

# Studie på energibruk i bygg med fjernvarmetilknytning

Utarbeidet for Enova SF

Status: **Som bygget, endelig utgave**

Dato: 22.09.2011

Utarbeidet av: **Linda Pedersen Haugerud, Ingvild Roterud Lien og Esben Jensen**

Oppdragsgiver: Enova SF

# Rapport

Oppdragsgiver: Enova SF

Dato: 22.09.2011

Prosjektnavn: Enova-studie

Dok. ID: 30465-RV-0001-  
E01

Tittel.: **Studie på energibruk i bygg med fjernvarmetilknytning**

Deres ref: Trude Tokle

Utarbeidet av: Linda Pedersen Haugerud, Ingvild Roterud Lien og Esben Jensen

Kontrollert av: Jon Tveiten

Status: Som bygget, endelig utgave

Sammendrag:

---

Se hovedfunn i kapittel 2.

---

*Effektiv, miljøvennlig og sikker utnyttelse av energi*

## Innholdsfortegnelse

1	Innledning .....	5
1.1	Bakgrunn .....	5
1.2	Formål og omfang .....	5
1.3	Forutsetninger.....	5
1.4	Grensesnitt.....	6
1.5	Hvorfor spare/ikke spare energi ved tilkobling til fjernvarme? .....	7
2	Hovedfunn.....	8
2.1	Bakgrunn .....	8
2.2	Resultater.....	8
3	Innsamling av måledata .....	11
3.1	Bakgrunn .....	11
3.2	Fjernvarmeaktører .....	11
3.3	Andre aktører.....	11
3.4	Kriterier for utvelgelse av bygninger .....	12
3.5	Innhenting av data .....	13
3.5.1	Innsamling av data for kvantitativ og kvalitativ analyse .....	13
3.5.2	Skoler, kontor og boligblokker .....	14
3.5.3	Formålsfordeling og forbruksprofiler .....	15
3.5.4	Lavenergi- og passivhus.....	16
3.6	Systematisering og kvalitetssjekk .....	16
4	Metode for analyse av måledata.....	18
4.1	Bakgrunn .....	18
4.2	Kvantitativ analyse .....	18
4.3	Kvalitativ analyse .....	19
4.4	Statistisk metode for kvantitativ analyse.....	19
4.5	Feilkilder .....	19
5	Resultater fra analysen .....	21
5.1	Årlig energibruk .....	21
5.1.1	Skoler .....	21
5.1.2	Kontor .....	23
5.1.3	Boligblokker.....	24
5.1.4	Oppsummering.....	26
5.2	Kvalitativ analyse av tiltak .....	27
5.2.1	Skole S3 .....	27
5.2.2	Skole S4 .....	28
5.2.3	Skole S5 .....	29

---

5.2.4	Skole S6 .....	30
5.2.5	Skole S7 .....	31
5.2.6	Kontor K2 .....	32
5.2.7	Kontor K3 .....	33
5.2.8	Kontor K5 .....	34
5.2.9	Kontor K6 .....	35
5.2.10	Oppsummering.....	36
5.3	Formålsfordelt energibruk.....	37
5.3.1	Årlig fordeling mellom oppvarming og tappevann.....	37
5.3.2	Månedlig fordeling mellom oppvarming og tappevann.....	39
5.4	Forbruksprofiler.....	42
5.4.1	Døgnprofiler.....	42
5.4.2	Varighetsdiagram .....	46
5.5	Lavenergi- og passivhus .....	50
5.5.1	Bellonahuset.....	50
5.5.2	KLP-bygget.....	51
5.5.3	Storebrand Lysaker Park.....	53
5.5.4	Nardo Skole.....	53
5.5.5	Oppsummering.....	53
6	Referanser .....	54
7	Vedlegg.....	55

## 1 Innledning

### 1.1 Bakgrunn

Bakgrunnen for denne studien var at Enova ønsket en evaluering av energibruk for fjernvarmekunder før og etter fjernvarmetilkobling, samt identifisere gjennomførte tiltak på kundenivå. Dette for å kunne identifisere effektive og mindre effektive systemløsninger/energieffektiviseringstiltak sammenlignet med alternativ energiforsyning.

Enova ønsket også å se nærmere på lavenergi- og passivhus tilknyttet fjernvarmenettet. Det var ønskelig å sammenligne dimensjonerende varmebehov for denne bygningstypen med faktiske måleverdier, samt å se på forbruksprofil for varmeleveranse hos energileverandør.

### 1.2 Formål og omfang

Hovedformålet med studien var å bekrefte eller avkrefte ”myten” om redusert energibruk ved tilknytning til fjernvarme til oppvarming.

Det var også et formål å identifisere effektive og mindre effektive systemløsninger/energieffektiviseringstiltak som er gjennomført i forbindelse med eller på samme tid som fjernvarmetilknytning. Enova ønsket å identifisere om noen tiltak går igjen og om det er noe Enova kan bidra med gjennom sin virkemiddelbruk for å sikre at fremtidig fjernvarmetilknytning blir så effektiv som mulig.

Hovedanalysene som ble gjennomført i studien var:

1. Kvantitativ analyse av årlig energibruk for fjernvarme sammenlignet med tidligere forbruk. Her var det viktig med:
  - a. Stort utvalg av bygninger
  - b. Fordelt på flere bygningskategorier
  - c. Graddagskorrigert til normalår, og korrigert for beliggenhet og klimaforhold
2. Kvalitativ analyse av tiltak for et utvalg fra den kvantitative analysen (5 skoler, 4 kontorbygg)

I tillegg ble det sett nærmere på:

3. Formålsfordeling på rom-/ventilasjonsoppvarming og tappevannsoppvarming der det var mulig
4. Forbruksprofil på effektuttak over døgnet og over året, korrelert mot utetemperatur, samt ekvivalent driftstid for kundesentralen
5. Lavenergi/passivhus

### 1.3 Forutsetninger

Det ble forutsatt at;

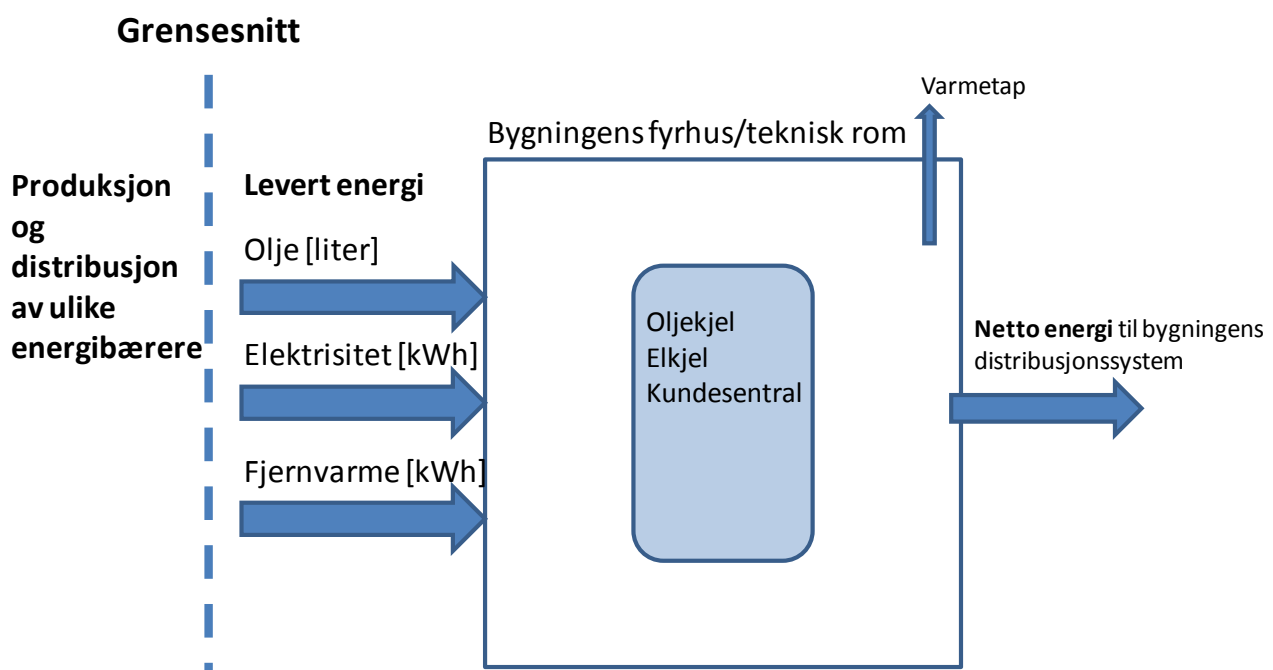
- Det var mulig å hente ut tilstrekkelig mengde måledata til å kunne gjøre en kvantitativ analyse. Det vil si 30 bygg totalt innenfor bygningskategoriene skoler, kontor og boligblokker.
- Det kom nok svar på spørreskjema til å kunne gjøre en kvalitativ analyse, dvs svar fra minst 10 bygninger.
- Fjernvarmeaktørene hjalp til med å plukke ut tilfeldige, relevante bygninger for videre analyse av energibruk til oppvarming.

- Måledata fra fjernvarmeselskapene skulle komme i et slikt elektronisk format at det var mulig å importere i ønsket programvare for videre analyse.

