. Den gule linja symboliserer normal 81-10 som ligger en del høyere enn den flytende normalen og over alle de målte graddagene med unntak av kaldåret 2010.

På månedsbasis viser neste figur hvordan graddagene henger sammen med middeltemperaturen. Her kan det tydelig ses hvordan antallet graddager er vesentlig høyere vinteren 09-10 og 10-11.

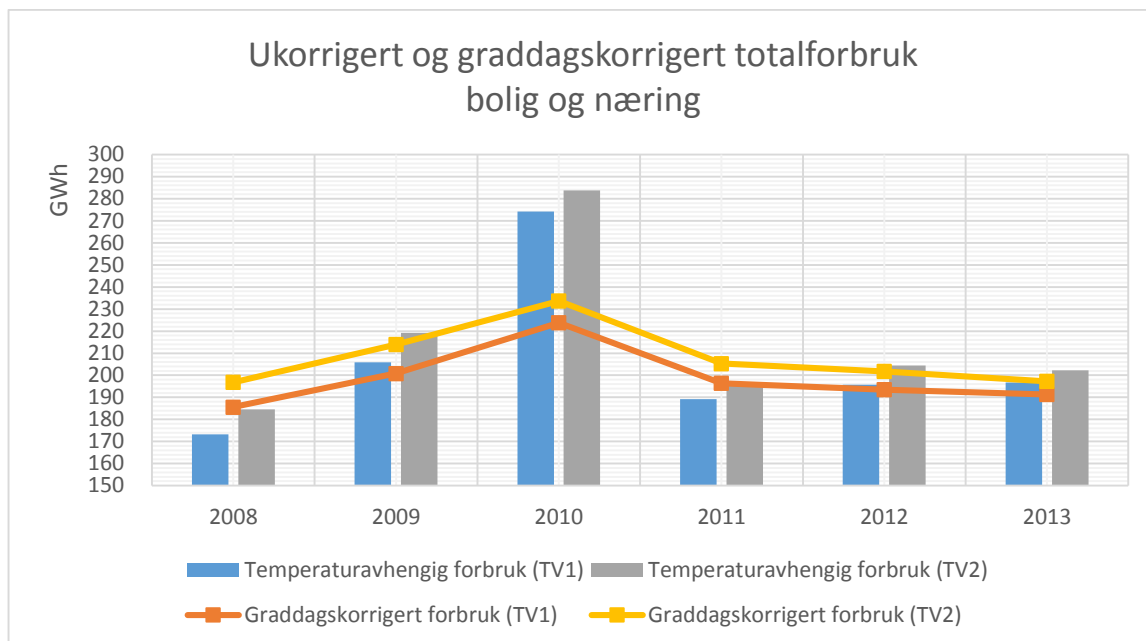
Middeltemperaturen i dette tilfellet er månedsmiddeltemperaturen, altså gjennomsnittet av alle månedens døgnmiddeltemperaturer.



FIGUR 18: GRADDAGER OG MÅNEDSMIDDELTEMPERATURER

Det er ikke hensiktsmessig å vise det graddagskorrigerede forbruket for alle kundegrupper ettersom dette senere settes sammen med det temperaturuavhengige for deretter å brukes i framstillingen av de forskjellige trendene i neste delkapittel. Likevel er det nyttig å se hvordan de to forskjellige metodene for estimering av energi til oppvarming av tappevann påvirker størrelsen på det temperaturavhengige forbruket som skal korrigeres, og dermed også det graddagskorrigerede forbruket.

I Figur 19, vises forskjellen mellom det graddagskorrigerede og ukorrigerede forbruket etter hvilken metode som er brukt for å skille det temperaturavhengige og -uavhengige forbruket.



FIGUR 19: UKORRIGERT OG GRADDAGSKORRIGERT FORBRUK BOLIG OG NÆRING

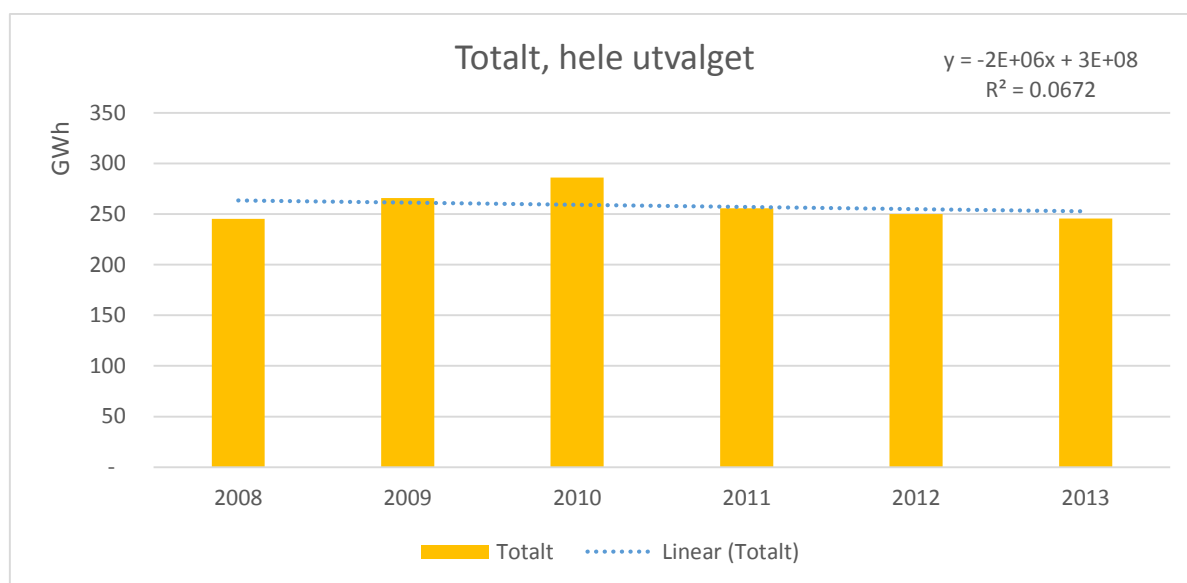
Som det kan leses av figuren, senkes toppen i 2010 kraftig ved bruk av begge metoder i tillegg til at årene med lite forbruk løftes opp. Selv om utgangspunktet var det samme for begge seriene kan det observeres at det temperaturavhengige forbruket ved hjelp av TV1 ble anslått til 274 151 346 kWh i 2010 og redusert til et korrigert forbruk på 223 845 691 kWh. Tilsvarende ble TV2 redusert fra 283 815 529 kWh til 233 695 543 kWh. Mellom det ukorrigerede forbruket estimert med TV1 og TV2 var det en differanse på 9 664 183 kWh, eller knappe 9,7 GWh. Mellom de korrigerede forbrukene var differansen tilsvarende 9 849 852 kWh, ca. 9,8 GWh.

Selv om graddagskorrigeringen flater ut en del, klarer den ikke å ta hele toppen i 2010. Legg merke til at y-aksen starter på 150 GWh for å gjøre det lettere å se forskjellene. Hadde denne startet på 0 ville kurven og differansene mellom årene sett flatere ut.

4.5 Utviklingstrend

4.5.1 Hele utvalget

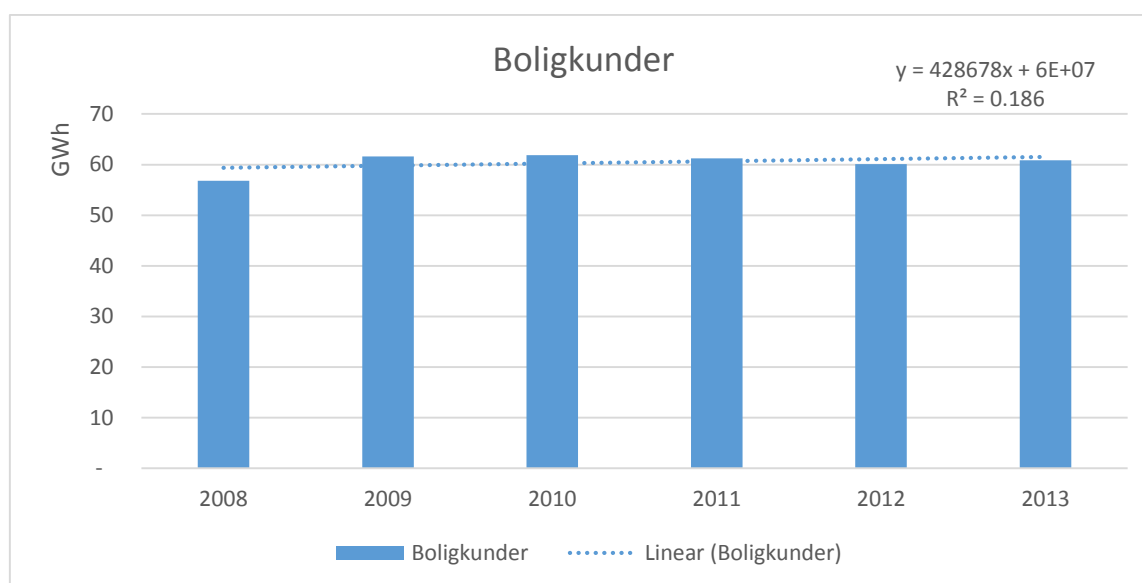
På bakgrunn av tidligere resultater i kapittel 5 vil trendene som presenteres her være basert på estimert forbruk til tappevann regnet ut ved hjelp av TV2. Dette gjøres fordi denne metoden i mindre grad enn TV1 overestimerte forbruket i sommermånedene, og dermed også vil gi mer presise resultater.