## 1.4 Grensesnitt

For å kunne sammenligne energibruk fra olje- og/eller elkjel før fjernvarmetilknytning med energibruk fra fjernvarme er grensesnittet i fyrhus/ teknisk rom satt ved **levert energi**. Levert energi er beregnet ut i fra bygningens netto energibehov og virkningsgraden for energiforsyningen ved et gitt grensesnitt. Dette kan sammenlignes med den mengde energi som vil komme på kundens energiregning i form av for eksempel antall kWh elektrisitet og antall liter olje kjøpt. Grensesnittet i denne analysen ble satt ved levert energi da ”myten” om redusert energibruk til oppvarmingsformål er basert på hva kundene faktisk opplever. Det er dermed ikke tatt hensyn til utvinning, transport fra produksjonssted til brukssted, prosessering, lagring, generering, overførsel eller distribusjon av de ulike energibærerne.

I Figur 1.1 er levert energi illustrert ved pilene som kommer inn fra venstre med olje, el eller fjernvarme til bygningens fyrhus eller tekniske rom. Dersom bygningens distribusjonssystem er likt uavhengig av energibærer, vil det kun være varmetapet fra fyrhus/ teknisk rom som påvirker mengde levert energi. Hvis det ikke skjer noen endring på rørsystem, isolasjon, etc. inne i teknisk rom, forutsettes det at det kun er virkningsgrad i kjel og kundesentral, samt regulering av disse, som vil påvirke mengden levert energi.



Figur 1.1 Skisse som viser grensesnitt mellom produksjon og distribusjon av ulike energibærere på den ene siden og levert energi til bygningens fyrhus/tekniske rom på den andre siden. I tillegg viser skissen forholdet mellom levert energi, varmetap og netto energi til bygningens distribusjonssystem.

De ulike fjernvarmeaktørene har forskjellig grensesnitt ift hvem som eier kundesentralen. Dette kan ha innvirkning på styring, regulering og drifting av teknisk rom. Av fjernvarmeselskapene som var med i denne studien, er det kun en aktør der det er kunden selv som eier kundesentralen. De andre fjernvarmeaktørene eier og har ansvar for kundesentralene selv.

## 1.5 Hvorfor spare/ikke spare energi ved tilkobling til fjernvarme?

En overgang til fjernvarme medfører ikke automatisk en endring av bruksmønsteret på sekundærsiden og dermed ikke endring av bygningens netto energibehov til oppvarming. Imidlertid vil en fjernvarmetilknytning kunne medføre en endring av levert energi. Fokus i denne studien har derfor vært på levert energi, ref grensesnitt i Figur 1.1.

### Hvorfor sparer vi energi ved tilkobling til fjernvarme?

Teoretisk så er det to hovedgrunner til at man kan spare energi ved tilkobling til fjernvarme. Den ene er utfasing av gamle kjeler med dårlige virkningsgrader og det andre er gjennomføring av tiltak i forbindelse med tilkobling til fjernvarme.

Utfasing av kjeler med dårlige virkningsgrader kontra kundesentraler:

- Årsvirkningsgrad oljekjel 75 – 90 % bestående av:
  - Røykgasstap (7 – 20%)
  - Stråletap (<3%)
  - Gjennomstrømmingstap (<1%)
- Årsvirkningsgrad elkjeler 95 – 98 %
  - Stråletap elkjeler – dette er lavt (<1%)
- Ingen eller lite tap i kundesentral

Tiltak direkte tilknyttet fjernvarmetilkobling og/eller bygningens distribusjonssystem for oppvarming:

- Termisk isolering av rør og deler i varmesentralen
- Ny shunt/utetemperaturregulering m/urstyring
- Frekvensstyring av hovedpumpen
- Installasjon av termostatstyrte ventiler
- Endring eller behovsstyring av ventilasjonsluften
- Installasjon av sparedusjer

Disse faktorene er blitt undersøkt i forbindelse med denne studien.

### Hvorfor sparer vi ikke energi ved tilkobling til fjernvarme?

- Stor andel av elkjeler er brukt i kartleggingsperioden. Disse har høyere virkningsgrad enn oljekjeler og dermed vil ikke en overgang til fjernvarme medføre stor endring av levert energi.
- Ansvar for energiproduksjon overføres fra kunden (ved eget fyrrom) til FV-aktøren (ved tilkobling). Dette kan for eksempel medføre;
  - Mindre oppfølging fra byggeier sin side når de selv ikke har ansvar for energiproduksjon til oppvarming.
  - Erfaring har vist at det er enkelt å endre utekompenseringskurven for turtemperatur på kundesentralen. Dette gjelder for eksempel hvis brukerne klager på at det er for kaldt. Driftspersonalet i bygget kan kompensere for dette ved å heve turtemperaturen og utekompenseringskurven blir værende høyere enn nødvendig gjennom hele året.
- Endret bruksmønster i bygningen ift før fjernvarmetilkobling.
- Gamle kjeler er ikke frakoblet og kan stå varme.

Disse punktene, bortsett fra det siste, er ikke blitt undersøkt videre i denne studien da mandatet gikk ut på å prøve å kartlegge en reduksjon i energibruk til oppvarming ved å benytte fjernvarme kontra lokalt fyrhus.

## 2 Hovedfunn

### 2.1 Bakgrunn

I denne rapporten har vi gått igjennom studien i sin helhet; fra innsamling av data, gjennom analyse av data og tilslutt en fremstilling av resultater.

Grensesnittet i denne analysen ble satt ved levert energi da ”myten” om redusert energibruk til oppvarmingsformål er basert på hva kundene faktisk opplever. Levert energi er beregnet ut i fra bygningens netto energibehov og virkningsgraden for energiforsyningen ved et gitt grensesnitt. Dette kan sammenlignes med den mengde energi som vil komme på kundens energiregning i form av for eksempel antall kWh elektrisitet og antall liter olje kjøpt.

Selve innsamlingen av måledata for å kartlegge levert energi i bygg før og etter fjernvarmetilkobling, viste at det er få fjernvarmeaktører og bygningseiere som har oversikt over forbruket. Dette gjelder hovedsakelig før-data fordelt på forbruk av olje og elektrisitet før fjernvarmetilkobling. Dette gjorde det meget utfordrende å få tak i nok representative bygninger for en fullverdig kvantitativ analyse. I utgangspunktet skulle vi finne 10 bygninger hver innenfor bygningskategoriene skoler, kontor og boligblokker, men endelig utvalg ble henholdsvis 10, 7 og 5 bygninger. Utvalget viste seg å ikke være stort nok til å kunne bekrefte eller avkrefte ”myten” om redusert energibruk ved tilkobling til fjernvarme.

### 2.2 Resultater

Innsamlede data ble kvalitetssjekket og systematisert, for deretter å bli analysert. Hovedresultatene fra analysen er gjengitt under:

**Kvantitativ analyse** av levert energi før og etter fjernvarmetilkobling viste at det er store variasjoner i forbruk, ikke bare fra bygg til bygg, men også innenfor enkeltbygg. Variasjonene er i noen tilfeller knyttet til forskjell i før- og etter-data, men det er også store forskjeller innenfor samme energibærer. Dette gjorde det vanskelig å se noen klar trend. Interpolering og rene kvantitative trendanalyser gav meget varierende resultater og ville sannsynligvis ikke gitt et riktig bilde av endringene.

Oppsummert kan vi kun si at denne studien med måledata fra 22 bygninger viste følgende:

- Skoler: økning på rundt 3 % (10 bygninger)
- Kontorbygg: reduksjon på rundt 1 % (7 bygninger)
- Boligblokker: marginal reduksjon (5 bygninger)

Ut fra dette tyder det på at vi ikke kan trekke noen konklusjon basert på vårt utvalg om redusert forbruk ved fjernvarmetilkobling når grensesnittet er satt ved levert energi.

Den **kvalitative analysen** av 9 utvalgte bygninger (5 skoler og 4 kontor) fra den kvantitative analysen viser ingen automatisk reduksjon i forbruket ved tilkobling til fjernvarme, men flere av de bygningene som har gjort spesifikke tiltak ifm selve fjernvarmetilkoblingen viser reduksjon i forbruket. Dette er tiltak som;

- Termisk isolering av rør og deler i varmesentralen
- Ny shunt/utetemperaturregulering m/urstyring
- Frekvensstyring av hovedpumpen
- Installasjon av termostatstyrte ventiler



Ut i fra vår analysen var det vanskelig å tallfeste hvor mye effekt de ulike tiltakene har hatt på reduksjonen i energibruk, da forbruket på de utvalgte bygningene varierer mellom en nedgang på -16,5 % og en oppgang på + 18 % etter fjernvarmetilkobling, se Tabell 2.1 for utvalgte bygninger.

Tabell 2.1 Samlet oversikt over endring i energibruk for bygninger ifm kvalitativ analyse.

Bygg	Tiltak	Endring	Kommentar
S3	Ingen	+ 8%	
S4	Flere tiltak	- 6,5 %	
S5	Flere tiltak	-7,5%	
S6	Ett tiltak	+ 13,5%	Kun ett år med målinger etter fv-tilkobling
S7	Ingen	-16,5%	Endret bruksmønster (svømmehall)
K2	Ingen	+ 2,5%	
K3	Ett tiltak	-0,5%	
K5	Flere tiltak	-9,5%	
K6	Flere tiltak	+ 18%	Ingen forklaring

**Formålsfordeling** mellom oppvarming og tappevann er analysert for 76 eneboliger/rekkehus/leiligheter bygd etter år 2000. Analysen viser at årlig spesifikk energibruk til tappevannsoppvarming samsvarer godt med Enøk-normtall; 21 kWh/m<sup>2</sup> og år målt tappevannsforbruk mot 24 kWh/m<sup>2</sup> og år fra Enøk-normtall 1997. Årlig graddagskorrigert spesifikk energibruk til oppvarming ligger mellom to til tre ganger høyere enn det som er spesifisert i Enøk-normtall (Sør-Norge, kyst, 1997). Dette indikerer at faktisk målt energibruk til oppvarming er langt høyere enn beregnet.

For spesifikt energibruk til oppvarming, som består av romoppvarming og ventilasjonsoppvarming, varierer Enøk-normtall mellom 41, 36 og 32 kWh/m<sup>2</sup> for henholdsvis eneboliger, rekkehus og boligblokker for bygninger bygd etter 1997. Variasjonene for kundeutvalget er stort, men gjennomsnittlig forbruk på 85 og 79 kWh/m<sup>2</sup> ligger over dobbelt så høyt som normtallene. I tillegg er de fleste boligene i utvalget leiligheter, noe som skulle ført til mye lavere energibruk til oppvarming. Av utvalget på 76 kunder, var det kun 4 stykker som hadde lavere energibruk enn normtallene.

Gjennomsnittlig prosentvis fordeling mellom tappevann og romoppvarming er 21/79 % og 22/78 % for henholdsvis 2009 og 2010 for vårt utvalg av bygg. Andelen tappevann varierer mellom 3 % og 57 % for 2010. For 2009 er tallene henholdsvis 3 % og 46 %.

**Lastprofiler over døgnet** ble generert basert på timesmålinger fra 10 skolebygninger, der seks av bygninger var de samme som i kvantitativ analyse. Resultatene viste at det er relativt store variasjoner innenfor en bygningskategori, her skoler. Profilene er veldig avhengig av type dag slik som ukedag og helg, samt hvordan oppvarmingssystemet styres. Innenfor samme utetemperaturintervall er det store variasjoner ift spesifikt effektuttak for skolene, uavhengig av lokasjonene som er studert; Kristiansand, Oslo og Trondheim.

På den andre siden viser **varighetsdiagram** for skolene for samme år, men ulike lokasjoner, store forskjeller i form og dermed brukstid for maks effekt til oppvarming. Varighetsdiagram for Oslo og Trondheim viste en brukstid på rundt 2000 timer for 2010, mens tallet for Kristiansand for samme periode lå rundt 1000 timer. I 2010 hadde Kristiansand lavere døgnmiddeltemperatur og høyere årsmiddeltemperatur enn Oslo.

Brukstid for maks effekt for en lavenergiskole i Trondheim var ca 400 timer for 2010. Dette har medført at lavenergiskolen har et relativt høyt effektuttak, men bruker lite fjernvarme da dette kun er spisslast.

For utvalget av **lavenergi- og passivhus** i denne studien lå fjernvarmebruken noe over prosjektert bruk. Det kan være mange grunner for avvikene, men følgende hovedgrunner er lokalisert:

- Feil i bygningskroppen (eks: kuldebroer, fukt)
- Feil i tekniske anlegg (eks: termostatinnstillinger, ventilasjonsanleggsproblemer)
- Høyere innetemperatur enn beregnet (prosjekteres med 20°C mens mange ønsker høyere innetemperatur)
- Feil design av bygget (eks: dører/porter brukes oftere/står åpne der de er prosjektert lukket)
- Feil bruk av bygget (eks: lufting som overstyrer styringssystemet)

I tillegg pekes det på at lavenergi og passivhus har et høyere energibruk de første driftsårene. Dette kan muligens skyldes opplæring av brukere og tilvenning til nye vaner.

### 3 Innsamling av måledata

#### 3.1 Bakgrunn

Enova sendte ut forespørsel til 37 fjernvarmeselskap om å bidra med måledata til denne studien og fikk positiv tilbakemelding fra minst 10 aktører. Av disse ble 7 aktører plukket ut til å bli med i prosjektet. Et representativt utvalg av data fra de utvalgte aktørene skulle hentes inn, samt bakgrunnsinformasjon om de berørte bygningene som målingene gjelder for. Her var det viktig med en klar spesifisering på hvilke type bygninger man ønsket data fra og hvor mye data som skulle innhentes fra de ulike bygningstypene. Klimadata i form av døgnmiddeltemperaturer for aktuell lokasjon for utvalgte bygninger ble også hentet inn.

#### 3.2 Fjernvarmeaktører

Det ble valgt ut 7 fjernvarmeaktører; de tre største og fire mindre aktører. De store ble valgt for enkelt å kunne hente ut store mengder data. Fordelen med de mindre aktørene var at disse har større oversikt over kundene sine og lettere kunne plukke ut bygninger som svarte til utvalgsriteriene. I tillegg ble det valgt aktører i ulike deler av landet for å sammenligne bygg innenfor ulike klimasoner.

Det ble tatt utgangspunkt i de aktørene som ga sitt samtykke til Enovas forespørsel. I tillegg ble det valgt noen aktører som Norsk Energi kjenner godt til. De utvalgte aktørene var:

- Hafslund Fjernvarme AS i Oslo
- BKK Varme AS i Bergen
- Statkraft Varme AS i Trondheim
- Agder Energi Varme AS i Kristiansand
- Akershus Energi Varme AS i Lillestrøm
- Mo Fjernvarme AS i Mo i Rana
- Tafjord Kraftvarme AS i Ålesund

#### 3.3 Andre aktører

Det ble også benyttet andre aktører for å hente inn måledata – dette gjelder særlig for forbruket før fjernvarmetilkobling. Disse aktørene var Entro, APAS Energiteknikk og Statsbygg.

##### Entro

- Entro har stått for energioppfølging for flere av de utvalgte bygningene, og energiforbruket har blitt logget i "EOS – loggen". Fra EOS – loggen kan både før- og etterdata og både kraftforbruk og fjernvarmeforbruk hentes ut, ofte helt ned til timesmålinger. For å få tilgang til data for et spesifikt bygg, var det nødvendig med tillatelse fra byggeier.

##### APAS Energiteknikk

- APAS Energiteknikk logger før- og etterdata for mange bygninger, særlig på Østlandet. Her fikk vi tilgang til både før og etterdata for noen utvalgte skoler i Oslo etter tillatelse fra Undervisningsbygg.

### Statsbygg

- Statsbygg utgir årlige energirapporter for sin bygningsmasse fordelt på energibruk på ulike energibærere. Statsbyggs Energistatistikk hadde noen få bygninger som oppfylte utvalgsriteriene og vi fikk oversendt før- og etterdata direkte fra Statsbygg.

## 3.4 Kriterier for utvelgelse av bygninger

Utvalget bygninger ble avgrenset på grunnlag av spesifiserte utvelgelseskriterier, og de måtte nødvendigvis være noe forskjellige for de ulike delene av studien.

### Kriterier for utvelgelse av bygninger til hovedanalysen:

Til hovedanalysen; *Kvantitativ analyse av årlig energibruk for fjernvarme sammenlignet med tidligere forbruk* og *Kvalitativ analyse av tiltak*, ble følgende kriterier lagt til grunn:

- Vi ønsket å se på bygningskategoriene kontor, skoler og boligblokker. Dette er typiske fjernvarmekunder, samt at det er store bygninger med relativt høyt energibruk per bygning slik at feilkilder ikke får så store utfall
- Bygningen skulle være tilknyttet fjernvarme i perioden 2000 – 2008
- Bygningen hadde vannbåren varme før fjernvarmetilkobling med lokalt fyrhus
- Tilgjengelig målinger for minst to år før og to etter fjernvarmetilkobling, i beste fall timesmålinger. Her har vi akseptert noen unntak for å få større utvalg.
- Kan ikke ha gjort store enøk - tiltak på bygningskroppen i forbindelse med overgang til fjernvarme, eller umiddelbart etterpå
- Samme bruksmønster før og etter fjernvarmetilkobling

Basert på disse kriteriene skulle hver fjernvarmeaktør plukke ut 4 tilfeldige bygninger i hver bygningskategori – totalt maks 12 bygninger hvis mulig.

### Kriterier for utvelgelse av bygninger til resterende analyser:

#### Formålsfordeling på oppvarming og tappevann

- Målinger av rom-/ventilasjonsoppvarming og tappevannsoppvarming hver for seg fantes hovedsakelig for private boliger, og det ble valgt å innhente målinger der disse var tilgjengelige uavhengig av bygningskategori.

#### Forbruksprofil

- Timesmålinger fra eksisterende bygninger, helst både før og etter fjernvarmetilknytning, men kun fjernvarmemålinger kunne også brukes.
- Timesmålinger fra nybygg som kun har hatt fjernvarme som energibærer kunne brukes der det forelå målinger på helst ett helt år.
- Hovedsakelig skoler for å sammenligne en bygningskategori innefor ulike klimasoner.

#### Lavenergi/passivhus

- Her var det veldig få bygninger som har vært i drift med fjernvarme over flere år, så alle som kunne fås tak i, var aktuelle.

### 3.5 Innhenting av data

Bygninger ble plukket ut og informasjon om energibruk ble innhentet på følgende måte:

- a. Hjelp av fjernvarmeaktør til å plukke ut bygninger (liste eller konkrete bygg)
- b. Tok kontakt med kontaktperson for bygningene for å få tillatelse til å benytte målinger, samt hente energidata før fjernvarme og informasjon om tiltak.
- c. Evt. forkaste noen av byggene pga mangel på data/ endring av bruksmønster eller for store enøktiltak
- d. Fikk forbruksdata for fjernvarme enten fra fjernvarmeaktør for de godkjente bygningene, eller via Entro/APAS Energiteknikk/Statsbygg.

For å hente inn sammenlignbar informasjon om bygningene på mest mulig effektiv måte, ble det utarbeidet et spørreskjema (Vedlegg A). Spørsmål til bruk i den kvalitative analysen ble sendt ut til alle bygningene i studien for å ha størst mulig utvalg å velge fra.