FIGUR 20: KORRIGERT FORBRUK, HELE UTVALGET, 2008-2013

Figur 20 viser de korrigerede forbrukene i GWh for hele utvalget i perioden 2008-2013. Som det kan leses av grafen og trendlinja er det en nedadgående trend, selv om denne i stor grad skyldes 2010, som var et kaldt år med tilhørende høyt forbruk. R^2 -verdien viser hvor godt tilpasset linja er til dataene og er et mål på hvor stor andel av variansen som kan forklares av trendlinja. Jo nærmere R -verdiene er 1, desto mer pålitelig er trenden. En R^2 -verdien på 0,0672 gjør denne trenden svært usikker. Likningen viser trendlinjas stigningstall på $-2\,610\,180$ kWh, altså hvor mye årsforbruket i følge trenden synker med for hver periode. Dette tilsvarer 1,38 % av forbruket i 2008 per år, eller 6,92 % for hele perioden.

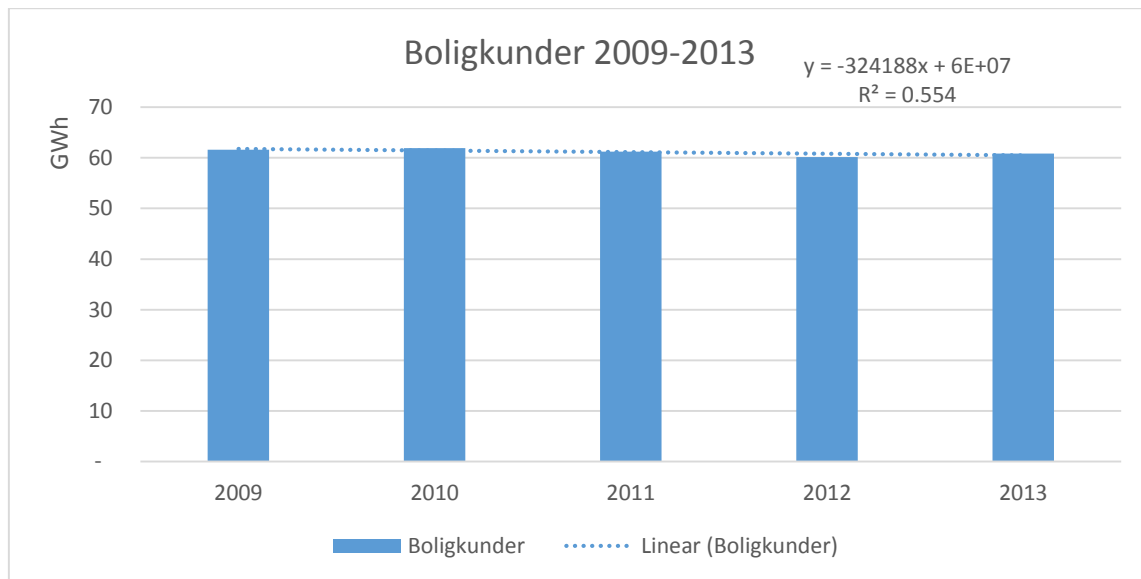
Boligkunder



FIGUR 21: KORRIGERT FORBRUK BOLIGKUNDER, 2008-2013

I motsetning til det korrigerede totalforbruket for alle kunder, viser Figur 21 en oppadgående trend der forbruket øker med 428 678 kWh for hvert år. Dette tilsvarer en trendøkning på 0,75 % av 2008-forbruket per år eller 3,77 % for hele perioden. R^2 -verdien er høyere enn i Figur 20, men gjør likevel trenden usikker. Det som er verdt å merke seg her er det lave forbruket i 2008. Dette kan kanskje skyldes fem kunder av betydelig størrelse med 0-forbruk fra januar. Av disse hadde to registrert forbruk fra mars, og en fra november. De to siste var ikke med i hele 2008.

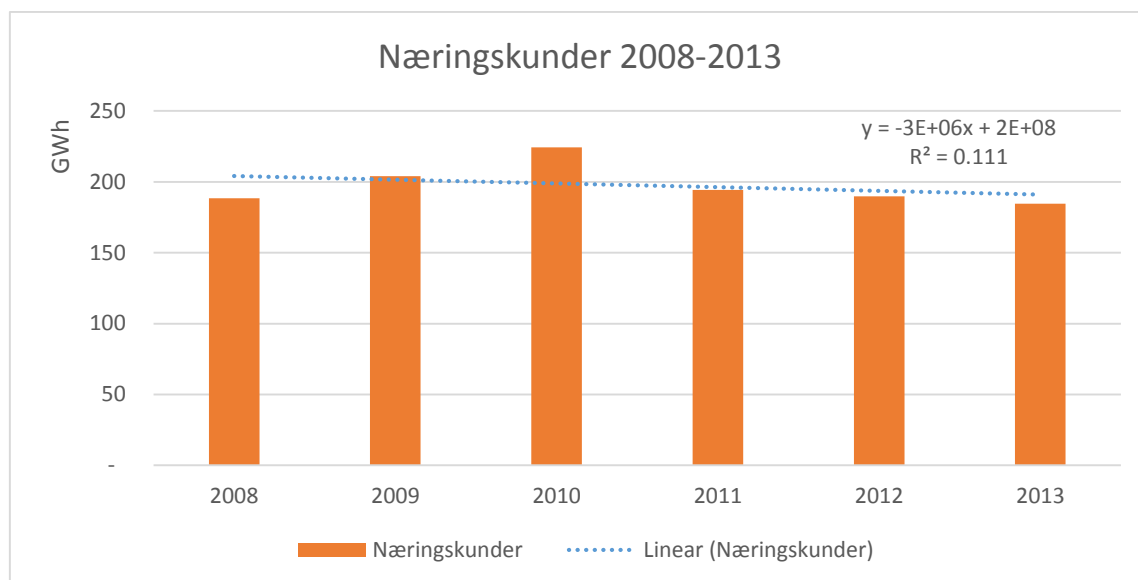
På bakgrunn av dette, ble det derfor laget enda en figur som demonstrerer trenden fra 2009-2013:



FIGUR 22: KORRIGERT FORBRUK BOLIGKUNDER, 2009-2013

Når 2008 ikke tas med, kan det observeres at trenden blir motsatt av den vist i Figur 21. I stedet for å stige, synker forbruket mellom periodene med 324 188 kWh. Dette tilsvarer en total reduksjon på 2,11 % av 2009-forbruket eller en periodevis reduksjon på 0,53 %. R^2 -verdien er vesentlig høyere enn når 2008 tas med, og trendlinja passer dermed dataene bedre.

Næringskunder



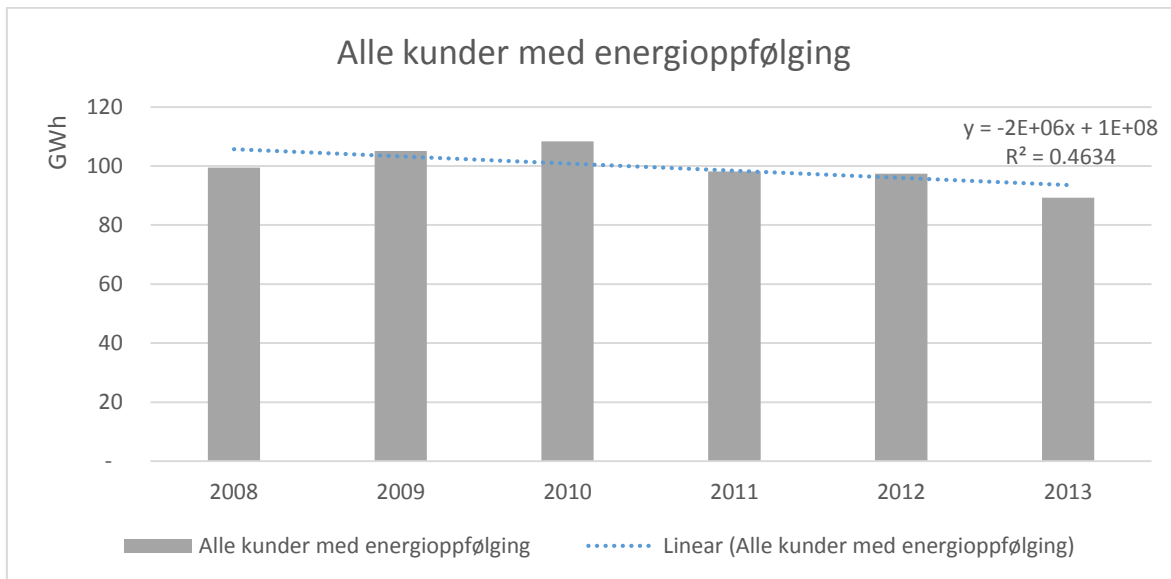
FIGUR 23: KORRIGERT FORBRUK NÆRINGSKUNDER, 2008–2013

Det totale forbruket til alle utvalgets næringskunder har i løpet av perioden en nedadgående trend.