I spørreskjemaet ble det spurt etter måledata på energibruk til oppvarming før fjernvarmetilkobling, bakgrunnsinformasjon om bygningen og bygningens energidistribusjonssystem, i tillegg til tiltak som ble gjort på oppvarmingssystemet eller bygningen før, under eller etter fjernvarmetilknytning. Det ble også spurt etter evt. elektrisitetmålinger for å sjekke om også elektrisitet blir brukt til oppvarming av bygningen. Tilslutt ble det spurt om evt. andre tiltak enn de som ble utført ved tilknytningen til fjernvarme.

#### 3.5.1 Innsamling av data for kvantitativ og kvalitativ analyse

Det var ønskelig å plukke ut bygninger der det forelå gode før-data. Vi fant ut at det enkleste var når fjernvarmeaktøren selv satt på før-data i form av målinger på faktisk olje-/ elforbruk og/eller utfylte effekt- og energiskjema og samtidig vet en del om bygningens historie eller om bygningen har hatt et energioppfølgingssystem.

Som regel hadde fjernvarmeaktørene bare oversikt over om bygningen var av riktig bygningstype og tilknyttet i riktig periode og fikk begrenset utvalget bygninger ut fra det. Deretter var det nødvendig å få kontakt med byggeier for å finne ut om bygningene oppfylte de andre kriteriene og om det fantes brukbare før-data.

Det var en stor utfordring at flere av de utvalgte bygningene ikke hadde tatt vare på før-data. Noen av byggene som ble plukket ut, ble tilknyttet tidligere enn 2000 og senere enn 2008, og noen var tilknyttet allerede som nybygg og dermed ikke innenfor utvalgskriteriene. Årsaker til dette kunne være at ikke alle fjernvarmeaktørene hadde anledning til å bruke så mye tid på utplukkingen/hadde ikke fått med seg alle kriteriene. De av nybyggene som hadde timesmålinger av fjernvarme har likevel vært mulig å bruke i studien til å lage lastprofiler. Også noen av byggene utenfor den definerte tidsperioden har blitt tatt med fordi de likevel har hatt noe før- og/eller etter-data som kan brukes.

Det vanligste formatet på de før-dataene som har kommet inn, er årsforbruk, eksempelvis elektrisitet i kWh eller olje i kWh eller liter. Noen ganger er liter olje egentlig årlig innkjøp og trenger ikke nødvendigvis tilsvare forbruket i løpet av året. Der det er brukt både olje- og elkjel (uprioritert kraft) er det brukt minst olje, og oljeforbruket utgjør kun en liten andel av forbruket for størsteparten av de utvalgte bygningene. Årsaken til dette er enten fordi det har vært enklere å registrere og ta vare på elforbruket til uprioritert kraft, eller fordi prisen for olje har vært gjennomsnittlig høyere enn el i den perioden måledataene er innhentet for.

Noen bygg har hatt avlesning av månedsforbruk, og noen få bygg har ukes- eller timesmålinger. Her er det grunn til å tro at dataene angir faktisk forbruk av både el og olje. Imidlertid er det i noen tilfeller uklart hvilken konverteringsfaktor som er brukt fra liter olje der olje er oppgitt i kWh da vi ikke har fått dette oppgitt fra bygningseierne. Det er heller ikke konsekvent om oljeforbruket i kWh er i form av levert energi eller netto energi.

De byggene som har benyttet Entro, er innen kategoriene kontor og skoler, og her har det vært måleavlesning på måneds-, ukes- og timesbasis både før og etter fjernvarme. Entro har regnet før-data på timesbasis om fra levert energi til netto energi. For netto energi for olje har Entro brukt en varierende virkningsgrad avhengig av utetemperatur. For å kunne sammenligne før-data med fjernvarmedata er grensesnittet for studien satt ved levert energi, og det blir dermed vanskelig å sammenligne olje på timesbasis med fjernvarmedata da vi ikke har tilgang til metoden og de eksakte konverteringsfaktorene som er benyttet av annet konsulentselskap.

Flere bygg ble forkastet på grunn av at det er gjort en rekke andre enøktiltak samtidig som de ble tilknyttet fjernvarme. Dersom tiltakene er gjort i etterkant, dvs. et par år etter eller mer, har byggene blitt akseptert.

Det har tatt tid å vente på tilbakemeldinger fra kontaktpersonene. Det har vært en utfordring for noen av kontaktpersonene å innhente energidata fordi det ikke alltid foreligger gode historiske målinger. I flere tilfeller har de ikke hatt førstehånds kjennskap til byggene selv og har måttet videreformidle info til tredjepart. Kvalitet av før-data har derfor satt føringer på hvilke bygninger som ble videre analysert.

### 3.5.2 Skoler, kontor og boligblokker

Målet var å plukke ut 30 bygninger totalt for den kvantitative analysen fordelt på 10 bygg hver innenfor bygningskategoriene kontor, skoler og boligblokker. Videre skulle 10 av disse bygningene benyttes i den kvalitative analysen der fullstendige utfylte spørreskjema var tilgjengelig. I Tabell 3.1 er antall ønskede bygg innenfor de ulike bygningskategoriene oppsummert sammen med antall bygg som oppfylte kriteriene og hvor mange bygg som faktisk ble analysert i denne studien.

**Tabell 3.1 Tabellen viser antall ønskede bygg, hvor mange bygg som oppfylte utvalgskriteriene og hvor mange bygg som faktisk ble analysert for kvantitativ og kvalitativ analyse.**

Kvantitativ analyse	Ønsket antall	Innenfor kriteriene for byggutvalgelse	Gjenstående etter forkasting av feilmålinger
Skoler	10	22	10
Kontor	10	18	7
Boligblokker	10	16	5
Kvalitativ analyse			
Skoler	0	5	5
Kontor	10	4	4

Resultatet ble som følger for den **kvantitative analysen**:

Skoler

- 10 totalt til bruk i kvantitativ analyse

I utgangspunktet hadde vi 22 skoler plukket ut fra fjernvarmeaktørene som oppfylte utvalgskriteriene, men noen fikk vi ikke svar fra og resten ble forkastet av ulike grunner. Hovedgrunnen til at mange skoler ble forkastet var manglefulle før-data og store enøk-tiltak/ombygginger av skolene i analyseperioden. Noen bygningseiere ville heller ikke være med i studien.

### Kontorbygg

- 7 totalt til bruk i analyse av årlig energibruk

I utgangspunktet hadde vi 18 kontor som oppfylte utvalgskriteriene, men flere vi ikke fikk svar fra og resten ble forkastet av samme grunn som skolene. For kontor var det også noe mer utfordrende å få tak i riktig driftspersonale for opplysninger om bygningen og bygningens energisystem.

### Boligblokker

- 5 totalt til bruk i analyse av årlig energibruk

I utgangspunktet hadde vi 16 boligblokker som oppfylte utvalgskriteriene, men også her var det flere vi ikke fikk svar fra, manglet før-målinger eller ble forkastet grunnet store enøk-tiltak. Her var det størst utfordring å få tak i riktig kontaktperson, og de fleste boligblokkene som ble med videre i analysen var studenthjem.

Det ble laget en tabell over det endelige utvalget av bygninger etter bygningskategori, sted og areal. For å skille dem fra hverandre og samtidig holde dem anonyme, ble de nummerert fra 1 til 10 innenfor hver kategori.

I utgangspunktet skulle **kvalitativ analyse** utføres på 10 kontorbygg, men vi fikk ikke tilbake utfylte skjema eller nok informasjon fra bygningseiere for tilstrekkelig antall bygninger for kvalitativ analyse. Det kom inn mange flere skoler med gode måledata og komplette utfylte skjema. Derfor ble dette endret til 4 kontor og 5 skoler. Det vil si at vi manglet ett kontorbygg ift opprinnelig målsetning om totalt 10 bygninger for kvalitativ analyse.

### 3.5.3 Formålsfordeling og forbruksprofiler

Tabell 3.2 oppsummerer antall bygninger analysert for formålsfordeling og forbruksprofiler, i tillegg til antall ønskede bygg og de som oppfylte utvalgskriteriene.

Tabell 3.2 Tabellen viser antall ønskede bygg, hvor mange bygg som oppfylte utvalgskriteriene og hvor mange bygg som faktisk ble analysert for formålsfordeling.

Formålsfordeling	Ønsket antall	Innenfor kriteriene	Faktisk analysert
Uavhengig av bygningskategori	Så mange bygg som mulig	95	76
<b>Forbruksprofiler</b>			
Skoler	Så mange som mulig	10	11 (inklusive ett lavenerigbygg)
Kontor	Så mange som mulig	0	0

#### 3.5.3.1 Eneboliger/rekkehus/leiligheter for formålsfordeling

Det var ønskelig å hente inn måledata uavhengig av bygningskategori for å se på formålsfordeling mellom oppvarming (rom- og ventilasjonsoppvarming) og tappevann i bygg med fjernvarme. Det var kun en fjernvarmeaktør som viste seg å ha et stort antall målinger fordelt på oppvarming og tappevann, og kun for bygningskategorien enebolig/rekkehus/leiligheter.

Fra fjernvarmeaktøren fikk vi oversendt en matrise med 4694 månedsmålinger fordelt på adresser og unike id.-nummer for de ulike kundene. Målingene gikk over en toårs-periode fra 1.1.2009 til 1.1.2011 fordelt på 87 unike kunder frem til 1.8.2010, deretter økte antallet til 95 unike kunder. En videre

systematisering av kunder og måledata førte til en reduksjon til 82 unike kunder som hadde komplette målinger over to år. Av disse 82 eneboligene/rekkehusene/leilighetene klarte vi å finne arealet til 76 bygninger som ble med i analysen av formålsfordelt energibruk. Alle boligene i utvalget er relativt nye og bygd etter år 2000.

### 3.5.3.2 Skoler for forbruksprofiler

Det ble innhentet timesmålinger for til sammen 10 skoler fordelt på Oslo, Kristiansand og Trondheim; henholdsvis 4, 3 og 3. Tre av skolene i Oslo inngikk også i den kvantitative hovedanalysen, og det samme gjaldt for alle skolene fra Trondheim. Skolene fra Kristiansand var kun med i analysen av forbruksprofiler da det ikke var mulig å få tak i før-data her.

Grunnen til at bygningskategoriene skoler ble valgt, var at vi her fikk tak i timesmålinger for flere bygninger fra samme sted, samtidig som dette var tilfellet for tre ulike lokasjoner.

### 3.5.4 Lavenergi- og passivhus

Lavenergi- og passivhus er hus med vesentlig lavere energibruk enn bygninger med samme bruksmønster og størrelse. Det stilles strenge krav for å karakterisere en bygning som lavenergi- eller passivhus, noe som gjør at det per dato ikke er mange slike i Norge.

Det er vanskelig å direkte sammenlikne energibruken til oppvarming i lavenergi- og passivhus med andre bygninger med fjernvarme. Dette fordi slike bygninger ofte har lokale oppvarmingssystemer som solfangere og varmepumper i tillegg til ekstern levert fjernvarme. I tillegg er de fleste lavenergi- og passivhus relativt nye og det er dermed begrenset med driftserfaring tilgjengelig.

I denne studien er det vektlagt bygninger som faller inn under de kategorier som prosjektet omhandler og bygninger der det har vært mulig å innhente data. Følgende bygninger er det innhentet data om:

- Bellonahuset i Oslo
- KLP-bygget i Trondheim
- Storebrand Lysaker Park
- Nardo skole i Trondheim

## 3.6 Systematisering og kvalitetssjekk

Data fra ulike aktører kom i forskjellige format, og derfor var det viktig med en systematisering av data ved generering av matriser for hver bygningstype. Alle måledata som kom på times-/døgnbasis ble koblet opp mot tid (dato og type dag slik som ukedag eller helg/helligdag) og klimatiske data.

De fleste av forbruksdataene som ble samlet inn fra før tilknytning av fjernvarme, var på et aggregert nivå slik som forbruk per måned, kvartal eller år av olje og/eller elektrisitet.

For kvantitativ analyse av årlig energibruk for fjernvarme sammenlignet med tidligere forbruk, var det tilstrekkelig med årlige målinger, men selvsagt en fordel med flere målinger i løpet av året i tillegg som en kvalitetssjekk på om dataene stemte overens. I dette prosjektet var det ønskelig med så lange tidsserier som mulig for utvalgte bygninger, dvs. kontinuerlige målinger over flere år for varmeforbruk.

Når det gjelder kvalitetssjekk av måledata, så er tallene akseptert for det de er og feilmålinger forkastet. Det var uansett viktig med en viss kvalitetssikring av innsamlet data for å få et riktig bilde av energibruk før fjernvarmetilkobling, og her var noen de største feilkildene vi fant i prosjektet;



- For noen bygninger fikk vi inn både årsmålinger og målinger med høyere oppløsning slik som måneds- eller ukesverdier. Ved sammenligning av årsmålinger mot summerte måneds- eller ukesverdier, fant vi flere avvik og bygningen ble forkastet da vi ikke kunne være sikre på hva faktisk levert energibruk til oppvarming svar.
- Målinger av før-data fra byggeiere ble også, der det var mulig, sammenlignet med målinger fra leverandør av uprioritert kraft eller annen aktør som logget energibruken før fjernvarmetilkobling, og også her fant vi flere avvik. Byggene ble følgelig forkastet.
- Flere bygg hadde veldig lavt forbruk av uprioritert kraft før tilkobling til fjernvarme. En gjennomgang av spørreskjema eller annen direkte oppfølging av bygget avdekket at disse bygningene hadde varmpumpe før fjernvarmetilkobling. Det var ikke mulig å få tak i COP-faktoren for disse varmpumpene, og følgelig levert energi, og byggene ble dermed forkastet.
- Flere bygningseiere hadde oversikt over energibruk til uprioritert kraft som vi fikk opplyst. Da disse tallene var meget lave for noen år, viste det seg at også oljekjelen(e) hadde vært i bruk disse årene, men at det ikke fantes noen oversikt over antall liter olje brukt per år. Byggene ble dermed forkastet.
- Dersom enkeltår med målinger hadde en ekstrem topp eller bunnotering og åpenbart måtte være en feilmåling, ble dette året fjernet fra statistikken.

## 4 Metode for analyse av måledata

### 4.1 Bakgrunn

En **kvantitativ analyse**, hvis stort nok utvalg var tilgjengelig, skulle gjøres for å sammenligne ulike bygningskategorier ift energibruk til oppvarming, formålsfordeling og forbruksprofiler.

En **kvalitativ analyse** skulle gjøres for å registrere og evaluere effekten av gjennomførte tiltak hos et utvalg av kunder. Her var det viktig med god bakgrunnsinformasjon på bygningsmessige og tekniske spesifikasjoner på de utvalgte bygningene slik som størrelse, bygningsår, oppgradering og hvilke tiltak som ble gjennomført når. Spesifikke tiltak ved utskiftning til fjernvarme gjelder for eksempel oppgradering av tekniske rom og innregulering av interne distribusjonsanlegg.

En kvalitativ analyse skulle også gjennomføres i forhold til målinger på lavenergibygg og passivhus. Her var det ønskelig å se nærmere på hvor godt samsvar det var mellom opprinnelig dimensjonerende forhold og de faktiske målingene på varmeforbruk som var registrert. Et eventuelt avvik mellom dimensjonerende data og måledata er diskutert.

### 4.2 Kvantitativ analyse

For kvantitativ analyse er følgende ønskede resultater spesifisert av Enova:

- Energi- og effektuttak sammenlignet med tidligere forbruk og dimensjonerende data
  - Fordelt på bygningskategori
  - Graddagskorrigering til normalår, og korrigering for beliggenhet og klimaforhold
- Formålsdeling på oppvarming og tappevann der det er mulig
- Forbruksprofil på effektuttak over døgnet og over året, korrelert mot utetemperatur, samt ekvivalent driftstid for kundesentralen

Følgende ble gjort i den **kvantitative analysen**:

1. Kvalitetssjekk og systematisert data på matrisiform for hver bygningskategori har gjennomgått en preanalyse.
2. Fjernvarmemålingene er graddagskorrigert ihht klimatiske data for måleperioden, slik at disse er sammenlignbare for ulike år. Årsforbruk av fjernvarme ble sammenlignet med før-data (som også måtte graddagskorrigeres) for de ulike bygningene og deretter for bygningskategoriene. Gjennomsnitt av de siste to årene før fjernvarmetilkobling, hvis tilgjengelig, ble benyttet som basisforbruk, og en prosentvis endring av forbruket både før og etter fjernvarmetilkobling ble analysert.
3. Formålsfordeling på rom/ventilasjons- og tappevannsoppvarming ble analysert der det var data tilgjengelig. Rom-/ventilasjonsoppvarming ble graddagskorrigert for å kunne sammenligne målinger over flere år. Analysen gjelder kun for bygningskategoriene enebolig/rekkehus og leiligheter.
4. Forbruksprofiler for effekt over døgnet og året ble analysert for skoler. Dette var den eneste bygningskategorien der det forelå timesmålinger for flere bygninger på samme lokasjon og samtidig fordelt på tre ulike lokasjoner. Det ble generert lastprofiler over døgnet og varighetsdiagram.
  - a) Lastprofiler over døgnet ble analysert ihht utetemperaturintervaller for alle skolene og sammenlignet. Alle profiler ble generert på spesifikk form, dvs.  $W/m^2$ . I prosjektet var det viktig å identifisere bygningskategorien ift et mulig behov for oppdeling av ukedager og helg/helligdager når man skulle generere lastprofiler over døgnet. Dette gjelder særlig for

dimensjonerende forhold, da en mangelfull oppdeling på disse dagtypene kan føre til en for lav dimensjonerende last.

- b) Varighetsdiagram ble generert basert på kontinuerlige målinger over 8760 timer for samme år. Det ble også her benyttet indikator slik som  $W/m^2$  for å kunne sammenligne ulike bygninger innenfor den samme bygningskategorien på forskjellige steder i Norge.

### 4.3 Kvalitativ analyse

For kvalitativ analyse er følgende ønskede resultater spesifisert av Enova:

- Registrering og evaluering av gjennomførte tiltak på kundenivå for et utvalg kunder
- Sammenligne dimensjonerende varmebehov i lavenergi- og passivhus med faktiske måldata,

Følgende har blitt gjort i den **kvalitative analysen**:

1. For kvalitativ analyse av ulike tiltak gjort i forbindelse med fjernvarmetilknytning har vi gått systematisk igjennom måldata, helst over flere år, for å se hvilke og hvor stor effekt de ulike tiltakene har hatt. Bygninger som har gjennomgått tilsvarende oppgraderinger ble sammenlignet med hverandre og deretter opp mot andre bygninger som har gjennomført andre tiltak.
2. For sammenligning av måldata for passivhus og lavenergibygg, så antok vi at disse var av nyere dato og at det forelå beregnet energibruk til varmeformål. Faktisk forbruk er analysert over de år måldata var tilgjengelig, korrigert for klima, og sammenlignet med beregnede verdier. Der det var avvik, ble det diskutert nærmere hva som har vært forutsetningene for beregningene ift faktisk bruk av bygningene.