Trenden synker med -2 610 180 kWh for hvert år, noe som tilsvarer en nedgang på 1,38 % av totalforbruket i 2008. For hele perioden har trendlinja en negativ utvikling på 6,92 %. Også i dette tilfellet er R^2 -verdien svak.

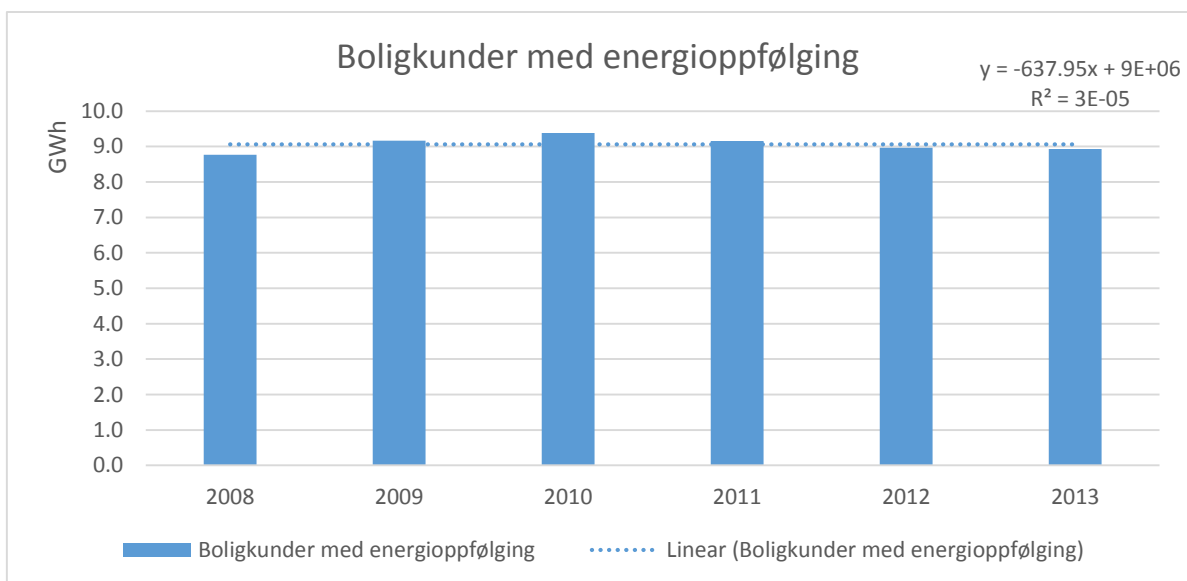
4.5.2 Kunder med energioppfølging

Totalt har alle kunder med energioppfølging en synkende forbrukstrend som vist i Figur 24. For hvert år synker trenden med 2 414 823 kWh, noe som tilsvarer 2,43 % av 2008-forbruket hvert år. Totalt for alle årene synker trenden med 12,14 %. I dette tilfellet er R^2 -verdien 0,4634. Det kan også i denne figuren ses et høyere forbruk i 2010 til tross for at det temperaturavhengige forbruket er graddagskorrigert.



FIGUR 24: KORRIGERT FORBRUK ALLE KUNDER MED ENERGIOPPFØLGING, 2008-2013

Boligkunder

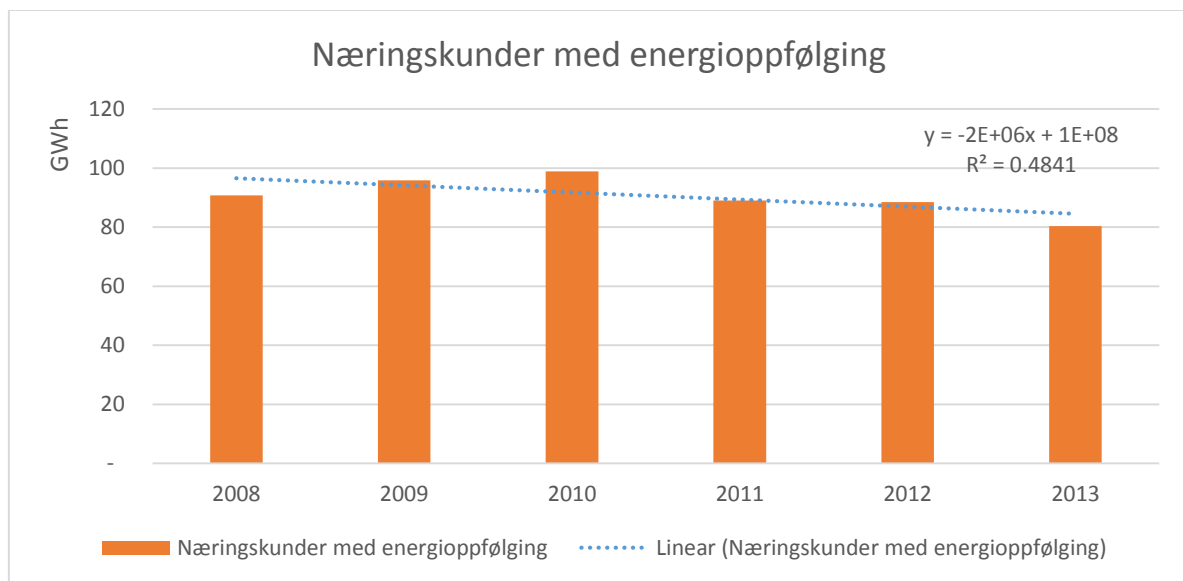


FIGUR 25: KORRIGERT FORBRUK BOLIGKUNDER MED ENERGIOPPFØLGING, 2008-2013

For boligkundene som er registrert med energioppfølging er det også en svakt synkende trend selv om den kan se flat ut i Figur 25. I dette tilfellet er det som i totalt for boliger også lavt forbruk i 2008. Alle byggene i denne kundegruppen hadde forbruk i 2008, men det er viktig å bemerke at denne gruppen

bare består av 6 kunder som forklart i kapittel 3.3. Tendensen er på tross av dette synkende med 638 kWh hvert år. Som andel av forbruket i 2008, gir dette en årlig reduksjon på -0,01 % og en forbruksreduksjon over hele perioden på -0,04 %. R²-verdien er på 0,00003, altså tilnærmet lik 0, og trenden passer derfor ikke datasettet i det hele tatt.

Næringskunder



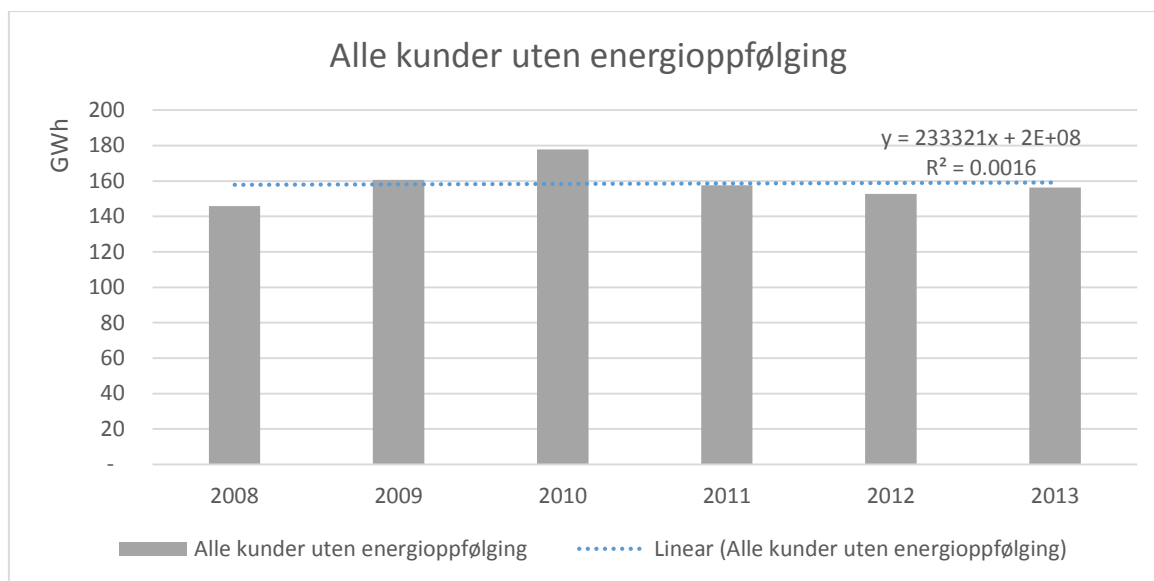
FIGUR 26: KORRIGERT FORBRUK NÆRINGSKUNDER MED ENERGIOPPFØLGING 2008-2013

De resterende 63 byggene med energioppfølging er næringsbygg og deres korrigerede totalforbruk er illustrert i Figur 26. Størsteparten av den nedadgående trenden for alle bygg med energioppfølging skyldes næringsbygg der trenden viser en forbruksnedgang på 2 414 185 kWh for hvert år. Dette tilsvarer en nedgang på 2,66 % av forbruket i 2008 og en total nedgang på 13,30 % for hele perioden. R²-verdien er på 0,4841, som er akseptabelt, men ikke sikkert.