### 4.4 Statistisk metode for kvantitativ analyse

I denne studien skulle vi teste hypotesen om man sparer levert energi til oppvarming ved å gå over fra olje- og/eller elkjeler til fjernvarme og eventuell hvor mye energi man da kan forvente å spare per år.

Ved stort nok utvalg kan man beregne en forventningsverdi for et gitt utvalg. Utvalget må da være av en viss størrelse for å kunne treffe en konklusjon basert på det spesifikke utvalget.

Hvis vi går på byggnivå i denne studien, vil det si at hvert bygg har en forventningsverdi før og en forventningsverdi etter tilknytning til fjernvarme basert på målinger over minst to år. En forventningsverdi på kun to målinger gir en meget stor varians, og følgelig standardavvik, og dermed usikkerhet i estimatet.

Et utvalg på totalt 22 bygninger fordelt på ulike bygningskategorier gir liten sikkerhet for en konklusjon. Vi har derfor hovedsakelig valgt å vise endringen i levert energibruk til oppvarmingsformål for hvert enkelt bygg hver for seg innenfor de ulike bygningskategoriene og ut i fra dette undersøkt om det var en klar trend innenfor hver bygningskategori.

### 4.5 Feilkilder

Selv om det ble foretatt en kvalitetssjekk av innkomne måldata, var det fremdeles rom for feil og usikkerhet i tallgrunnet. Dette kan for eksempel være;

- Direkte feilmålinger
- Feil på loggeutstyret
- Feil ved lagring av måldata

- Mangelfulle målinger der noen har estimert forbruket for å komplettere måleserier, for eksempel årsforbruk
- Kun elektrisitet eller olje er registrert for en bygning, men faktisk årsforbruk består av både elektrisitet og olje.
- Oppgitt antall liter olje behøver ikke å tilsvare faktisk årsforbruk, men kjøpt olje det gjeldende året. Nivået på oljetank ved årsskiftet er kanskje ikke registrert.
- Usikkerhet i graddagsmetoden, samt formålsfordeling mellom romoppvarming/ventilasjon og tappevann gjør det vanskelig å sammenligne fra år til år
- Usikkerhet eller mangelfull virkningsgrad for de ulike kjelene der vi har fått oppgitt bygningens netto energibruk
- Usikkerhet i omregning fra liter olje til antall kWh levert energi basert på olje.

For de spesifikke bygningskategoriene analysert var det også andre feilkilder som kunne virke inn på resultatet.

Det kunne være problematisk å sammenlikne mellom skolene da feilkilder som ulike skoletyper med ulikt bruksmønster og fysisk utforming (barneskole, ungdomsskole, videregående skole og høgskole) også spiller inn.

En feilkilde innenfor bygningskategorien kontor er at det ikke er noen rene kontorbygninger, men bygg med blandet bruksmønster; politihus, rådhus, gartneri, driftssentral. De kan dermed ikke sammenlignes helt med hverandre. Enkelte av byggene kunne tenkes å ha variabelt forbruk pga det sammensatte bruksmønsteret, og her var det usikkerhet knyttet til sammenligning av forbruk før og etter.

## 5 Resultater fra analysen

Her presenteres resultater fra analysene som er utført:

1. Kvantitativ analyse av årlig energibruk for fjernvarme sammenlignet med tidligere varmeforbruk
2. Kvalitativ analyse av tiltak for et utvalg fra den kvantitative analysen (5 skoler, 4 kontorbygg)
3. Formålsfordeling på romoppvarming og tappevannsoppvarming
4. Forbruksprofil på effektuttak over døgnet og over året
5. Lavenergi/passivhus

### 5.1 Årlig energibruk

Resultatene presenteres som prosentvis endring for noen år før og noen år etter fjernvarmetilkobling. Basisforbruket er i de fleste tilfeller gjennomsnittet av de siste to årene før fjernvarmetilkobling, men variere noe avhengig av om vi fikk inn målinger for disse årene eller ikke.

#### 5.1.1 Skoler

Tabell 5.1 og Figur 5.1 viser prosentvis endring av energibruk til oppvarming for de ti utvalgte skolene i den kvantitative analysen. Spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarming for disse skolene varierer mellom 65 og 206 kWh/m<sup>2</sup> og år.

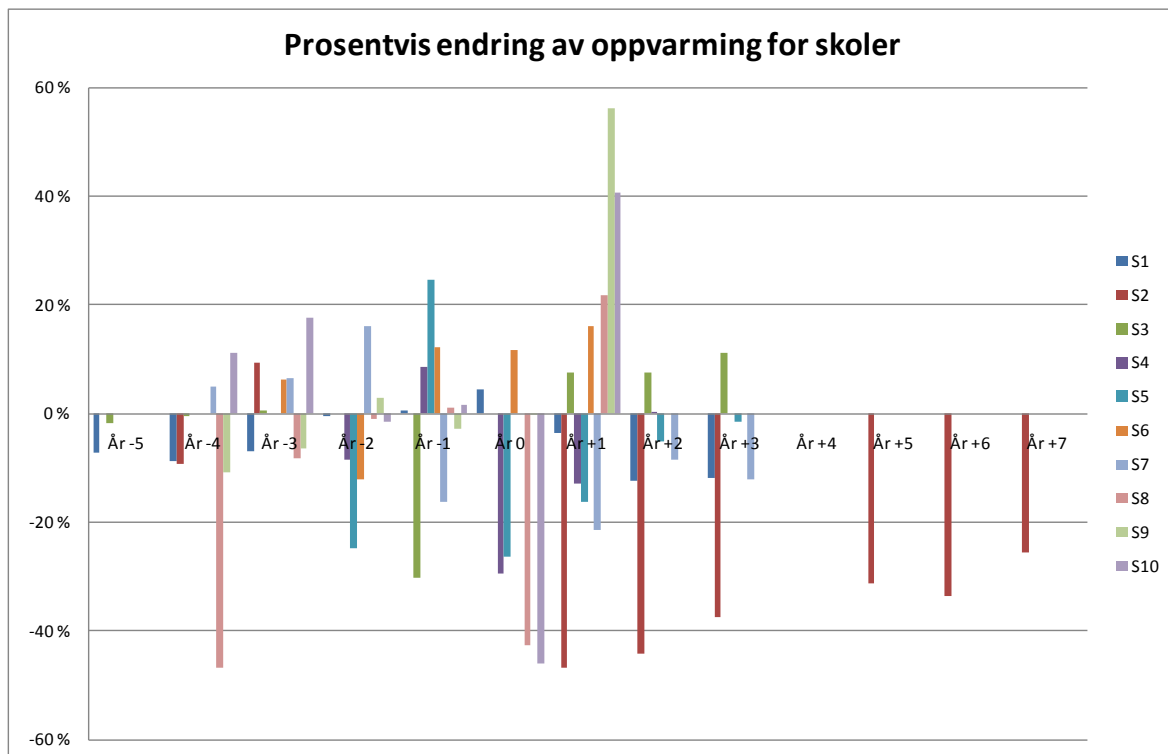
Det er ingen trend (signifikant reduksjon), men enkelte skoler kan vise til reduksjon, mens andre ikke kan det. På enkeltskoler er det likevel mulig å se trender:

- S1 og S7 viser en reduksjon i forbruk på rundt 10 % et par år etter tilknytning.
- S2 har et stabilt redusert forbruk rundt 30 % lavere enn før tilknytning. Dette virker som en noe stor reduksjon, men kan for eksempel skyldes andre parallelle ENØK-tiltak.
- S3 har en økning på opp mot 10 % i årene etter fjernvarmetilkobling.
- S4 og S5 har en stor reduksjon i forbruk i år 0 på nesten 30 %, men ellers en stabil reduksjon på rundt 5-10 % i årene etter. Dette kan skyldes at det kun finnes fjernvarmemålinger og ikke andre målinger i tilkoplingsåret. Her er det logisk å anta at reduksjon 5 - 10 % er det riktige.
- S6, S8, S9 og S10 har en relativt stor økning i forbruk etter tilknytning. Dette kan for eksempel skyldes at dataene før tilknytning er mangelfulle, lokalt måleutstyr eller loggere ikke fungerer optimalt, innreguleringsproblemer i forbindelse med overgang til ny energibærer, eller økt energibehov. Disse byggene har også kun målinger for ett år etter fjernvarmetilknytning og det er vanskelig å se utvikling basert på kun dette ene året. S8 og S10 har veldig lavt forbruk tilknytningsåret, noe som tyder på man ikke har annet enn fjernvarmemålinger tilknytningsåret.

For fem av skolene er det relativt store variasjoner i basisforbruket og dette gjelder særlig skolene S5 – S7. Store variasjoner også innenfor samme energibærer, her før-forbruket, gjør det vanskelig å se en klar trend ved overgangen til fjernvarme.

**Tabell 5.1** Prosentvis endring av energibruk til oppvarming hos skole S1 – S10 over analyseperioden. Byggene er alle koblet til fjernvarme i **År 0** og basisforbruket er basert på årene der cellene er merket gult. Spesifikt energibruk er basert på basisforbruket.