4.5.3 Kunder uten energioppfølging

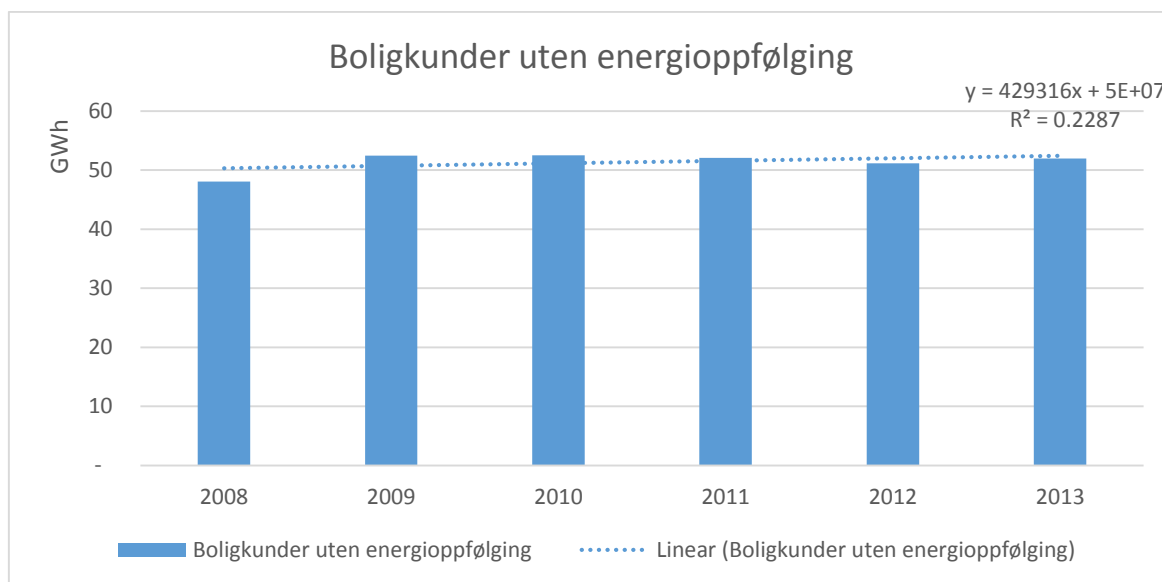
De siste kundegruppene som skal tas opp er alle bygg uten energioppfølging. Totalt er det 109 bygg som havner i disse kategoriene. Samlet, øker forbrukstrenden for hele perioden svakt som vist i Figur

27. Den årlige økningen er på 233 321 kWh og tilsvarende 0,16 % av forbruket i 2008. For hele perioden øker trendlinja med 0,80 %. R²-verdien er 0,0016 noe som er svakt og gjør trenden usikker.



FIGUR 27: KORRIGERT FORBRUK ALLE KUNDER UTEN ENERGIOPPFØLGING, 2008-2009

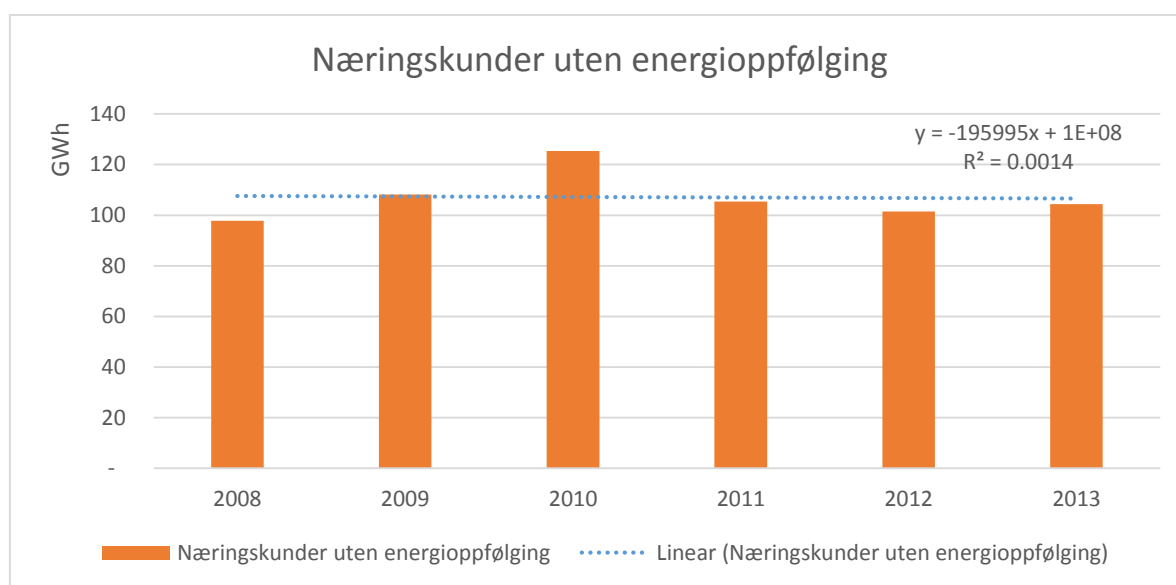
Boligkunder



FIGUR 28: KORRIGERT FORBRUK ALLE BOLIGKUNDER UTEN ENERGIOPPFØLGING, 2008-2009

I likhet med alle boligkunder totalt i utvalget i Figur 21 og boligkunder med energioppfølging i Figur 25, påvirkes Figur 28 av lavt forbruk i 2008. Ingen av de seks boligkundene med 0-forbruk i hele eller store deler av 2008 har energioppfølging og er derfor med i denne kundegruppen. Trenden viser en stigning på 429 316 kWh for hvert år, tilsvarende 0,89 % av forbruket i 2008 for hvert år. Totalt for hele perioden tilsvarer dette en økning på 4,46 %. R²-verdien er på 0,2287.

Næringskunder



FIGUR 29: KORRIGERT FORBRUK ALLE NÆRINGSKUNDER UTEN ENERGIOPPFØLGING, 2008-2013

Trenden for næringsbygg uten energioppfølging er i motsetning til boliger synkende. Stigningstallet viser en trendvis nedgang i energibruk på 195 995 kWh per år. I andel av forbruket i 2008, tilsvarer dette en svak nedgang på 0,2 % per år. For hele perioden viser trenden en nedgang på 1 %.

5. Diskusjon

5.1 Utvelgelse av bygg

Selv om utvalget i denne studien består av 187 kunder som isolert sett er et tilfredsstillende antall, kunne utvalget optimalt sett vært større for å kunne jevne ut topper og nullforbruk på en enda bedre måte. På den andre siden er det likevel ikke dette som er problemet, men heller at det skulle vært tilgang på en lengere tidsserie for å kunne fastsette sikrere resultater. Ut fra R^2 -verdiene presentert for de ulike figurene i delkapittel 4.5, er usikkerheten i flere av trendene stor. For tre av dem, henholdsvis næringskunder uten energioppfølging, alle kunder uten energioppfølging og boliger med energioppfølging er R^2 -verdiene tilnærmet lik null. Dette viser en svært lav korrelasjon mellom dataene og trendlinja og tilsvarende høy usikkerhet. Det er heller ingen av de andre trendene som har en høy R^2 -verdi og som kan betegnes som sikre. Hadde tidsserien vært lenger, ville det med stor sannsynlighet vært sikrere og kanskje også tydeligere trender.

I motsetning til andre avhandlinger som har blitt studert i denne forbindelse, må det sies at utvalget i denne oppgaven er stort og godt. Linda Pedersens studie «Load Modelling of Buildings in Mixed Energy Distribution Systems» bruker spesifikke formålsdelte målinger for et mindre antall bygg i forskjellige bygningskategorier. Eksempler på disse kategoriens størrelse er: 7 kontorbygg, 15 skolebygg, 4 sykehjem og 5 hoteller med restaurant. Der hun har hatt fokus på enkeltbyggs spesifikke forbruk, er det i denne oppgaven fokusert på det store bildet med trender og et stort utvalg har derfor vært nødvendig. I motsetning til denne oppgaven ble det i hennes tilfelle også brukt kontinuerlige målinger i tillegg til timesmålinger, noe jeg ikke har sett som en nødvendighet her, ettersom det ikke går inn på enkeltbygg. For flere bygg ble det også brukt timesmålere for tappevann og ventilasjon (Pedersen 2007).

Norsk Energis «Studie på energibruk i bygg med fjernvarmetilknytning» utarbeidet for Enova, er et annet eksempel som også i stor grad har brukt filtrering for å få et utvalg med gode data. Her ble det først sendt ut forespørsel til 37 fjernvarmeaktører om å bidra med målerdata. Minst ti svarte positivt og

målinger fra syv aktører ble brukt. Videre hadde de i denne studien en rekke kriterier som skulle tilfredsstilles, og fjernvarmeaktørene skulle plukke ut fire bygg for tre forskjellige kategorier, totalt 12 bygg hver. Det endelige utvalget endte til slutt på 31 bygg etter forkasting av feilmålinger.

Med basis i denne oppgavens mål og fokus, mener jeg at det i denne studien er gjort et tilfredsstillende godt arbeid med å velge ut bygg på en ordentlig måte for å sikre gode data. Det kunne ha vært gjort som i de to nevnte alternativer, men et stort utvalg har blitt prioritert og kriteriene har vært tilsvarende snillere.

5.2 Materiale/dataunderlag

Sorteringen og filtreringen viste at det i utvalget var flere målefeil og ekstremverdier som måtte lukes bort. Etter dette ble de forskjellige kundegruppene tilfredsstillende. Nå som analysene er gjort, skulle utvalget gjerne ha bestått utelukkende av kunder med forbruk i alle måneder og ikke bare registrert 0-forbruk. I dette tilfellet, var ikke det mulig, ettersom flesteparten av kundene hadde 0-forbruk i en eller flere måneder. Skulle de vært fjernet ville størsteparten av utvalget forsvunnet og det hadde ikke lenger vært noe poeng å sikre et jevnt forbruk over hele perioden. På den andre siden er det også tatt utgangspunkt i de store talls lov, og det antas derfor at de i det store bildet ikke har så stor påvirkning som det kan se ut som. Når så mange kunder har 0-forbruk, vitner dette også om at det er noe som er normalt i perioder for alle kunder og dermed heller ikke feil, men snarere en del av resultatet.

Når det kommer til filtreringen, hadde det også vært spennende å se hvordan resultatene hadde sett ut dersom ufiltrerte data hadde blitt brukt. Dette var det dessverre ikke mulighet til ettersom en masteroppgave er begrenset i både tid og omfang.

5.3 Estimering av andel energi til tappevannsoppvarming

Estimeringen gjort ved hjelp av de to forskjellige metodene i kapittel 4.3, viser at den temperaturuavhengige andelen av forbruket som brukes til tappevannsoppvarming spesielt for boligkunder er vesentlig høyere enn Hafslunds antatte satser på 15-20 % totalt. Dette er å forvente ettersom det for disse kundene brukes mer varmtvann til dusjing, matlaging, etc. enn i et typisk næringsbygg som kanskje har et tappevannsforbruk bestående av renhold og håndvask. For næringsbygg er ikke satsene fullt så forskjellige, og de to metodene estimerer energiforbruket til tappevannsoppvarming til mellom 14,1 og 18,0 %. Totalt består utvalget av flere næringsbygg enn boliger, og den summerte totale tappevannsandelen i denne studien, er på 22,4 % for TV1 og 18,8 % for TV2.

Ved å estimere ved hjelp av TV1 og legge alle tre sommermånedene som grunnlag, tas det ikke hensyn til regnfulle, kalde sommere der gjennomsnittsförbruket av fjernvarme de tre månedene vil være høyere enn normalt. Spesielt over korte tidsperioder som denne analysen, vil år som skiller seg ut klimamessig påvirke trendene i stor grad. Ved å derimot bruke alle dager med en døgnmiddeltemperatur større enn 17,0 °C som grunnlag, fjernes dette problemet med temperatursvingninger mellom sommerene, og dermed vil også det estimerte energiforbruket fra fjernvarme til tappevannsoppvarming bli lavere. På den andre siden setter denne metoden store krav til forbruksstyring og adferd kan spille en større rolle. Er det kompetanse og driftspersonell som har oversikt over utetemperaturen og hvordan varmes reguleres, kan forbruket få en annen profil enn for et bygg der kompetansen er lavere og styringen tilsvarende dårligere. En siste faktor som spiller inn når det estimeres med TV2, er hvorvidt 17,0 °C er en gjeldende temperatur for når fjernvarmeforbruk går til flere formål enn tappevannsoppvarming eller ikke. I Linda Pedersens avhandling, stilles det ikke spørsmål til om denne temperaturen er riktig, men henvises i steden til fyringssesongen og hvordan oppvarmingen av ventilasjonsluft avtar når døgnmiddeltemperaturen når ca. 17,0 °C, eller mulig enda lavere dersom bygget har et

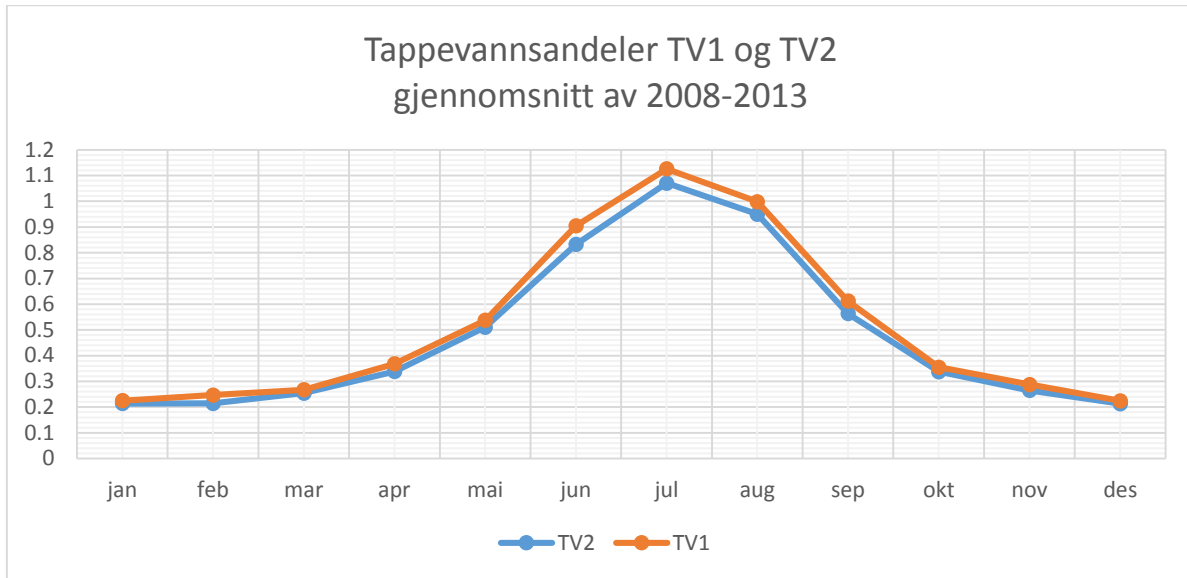
varmegjenvinningssystem (Pedersen 2007). I tråd med høyere komforttemperatur, er det mulig 17,0 °C blir for lavt og bør justeres opp, men det er samtidig andre momenter som bedre isolasjon og byggstandard som kan trekke den ned.

Generelt for begge metoder finnes det momenter som kan tyde på at den beregnete formålsdelingen overestimerer det faktiske forbruket til oppvarming av tappevann. Enovas «Modellbyggprosjektet – måling av formålsdelt energibruk i 26 bygninger» tar for seg hvordan beregnet energibruk til tappevannsoppvarming for samtlige bygningskategorier er klart høyere enn det faktisk målte. De beregnete forbrukene er basert på verktøyet «Enøk Normtall» for forskjellige bygningskategorier. (Enovas byggoperatør et al. 2002). Dette verktøyet brukes ikke lenger, men baseres på beregningsmetodikken og forbrukene i NS3031 (Standard Norge 2007b).

Fordi forbrukene gitt i NS3031 er spesifikke og dermed oppgitt som kW/m²/år, er de ikke direkte sammenlignbare med resultater i denne oppgaven ettersom det her ikke har vært fokus på enkeltbygg eller vært tilgang på byggenes areal. Uansett er resultatene i Modellbyggprosjektet et tankekors som bør tas med videre.

Når det kommer til de spesifikke forskjellene mellom estimeringen ved hjelp av TV1 og TV2 på månedsbasis, er gjennomsnittet av alle årene i perioden tatt for hver av metodene og illustrert i Tabell 11. Metode 1 ligger jevnt over metode 2 for alle måneder og oppsummerer resultatene vist i de forskjellige figurene i kapittel 4.3. Andelene energi til tappevannsoppvarming ligger jevnt over høyere både for bolig- og næringskunder.

TABELL 11: GJENNOMSNIITTLIGE TAPPEVANNSANDELER FOR 2008-2013, TV1 OG TV2



5.3.1 Metode 1- juni, juli og august

Metode 1 for estimering av fjernvarmebruk til tappevannsoppvarming, bruker sommerforbruket i juni til august som grunnlag. Som vist i Figur 3, er ikke forbruket helt jevnt i disse tre månedene, men gjennomsnittet av dem antas å tilsvare forbruket til oppvarming av tappevann. Som det kan ses av samme figur og videre av resultatene i kapittel 4.3, er forbruket lavest i juli, litt høyere i august og høyest i juni. Dette tilsvarer at tappevannsansdelene blir estimert som høyest i juli, nest høyest i august og lavest i juni. Dette er likt for alle resultatene uavhengig om det er bolig- eller næringsbygg, og skyldes sannsynligvis fellesferie, stengte arbeidsplasser og tilsvarende lavt forbruk. Når dette igjen settes opp mot utetemperaturen, er det også tradisjonelt varmest i juli og august og litt kaldere i juni.

Boligkunder

Tabell 2 og Figur 6 i kapittel 4.3.1, viser den store variasjonen som har vært i fjernvarmebruken på årsbasis, spesielt i 2010. Det som er interessant å diskutere er likevel hvordan tappevannsansdelene svinger på månedsbasis over og mellom de forskjellige årene. Som nevnt tidligere, overstiges 100 % hver eneste sommer. Dette skyldes at tappevannsforbruket overestimeres og at det reelle forbruket i

de enkelte månedene er lavere enn det estimerte. Hovedtendensen er at dette for boligbygg skjer i juli hvert år og noen år i august. Når noen måneder overestimeres dras det totale forbruket til oppvarming av tappevann opp, og det temperaturavhengige forbruket underestimeres. Igjen vil dette føre til at graddagskorrigeringen ikke vil korrigere hele forbruket som er temperaturavhengig og derfor ikke klare å kompensere som tiltenkt. Det er likevel viktig å slå fast at tappevannsandelen baseres på gjennomsnittet av forbruket i de tre sommermånedene og at det derfor er snittet av de tre månedene som må overstige 100 % for at estimeringen på årsbasis skal slå ut som feil. For boliger kan tappevannsandelene for hver måned hvert år studeres nærmere i Tabell 3.

Gjennomsnittet av andelene i juni, juli og august er over 100 % alle år, men som det kan leses ut fra Tabell 12, er det bare er i 2009 og 2012 at de overestimeres med mer enn 1 %.

TABELL 12: GJENNOMSNITTLIGE TAPPEVANSSATSER JUNI-AUGUST, BOLIG

| Gjennomsnittlige tappevannssatser juni-august bolig | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
| 100,64 % | 101,21 % | 100.73 % | 100.59 % | 101.92 % | 100.52 % |

Næringskunder

Når det kommer til næringskundene, overestimeres tappevannsforbruket mer enn for bolig og toppen er på 30,4 % i 2010 som vist i Figur 9 og Tabell 5. For næringskundene overestimeres forbruket i tillegg til juli hvert år også i august bortsett fra i 2008 og 2011. Gjennomsnittet av tappevannsandelene for juni til august overstiges også her for alle år, som det kan ses av Tabell 13.

TABELL 13: GJENNOMSNITTLIGE TAPPEVANSSATSER JUNI-AUGUST, NÆRING

| Gjennomsnittlige tappevanssatser juni-august | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
| 101.44 % | 103.80 % | 103.87 % | 100.84 % | 102.65 % | 102.77 % |

At overestimeringen er større for næringsbygg, kan sannsynligvis begrunnes med ferieavvikling. Det er verdt å merke seg at det også er flere nærings- enn boligkunder som har energioppfølging, som videre kan fungere som et verktøy eller insentiv for sparing og behovsstyring. Etersom overestimeringene i dette tilfellet er enda større enn for boliger, vil konsekvensene her også bli følgefeil når den fastsatte, temperaturavhengige delen graddagskorrigeres og trender skal lages. På grunn av den korte tidsserien vil en gjennomsnittlig overstigelse som i dette tilfellet kunne gi uriktige resultater og endret trend.

5.3.2 Alle dager med en middeltemperatur over 17,0 °C

Når alle dager med en døgnmiddeltemperatur over 17,0 °C brukes som grunnlag, gjøres problemet med fellesferie og betydelig overestimering mindre ved at gjennomsnittet tas av alle dager med en høyere middeltemperatur enn 17,0 °C. Noen av disse dagene vil fortsatt være i fellesferien med lavere aktivitet, men det er også flere dager i juni og noen i mai og september.

Boligkunder

For boligkundene overstiges 100 % i langt lavere grad enn ved bruk av TV1, som vist i

Tabell 3 og Tabell 8 Dette er forklart med temperaturforskjellen mellom de forskjellige sommerperiodene tidligere, og vitner om en riktigere estimering som ligger tettere opp mot de reelle verdiene. Utover dette er det også interessant å se på de to metodene og størrelseforholdet på differansen mellom dem for bolig og næring. For boliger ble den gjennomsnittlige tappevannsandsandelen for alle år ved hjelp av TV1 på 36,9 % (Tabell 2). Ved bruk av TV2 ble den estimert til 34,4 % (Tabell 7). Dette tilsvarer en differanse mellom de to metodene på 6,8 % av TV1.

Næringskunder

For næringskunder er situasjonen en annen, og TV1 estimerte en gjennomsnittlig tappevannandel for alle år på 18 % (Tabell 4). Ved hjelp av TV2, ble tilsvarende andel estimert til 14,1% (

Tabell 9). Dette tilsvarer en differanse på 21,7 % mellom de to metodene, noe som er mye høyere enn tilsvarende for boligkunder.

Forskjellen mellom de to kundegrupper kan ha flere forskjellige delforklaringer, men vitner nok i stor grad om forskjellig bruk av byggene og hvordan energiuttaket styres. Næringskunder har et mye høyere gjennomsnittlig energiuttak i juni til august enn i dager med middeltemperatur over 17 °C fordelt over hele året. Dette kan vitne om behovsstyrt forbruk og høyere uttak av energi i perioder i sommermånedene med lavere temperaturer. På den andre siden passer ikke dette entydig med ferieavvikling i juli og august som burde ha dratt dette forbruket ned igjen. I så fall kan det hende at eventuell styring etter utetemperaturen står på hele sommeren igjennom, uavhengig av ferieavvikling eller ikke. I dagens samfunn er det også større rom for fleksitid og mindre faste ferieperioder enn før. Foregående momenter diskuteres ikke videre, ettersom det uten innsikt i enkeltbygg blir mye syning og lite fakta ved forklaring av forskjellene. Likevel er det verdt å presisere forskjellen mellom de ulike metodene, fordi de forskjellige metodene kan ha store utslag i kWh og videre ved graddagskorrigering og trendanalyse.

Et eksempel på dette er i juli 2009 da TV1 estimerte en tappevannsandel på 127,7 %, og TV2 en andel på mer realistiske 93,8 %. En differanse på 33,9 mellom disse to er betydelig, og tilsvarer totalt for alle næringsbygg i utvalget en forskjell i energiforbruk til oppvarming av tappevann på over 907 MWh.

5.4 Graddagskorrigering

Graddagskorrigering er en enkel og overordnet korrigering som krever en god normal for å bli så korrekt som mulig. Som vist i kapittel 4.4, var den flytende normalen lavere enn normalen fra 81-10, bortsett fra februar som har vært kaldere i snitt de siste ti år enn i perioden 81-10. Dette er et tegn på økte temperaturer og et mildere klima. Det ble i denne analysen valgt en flytende normal ettersom det er det Hafslund bruker for en mest mulig oppdatert referanse. At normalen er nyest mulig sikrer en

bedre sammenligning og korrigerings, for de målte graddagene, men det er viktig å være klar over at den er basert på et gjennomsnitt av 10, og ikke 30 år som de andre. Dette fører til at den blir mer sårbar for ekstremår med unormale vintere og sommere. Som eksempel kan kaldåret 2010 nevnes. Forbruket av fjernvarme dette året skiller seg markant fra de andre i perioden. I tråd med dette er det også betydelig flere graddager, 4483 mot 3761 i den flytende normalen fra 04-13.

I dette tilfellet er et ikke så synlig at normalen har blitt dratt opp av 2010, fordi den er lavere enn normalen fra 81-10 på 3938 graddager. Dette skyldes flere år med høyere temperaturer og få graddager fra 2004-2013. Både 2008 og 2011 var slike år.

Hovedbudskapet er uansett at det er forskjell på normaler og at jo lengere tid den beregnes ut i fra, desto mindre følsom er den for uvanlige år. På samme måte er det viktig å bruke en ny så ny normal som mulig i tråd med temperaturøkning og klimaendringer.

Selv om normalen er god, kan det likevel stilles spørsmål rundt metoden og hvordan det antas at 17 °C representerer den faktiske basistemperaturen der fyringsbehovet gjør seg gjeldende. I NVEs nye rapport «Evaluering av modeller for klimajustering av energibruk» (Pöyry Management Consulting 2014), er det gjort en følsomhetsanalyse som viser energiforbruk etter temperatur for ulike bygningsgrupper. Basistemperaturen tar ikke høyde for den sammensetningen som er av bygg i dag, og det er store variasjoner ved hvilken utetemperatur energibruken begynner å øke. For eldre eneboliger og idrettshaller kan det stemme at det er 17 °C som gjelder, mens det for kjøpesentere bare er 1 °C. På overordnet nivå vil bygningers standard forbedres over tid og det kan være behov for å redusere den gjeldende basistemperaturen på 17 °C (Pöyry Management Consulting 2014).

Andre ulemper bortsett fra dette, er at den kun tar hensyn til temperatur og ikke andre klimaforhold som oppvarming fra solinnstråling eller vind. Videre er også formålsdelingen som beskrevet tidligere i oppgaven viktig, ettersom det i denne skal bestemmes hvor stor andel av energibruken som skal

graddagskorrigeres. Som vist i Figur 19 **Error! Reference source not found.**, vil metoden for fastsettelse av det energiavhengige og –uavhengige forbruket påvirke graddagskorrigeringen i stor grad. Til slutt kan det være verdt å presisere at det graddagskorrigerede forbruket tar bort en del av toppene, men klarer ikke å flate ut like mye som ønsket. Dette kan komme av flere forskjellige faktorer og det er lettere å legge ansvaret på en kombinasjon framfor et enkelt moment.

5.5 Utviklingstrend

Som nevnt tidligere skal kundegruppe II og III, kunder med og uten energioppfølging settes opp mot hverandre for å se om de har forskjellig utviklingstrend. Diskusjonen er gjort med samme struktur som i resultatdelen og alle kundegrupper nevnt i kapiitel 3.3 tas med

5.5.1 Hele utvalget

Når hele utvalget ses under ett, vises en synkende trend i forbruket av fjernvarme som vist i Figur 20. Usikkerheten er stor, og trenden har stigende form opp mot 2010 før den deretter synker fra 2011 til 2013. I 2008 var det for hele utvalget 7 kunder som hadde registrert 0-forbruk i tillegg til noen som hadde registrert 0-forbruk i starten og begynte å bruke energi etter hvert. 2008 var også et varmt år, og selv om dette skal være jevnet ut med graddagskorrigerering, er det tidligere vist hvor stor innvirken forskjellige faktorer kan ha. Likevel tyder 2011 til 2013 på at korrigeringen har truffet bra ettersom 2011 som også var et varmt år med lavt forbruk er løftet opp og til og med over 2012 som var et mer normalt år med tanke på temperaturen.

Med dette i bakhodet, virker det som om trenden er synkende, men 2010 forstyrrer. R^2 -verdien som er lik 0,0672 er så liten at nedgangen ikke kan tolkes som en trend, men snarere tilfeldighet. For å konkludere trengs det en lengere tidsserie.

Boligkunder

Trenden for boligkunder, vist i Figur 21, er oppadgående og øker med 3,77 % av 2008-forbruket for hele perioden. Som for hele utvalget er forbruket i 2008 lavt, og det ble derfor laget enda en trend fra 2009-2013 for å illustrere forskjellen og hvordan trenden snur. Det blir da en tydelig, avtagende forbrukstrend og R^2 -verdien øker fra 0,186 til 0,554. Det er altså sikrere at det er en sammenheng i forbruksutviklingen fra 2009-2013 enn at det er sammenheng mellom trendlinja og forbruket fra 2008-2013. En R^2 -verdi på 1 betyr en perfekt sammenheng mellom den lineære linja og trenden. Selv om denne verdien er på 0,554 og dermed sikrere, er sammenhengen likevel ikke optimal.

Næringskunder

Figur 23, demonstrerer trenden for næringskunder som også er synkende med en total nedgang for hele perioden på 6,92 % av fjernvarmeforbruket i 2008. Det er denne som utgjør størsteparten av den totale nedadgående trenden ettersom denne kundegruppa er vesentlig større både når det gjelder antall og forbruk enn boliger. R^2 -verdien er også sikrere enn hele utvalget og boligtrenden fra 2008-2013 med en verdi på 0,111. Likevel må denne karakteriseres som svært usikker. Ser en bort fra forbrukstoppen i 2010, ser utviklingen forholdsvis jevn og svakt synkende ut.

Som en oppsummering totalt for hele utvalget, boliger og næringsbygg kan det sies at usikkerheten er stor og at det hadde vært sterkt ønskelig med en lengere tidsserie for å forhåpentligvis kunne se en tydeligere trend med høyere sikkerhet. Tendensene er der, men R^2 -verdiene viser liten sammenheng mellom de lineære trendlinjene og utviklingen.

5.5.2 Kunder med energioppfølging

Som illustrert i Figur 24, er det en sikrere totaltrend for alle kunder med energioppfølging. R^2 -verdien er på 0,4634 og det er en kraftig, synkende trendlinje med en nedgang på 12,14 % av 2008-forbruket for hele perioden. Forbruket i 2008 er heller ikke vesentlig lavere enn de andre årene og 2010-forbruket virker jevnere. Sikkerheten er ikke så høy som den burde være, men det vises en

nedadgående forbrukstrend selv om den ikke nødvendigvis følger den lineære linja like godt som den kunne. Denne nedadgående trenden er større i prosent enn flere av de andre kundegruppene, og kan kanskje bekrefte at energioppfølging kan skape økt bevisstgjøring og oversikt over eget forbruk og dermed også ha en besparende effekt i seg selv. Det må i tillegg også nevnes at det ikke vites hvorvidt det er gjort energieffektiviserende tiltak for enkeltbygg med energioppfølging eller ikke, og at det derfor ikke kan konkluderes om tiltak påvirker bruken av fjernvarme eller ikke.

Boligkunder

Boligkundene vist i Figur 25 har en tilnærmet flat tendens som heller med $-0,04\%$ av forbruket i 2008 over hele perioden. Sikkerheten er også tilnærmet lik 0 med en R^2 -verdi på 0,00003. Dette utvalget var bare på seks bygg, noe som kan skyldes at det ikke kan ses noen sammenheng mellom trendlinja og forbruket i det korrigerte forbruket i de forskjellige årene. Det ses ingen grunn til å kommentere denne kundegruppen nærmere, annet enn å si at tidsserien er for kort og utvalget for lite til at det er mulig å trekke ut noen håndfaste resultater som kan konkluderes med.

Næringskunder

For næringskunder vist i Figur 26, er trenden igjen mer markant med en nedgang i energibruk fra fjernvarme på $13,30\%$ av 2008-forbruket for hele perioden og en R^2 -verdi på 0,4841. I motsetning for boliger er forbruket i 2008 igjen på nivå med de andre årene og 2010 er flatet ut mer. Utvalget er større og det hadde vært spennende å se hvordan om denne nedgangen hadde blitt sikrere med en lengere tidsserie. Det er en brukbar R^2 -verdi, men den skulle helst ha vært litt høyere for å enda sikrere kunne se på sammenhengen mellom de forskjellige årene som en trend. Tendensen er der, og dette er en av analysens sikreste trender.

Kunder med energioppfølging er den gruppen som totalt sett har den største nedgangen og den sikreste trenden. Det er næringskundene som står for dette. Trenden for boligkunder er for usikker og trenger en lengere tidsserie.

5.5.3 Kunder uten energioppfølging

For de resterende 109 kundene som ikke har energioppfølging var trenden flat med en svakt, økende tendens på 0,8 % av forbruket i 2008 over hele perioden. Som det kan ses i Figur 27, er R^2 -verdien 0,0016, noe som er tilnærmet lik 0 og så svakt at trenden ikke kan vektlegges som et resultat. Det er likevel verdt å merke seg at forbruket for alle år bortsett fra i 2010 er veldig jevnt.

Boligkunder

Trenden for boligkunder uten energioppfølging viser et stigende forbruk på 4,46 % av forbruket i 2008 over hele perioden, (Figur 28). Som det kommer fra av R^2 -verdien på 0,2287 er sikkerheten også vesentlig høyere enn for kunder uten energioppfølging totalt, selv om den fortsatt er lav. Akkurat som for boligkunder, diskutert i delkapittel 5.5.1, er forbruket lavere i 2008 enn i de andre årene og dermed med på forsterke den økende trenden. Ses det bort fra 2008 er det vanskelig å se en økning, men heller en slags bølgeform. Tidsserien er for kort til at det er mulig å trekke ut noe sikkert.

Næringskunder

Siste gruppe som skal nevnes er næringskunder uten energioppfølging som kan ses i Figur 29. I motsetning til for boliger er denne trenden jevn med en svak nedgang på 1 % av forbruket i 2008 over hele perioden. For denne gruppen er R^2 -verdien 0,0014 og viser tilnærmet ingen sammenheng mellom den lineære trendlinja og utviklingen i fjernvarmeforbruket. Toppen i 2010 skiller seg ut og forstyrrer trenden og sikkerheten hadde nok vært større hvis ikke denne hadde vært tatt hensyn til.

For bygg uten energioppfølging er trendene usikre. For boliger, er det tendenser til en nedgang med vesentlig høyere sikkerhet enn næringsbygg, men likevel for usikkerhet til å trekke slutninger.

5.6 Framtidsutsikter

Etter å ha analysert alle trendene, kan det slås fast at det trengs en lengere dataserie for å kunne øke sikkerheten og si noe håndfast om hvordan utviklingen i fjernvarmebruk har vært for utvalgets kundegrupper. Det er bare for næringsbygg med energioppfølging at det har vært en akseptabel R^2 -verdi på 0,4841 og tilhørende så stor utvikling igjennom perioden at det uavhengig av den lineære trendlinja kan se ut som en tendens. På bakgrunn av dette og med forankring i analysene gjort i oppgaven, mener jeg at det kan forventes en reduksjon i bruk av fjernvarme for næringsbygg etter hvert som stadig flere får energioppfølging, fokus på eget forbruk samt fatter energieffektiviseringstiltak. Det kan tenkes at tilsvarende slutning gjelder for næringsbygg uten energioppfølging og for boliger etter hvert som mer renoveres og passiv- og plusshus bygges, men det trengs ytterligere analyser for å si noe om dette.

6. Konklusjon

Hovedformålet med denne studien har vært å se på utviklingen i energibruk fra fjernvarme for et gitt utvalg i Oslo mellom 2008 og 2013. Dette har vist seg å være utfordrende ettersom det er mange momenter som spiller inn i prosessen med formålsdeling og temperaturkorrigering av forbruket. Resultatet som har blitt til, er i stor grad en følge av metodene og veivalgene som er gjort underveis. Å formålsdele tappevannet var den første utfordringen, og fjernvarmen til oppvarming av tappevann ble estimert ved hjelp av to forskjellige metoder. Metode 2 ble valgt som den mest presise med et gjennomsnittlig anslag for alle år på 18,8 %. For boliger og næringsbygg ble det konkludert med 34,4 % og 14,1 %. Når det kommer til graddagskorrigeringen, er det naturlig å stille spørsmålsteget rundt metoden og om den korrigerer godt nok. I tillegg til å ha god input i form av temperaturavhengig forbruk, er det også avgjørende å bruke en passende normal som er oppdatert og tar hensyn til temperaturstigning og klimaendringer. Det er også viktig å presisere at det er uvisst hvorvidt 17 °C som basistemperatur, og start for oppvarmingsbehovet gir et reelt bilde av dagens bygningsmasse og framtidens representative bygg eller ikke.

Hovedresultatene med utviklingstrender for de forskjellige kundegruppene, viser stor usikkerhet rundt sammenhengen mellom trendene og forbruket over perioden. Det er bare for næringsbygg med energioppfølging at det kan ses en forholdsvis sikker, avtakende trend i energibruken. Tidsserien burde ha vært lenger for å øke sikkerheten, noe som ikke har vært mulig her. På tross av dette, tolkes utviklingen for næringsbygg med energioppfølging som en nedadgående trend som på sikt kan ha innvirkning på Hafslund Varme. For å være helt sikker, anbefales videre dybdestudier som tar for seg alle kundegruppene og bruker lengere tidsserier. Det bør også ses videre på metoder for formålsdeling og temperaturkorrigering ettersom disse har stor påvirkning på de endelige resultatene.

7. Referanser

- Aune, B. (2013). Kommentar til energi gradtall 2013: Meteo Norge.
- Dokka, T. H., Hauge, G., Thyholt, M., Klinski, M. & Kirkhus, A. (2009). Energieffektvisering i bygninger - mye miljø for pengene!, 40: Sintef byggforsk. 8 s.
- Dokka, T. H. & Grini, C. (2013). Etterprøving av bygningers energibruk. I: forlag, S. a. (red.): Sintef Byggforsk og Entro AS. 38-39 s.
- Enova. (2004). Energioppfølging i næringsbygg - en innføring: Enova SF. 4 s.
- Enova. (2013). *Graddagstall for 2013*: Enova SF. Tilgjengelig fra: <http://www.enova.no/radgivning/naring/kundenare-radgivere/bygningsnettverket/graddagstall/290/0/> (lest 04.02.2014).
- Enovas byggoperatør, Forum for Regionale Enøksentre, F., Staoil & Statsbygg. (2002). Modellbyggprosjektet - Måling av formålsdelt energibruk i 26 bygninger i Norge. I: Søgner, O.-G. (red.): Enova SF.
- FNs klimapanel. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaption and Vulnerability*: FN. Tilgjengelig fra: <http://www.fn.no/Bibliotek/Rapporter/Miljoe/Climate-Change-2014-Impacts-Adaptation-and-Vulnerability> (lest 10.05.2014).
- Hafslund Varme AS. (2014a). *Fjernvarme i Oslo*. Tilgjengelig fra: <http://hafslund.no/fjernvarme/fjernvarmenettet/3070> (lest 19.04.2014).
- Hafslund Varme AS. (2014b). *Varme*. Tilgjengelig fra: <http://www.hafslund.no/omhafslund/varme/3081> (lest 19.04.2014).
- Henriksen, E. (2014). *Personlig kommunikasjon*. Hafslund Varme AS (08.05.2014).
- Ihler, Ø. (2013, 07.11.2013). *E2014- Energistrategi for Oslo*, Bioforsk.
- Klima- og forurensningsdirektoratet, energidirektorat, N. v.-o., Oljedirektoratet, sentralbyrå, S. & vegvesen, S. (2010). Klimakur 2020 - Tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020: Klima- og forurensningsdirektoratet.
- Kommunal- og regionaldepartementet. (2010). Arnstadrapporten: Kommunal- og regionaldepartementet.
- Meteorologisk institutt. (2009). *Energigradtall*: Meteorologisk institutt. Tilgjengelig fra: <https://metlex.met.no/wiki/Graddagstall> (lest 05.04.2014).
- Meteorologisk institutt. (2014a). *eKlima- Meteorologisk institutts vær- og klimadata fra historiske data til sanntidsobservasjoner*. Tilgjengelig fra: http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL (lest 05.03.2014).
- Meteorologisk institutt. (2014b). *Oslo - Blindern - Stasjonsinfo*: Meteorologisk institutt. Tilgjengelig fra: <http://sharki.oslo.dnmi.no/eklimapub/servlet/ReportInfo?action=stationinfo&la=no&co=NO&s=18700> (lest 06.05.2014).
- Miljøverndepartementet. (2012). *Meld. St. 21 (2011-2012) Norsk klimapolitikk*. miljødepartementet, K.-o.
- Olje- og energidepartementet. (1998). *NOU 1998:11 Energi- og kraftbalansen mot 2020*. I: Berthelsen, O. (red.). Kapittel 29 - Fjernvarme. Tilgjengelig fra: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/dok/NOU-er/1998/NOU-1998-11/30.html?id=349320> (lest 29.04.2014).
- Osbeck, S. (2014). *Personlig kommunikasjon*. Hafslund Varme AS (05.03.2014).
- Pedersen, L. (2007). *Load modelling of buildings in mixed energy distribution systems*, b. 2007:78. Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. XII, 250 s. : ill. + 1 vedlegg ([1 ark] s).
- Pöyry Management Consulting. (2014). Evaluering av modeller for klimajustering av energibruk. *NVE-rapport 7-2014*: NVE. 50 s.

- Sintef energiforskning. (2007). *ENØK i bygninger: effektiv energibruk*. Oslo: Gyldendal undervisning.
- Soma, M. H. (2002). *Graddagskorrigerering av energiforbruk*. Tilgjengelig fra: <http://www.somamiljokonsult.no/Varmeplaner.htm> (lest 18.02.2014).
- Standard Norge. (2007a). *NS3031:2007+A1:2011*. Beregning av bygningers energiytelse: Metode og data: Standard Norge. 10 s.
- Standard Norge. (2007b). *NS3031:2007+A1:2011*. Beregning av bygningers energiytelse: Metode og data: Standard Norge.
- Store norske leksikon. (2009). *Store talls lov*. I: Bjørnstad, J. (red.). Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: http://snl.no/store_talls_lov (lest 03.05.2014).
- Store norske leksikon. (2012). *Hafslund Varme*. I: Rosvold, K. A. (red.): Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: http://snl.no/Hafslund_Varme (lest 29.04.2014).

8. Vedlegg

Utregning av flytende normal 2004-2013

| År | Jan | Feb | Mar | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Des | Total |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| 2004 | 646.0 | 536.0 | 465.0 | 288.0 | 147.0 | 85.0 | 41.0 | 41.0 | 141.0 | 326.0 | 479.0 | 518.0 | 3713 |
| 2005 | 475.0 | 500.0 | 553.0 | 299.0 | 226.0 | 83.0 | 15.0 | 47.0 | 135.0 | 294.0 | 379.0 | 562.0 | 3568 |
| 2006 | 601.0 | 565.0 | 629.0 | 371.0 | 161.0 | 45.0 | 3.0 | 10.0 | 60.0 | 265.0 | 389.0 | 451.0 | 3550 |
| 2007 | 554.0 | 566.0 | 396.0 | 282.0 | 190.0 | 44.0 | 36.0 | 48.0 | 180.0 | 314.0 | 466.0 | 572.0 | 3648 |
| 2008 | 500.1 | 437.4 | 498.9 | 308.6 | 152.0 | 69.3 | 26.4 | 61.0 | 187.4 | 317.0 | 447.3 | 563.3 | 3569 |
| 2009 | 596.6 | 617.5 | 490.7 | 277.6 | 157.8 | 82.4 | 26.5 | 39.2 | 123.4 | 390.8 | 392.8 | 645.3 | 3841 |
| 2010 | 778.5 | 652.7 | 518.5 | 330.0 | 190.8 | 55.5 | 8.2 | 46.1 | 172.0 | 349.5 | 570.5 | 810.7 | 4483 |
| 2011 | 635.0 | 614.0 | 508.0 | 229.0 | 177.0 | 45.0 | 11.0 | 49.0 | 130.0 | 291.0 | 372.0 | 502.0 | 3563 |
| 2012 | 600.0 | 556.0 | 355.0 | 363.0 | 170.0 | 102.0 | 34.0 | 35.0 | 177.0 | 365.0 | 416.0 | 684.0 | 3857 |
| 2013 | 678.0 | 565.0 | 594.0 | 380.0 | 144.0 | 64.0 | 12.0 | 30.0 | 150.0 | 295.0 | 438.0 | 464.0 | 3814 |
| Normal 04-13 | 606.4 | 561.0 | 500.8 | 312.8 | 171.6 | 67.5 | 21.3 | 40.6 | 145.6 | 320.7 | 435.0 | 577.2 | 3761 |



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

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