Prosentvis endring av energibruk for skoler ved fjernvarmetilkobling i År 0										
<b>Basisforbruk [kWh/år]</b>	1 187 135	640 541	317 935	1 271 027	820 207	791 881	1 346 552	884 969	882 728	458 402
<b>Spesifikt energibruk [kWh/m2 og år]</b>	150	80	95	141	129	107	206	152	96	65
<b>År</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>	<b>S6</b>	<b>S7</b>	<b>S8</b>	<b>S9</b>	<b>S10</b>
År -5	-7 %		-2 %							
År -4	-9 %	-9 %	-1 %				5 %	-47 %	-11 %	11 %
År -3	-7 %	9 %	1 %				6 %	7 %	-8 %	18 %
År -2	0 %			-9 %	-25 %	-12 %	16 %	-1 %	3 %	-2 %
År -1	0 %			9 %	25 %	12 %	-16 %	1 %	-3 %	2 %
<b>År 0 - Tilknytning FV</b>	<b>4 %</b>			<b>-29 %</b>	<b>-26 %</b>	<b>12 %</b>		<b>-43 %</b>	<b>0 %</b>	<b>-46 %</b>
År +1	-4 %	-47 %	8 %	-13 %	-16 %	16 %	-22 %	22 %	56 %	41 %
År +2	-12 %	-44 %	8 %	0 %	-5 %		-9 %			
År +3	-12 %	-37 %	11 %		-2 %		-12 %			
År +4										
År +5		-31 %								
År +6		-33 %								
År +7		-26 %								



**Figur 5.1** Grafisk fremstilling prosentvis endring av energibruk til oppvarming hos skole S1 – S10. Figuren viser at det er store variasjoner fra år til år, med variasjoner fra + 56 % til - 46 %. Figuren viser ingen klar trend for bygningskategorien skoler.

### 5.1.2 Kontor

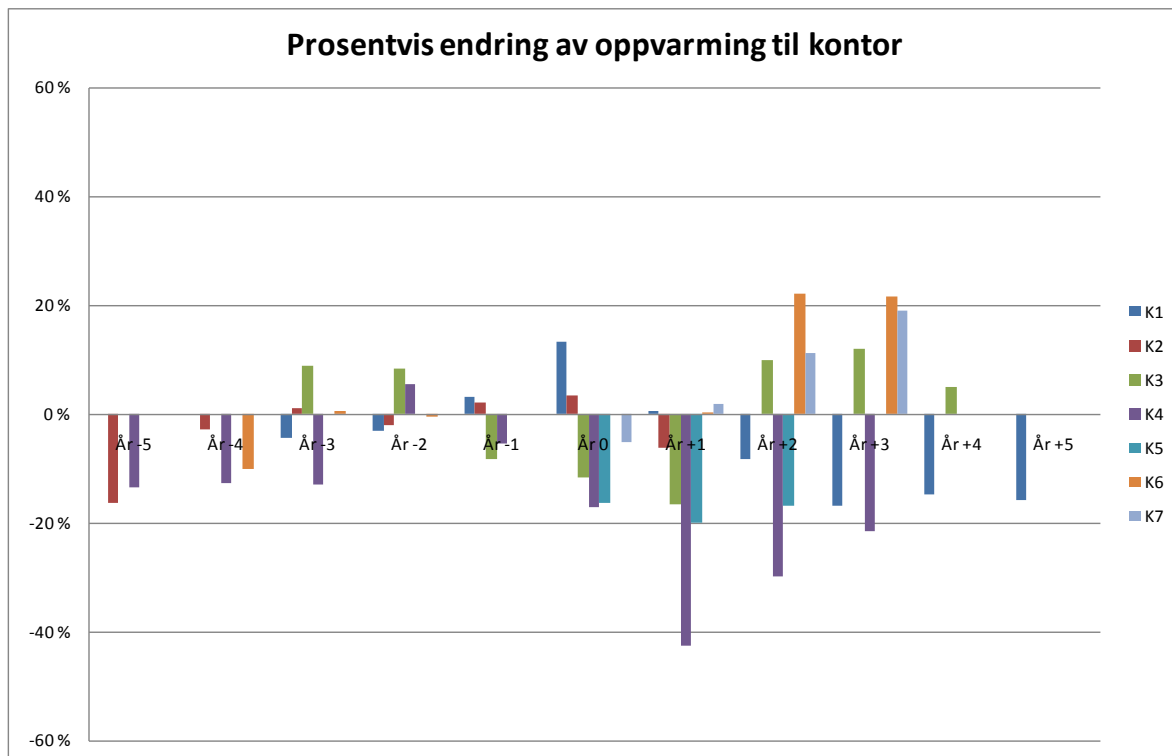
Tabell 5.2 og Figur 5.2 viser prosentvis endring av energibruk til oppvarming for de sju utvalgte kontorene i den kvantitative analysen. Spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarming for disse kontorene varierer mellom 74 og 189 kWh/m<sup>2</sup> og år.

Heller ikke for kontorbygninger er det noen klar trend opp eller ned, men det er ikke like store variasjoner fra år til år her som for skolebygninger. På enkeltbygg er det likevel også her mulig å foreta noen vurderinger:

- K1 viser en stabilisering av forbruk etter tilknytning på rundt 15% under forbruket før. Dette er en sannsynlig utvikling, men kan også skyldes andre omstendigheter som ENØK-tiltak og liknende.
- K2 viser en reduksjon etter fjernvarmetilkobling ift basisårene, men ikke ift år -5 og -4. Her er det også kun ett år med målinger etter tilknytning til fjernvarme og dermed ikke mulig å trekke noen konklusjon.
- K3 har liten endring i forbruket hvis man ser over alle årene vi har målinger. Bygget hadde redusert forbruk i perioden År -1 til År +1, men både før og etter dette var forbruket relativt stabilt.
- K4 ligger forholdsvis langt under basisårene (År-1 og År-2) både før og etter tilknytning. Dette kan tyde på at forbruket i basisårene var noe høyt. Dersom en sammenlikner årene etter tilknytning med årene før basisårene ser man en reduksjon på rundt 15 %, noe som er mer sannsynlig.
- K5 viser en betydelig reduksjon på opp mot 20 % etter fjernvarmetilkobling, med dette er kun basert på ett år med forbruk før endring av energibærer.
- K6 har en økning i forbruk på rundt 20 % relatert basisårene. Bygget brukte både olje og el før tilkobling til fjernvarme, og vi skulle da kunne forvente en reduksjon i forbruket i stedet for en stor økning.
- K7 har en økning i forbruket på mellom 10 – 20 %, men for dette bygget er dataen før tilknytning noe mangelfull (kun ett år med målinger før tilknytning)

Tabell 5.2 Prosentvis endring av energibruk til oppvarming hos kontor K1 – K7 over analyseperioden. Byggene er alle koblet til fjernvarme i År 0 og basisforbruket er basert på årene der cellene er merket gult. Spesifikt energibruk er basert på basisforbruket.

Prosentvis endring av energibruk for kontor ved fjernvarmetilkobling i År 0							
Basisforbruk [kWh/år]	1 595 382	1 466 613	349 931	140 142	711 287	834 076	1 117 898
Spesifikt energibruk [kWh/m <sup>2</sup> og år]	183	101	189	166	169	145	74
År	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
År -5		-16 %		-14 %			
År -4		-3 %		-13 %		-10 %	
År -3	-4 %	1 %	9 %	-13 %		1 %	
År -2	-3 %	-2 %	8 %	5 %		-1 %	
År -1	3 %	2 %	-8 %	-5 %	0 %		0 %
<b>År 0 - Tilknytning FV</b>	<b>13 %</b>	<b>3 %</b>	<b>-12 %</b>	<b>-17 %</b>	<b>-16 %</b>		<b>-5 %</b>
År +1	1 %	-6 %	-17 %	-42 %	-20 %	0 %	2 %
År +2	-8 %		10 %	-30 %	-17 %	22 %	11 %
År +3	-17 %		12 %	-21 %		22 %	19 %
År +4	-15 %		5 %				
År +5	-16 %						



Figur 5.2 Grafisk fremstilling prosentvis endring av energibruk til oppvarming hos kontor K1 – K7. Figuren viser at det også her er store variasjoner fra år til år, med variasjoner fra + 22 % til - 42 %. Figuren viser ingen klar trend for bygningskategorien kontor.

### 5.1.3 Boligblokker

Tabell 5.3 og Figur 5.3 viser prosentvis endring av energibruk til oppvarming for de fem utvalgte boligblokkene i den kvantitative analysen. Spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarming for disse boligblokkene varierer mellom 90 og 205 kWh/m<sup>2</sup> og år.

Også i boligblokker er det ikke noen klar trend opp eller ned. På enkeltbygg er det likevel også her mulig å foreta noen vurderinger:

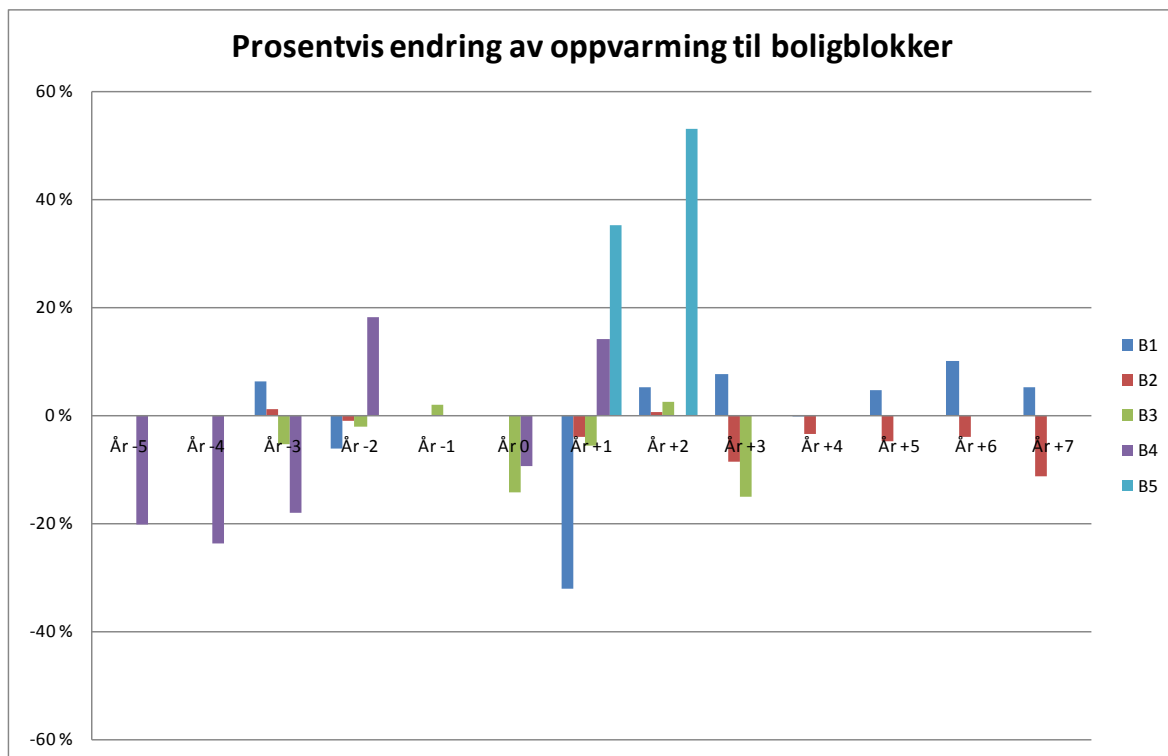
- B1 har hatt et jevnt økt forbruk etter tilknytning på rundt 5 %. År+1 viser -32 % og er muligens en feilmåling eller at det parallelt med fjernvarme er brukt andre oppvarmingskilder som ikke er registrert.
- B2 har hatt et jevnt redusert forbruk etter tilknytning på rundt 5 %. Dette er en sannsynlig utvikling.
- B3 og B4 har begge noe varierende forbruk etter tilknytning, der forbruket går både opp og ned sammenliknet med basisårene. Grunnene til dette kan være mange og det er vanskelig å si noe mer eksakt.
- B5 har forholdsvis høyt forbruk etter tilknytning. Dette kan muligens skyldes feil registrering av forbruk før tilknytning, men også andre feilkilder er aktuelle.

Boligblokkene er bygningstypen med mest enhetlig bruksmønster, dog med unntak av et par bygg som har en andel forretninger i første etasje, men dette utgjør en liten andel av arealet.



Tabell 5.3 Prosentvis endring av energibruk til oppvarming hos boligblokker B1 – B5 over analyseperioden. Byggene er alle koblet til fjernvarme i **År 0** og basisforbruket er basert på årene der cellene er merket gult. Spesifikt energibruk er basert på basisforbruket.

Prosentvis endring av energibruk for boligblokker ved fjernvarmetilkobling i År 0					
<b>Basisforbruk [kWh/år]</b>	821 628	7 854 081	359 366	638 108	2 555 844
<b>Spesifikt energibruk [kWh/m2 og år]</b>	94	205	110	90	168
<b>År</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>B4</b>	<b>B5</b>
År -5				-20 %	
År -4				-24 %	
År -3	6 %	1 %	-5 %	-18 %	
År -2	-6 %	-1 %	-2 %	18 %	0 %
År -1			2 %		
<b>År 0 - Tilknytning FV</b>			-14 %	-9 %	
År +1	-32 %	-4 %	-6 %	14 %	35 %
År +2	5 %	1 %	2 %		53 %
År +3	8 %	-9 %	-15 %		
År +4	0 %	-4 %			
År +5	5 %	-5 %			
År +6	10 %	-4 %			
År +7	5 %	-11 %			



Figur 5.3 Grafisk fremstilling prosentvis endring av energibruk til oppvarming hos boligblokker B1 – B5. Figuren viser at det også her er store variasjoner fra år til år, med variasjoner fra + 53 % til - 32 %. Figuren viser ingen klar trend for bygningskategorien boligblokker.

### 5.1.4 Oppsummering

Da endringen i forbruk varierer veldig, ikke bare fra bygg til bygg, men også innenfor enkeltbygg, gir interpolering og rene kvantitative trendanalyser meget varierende resultater og vil sannsynligvis ikke gi et riktig bilde av endringene. Selv med graddagskorrigert varmekonsum er det store variasjoner fra år til år, uavhengig av energibærer. For å kunne trekke noen konklusjon om forbruket minsker eller øker etter fjernvarmetilkobling, er man avhengig av et større utvalg av bygninger enn det vi har klart å få tak i til denne studien.

I et forsøk på å få et mer korrekt bilde av forbruket etter tilknytning er det foretatt en kvantitativ vurdering av hvert enkelt bygg basert på de kvalitative data som foreligger for byggene.

Denne analysen basert på vårt utvalg viser følgende:

- Skoler: økning på rundt 3 % (10 bygninger)
- Kontorer reduksjon på rundt 1 % (7 bygninger)
- Boligblokker: marginal reduksjon\* (5 bygninger)

\* B5 er fjernet fra analysen.

Det poengteres at den kvalitative analysen kun er gyldig for det begrensede antall bygninger, samt at den inneholder en menneskelig faktor i fastsettelse av en enkeltbygningens trend i stedet for matematisk metode. Dette er som nevnt over grunnet de store variasjonene innenfor enkeltbygg.

Ut fra dette tyder det på at vi ikke kan trekke noen konklusjon basert på vårt utvalg om redusert forbruk ved fjernvarmetilkobling når grensesnittet er satt ved levert energi.

## 5.2 Kvalitativ analyse av tiltak

I den kvalitative analysen har vi gått igjennom alle spørreskjema til de utvalgte bygningene; fem skoler S3 – S7 og fire kontor K2 – 3 og K5 – 6. Forbruket per år for de ulike bygningene er vist som graddagskorrigert energibruk til oppvarming i perioden 2000 – 2010. De årene vi ikke har målinger, eller kun målinger for deler av året, er blanke i figurene under.

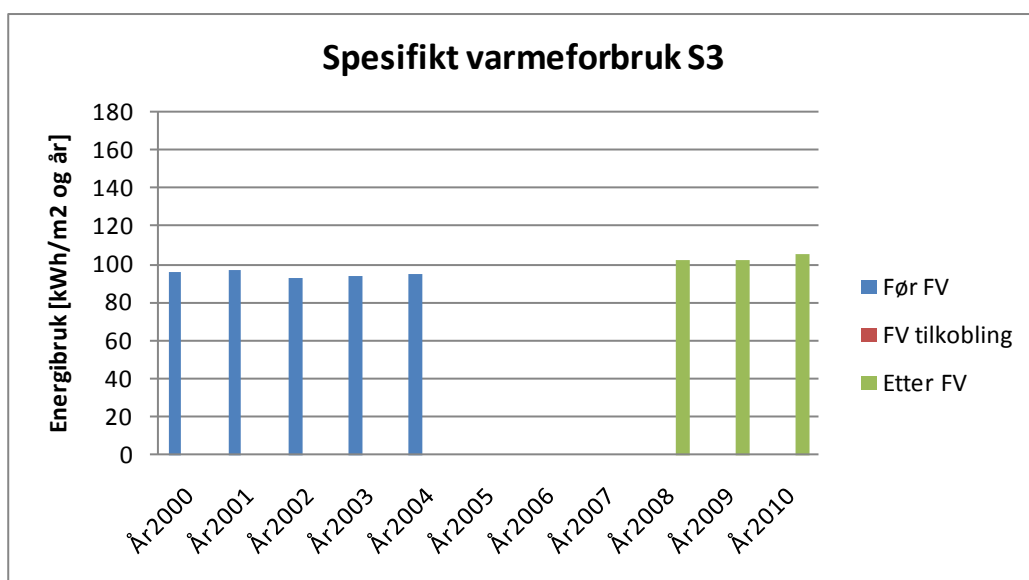
### 5.2.1 Skole S3

Tilbakemelding fra spørreskjema fra eier/drifter av bygningen er oppsummert under:

- Videregående skole
- Oppført 1904 og 1957, består av hovedbygning og sidebygning
- Tilknyttet fjernvarme i 2006
- Eier og drifter samme
- Bygget er ikke rehabilitert i senere tid
- Har ikke hatt energioppfølgingsystem
- Eksisterende oljekjeler ble fjernet, mens elkjel står fremdeles som reserve. Tappevannsberedere ble fjernet og erstattet med nye
- Ingen tiltak på varmeanlegget i forbindelse med tilkobling
- Andre enøktiltak: noen vinduer byttet 2010, og noe etterisolering på ene bygning
- Bedre bruksmønster

Spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarming er vist i Figur 5.4 for skole S3. Målinger for 2005 – 2007 var ikke tilgjengelig. Energimålinger før fjernvarme er kun olje gitt i liter per år. Dette er omregnet til kWh/år ved å benytte en omregningsfaktor på 9,86 kWh/liter, dvs en brennverdi på 11,6 kWh/kg og tetthet på 850 kg/m<sup>3</sup>. Gjennomsnitt før fjernvarmetilkobling er 95 kWh/m<sup>2</sup> og år og 103 kWh/m<sup>2</sup> og år etter fjernvarmetilkobling. Dette gir en gjennomsnittlig øking på 8 %.

Ut i fra spørreskjema er det ingen logisk forklaring på hvorfor forbruket går opp, bortsett fra at det ikke er gjort noen tiltak i forbindelse med overgangen til fjernvarme. Kun bruk av olje før fjernvarmetilkobling burde i utgangspunktet ført til en lavere energibruk til oppvarming etter endret energibærer.



Figur 5.4 Spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarming for skole S3 i perioden 2000 – 2010.

### 5.2.2 Skole S4

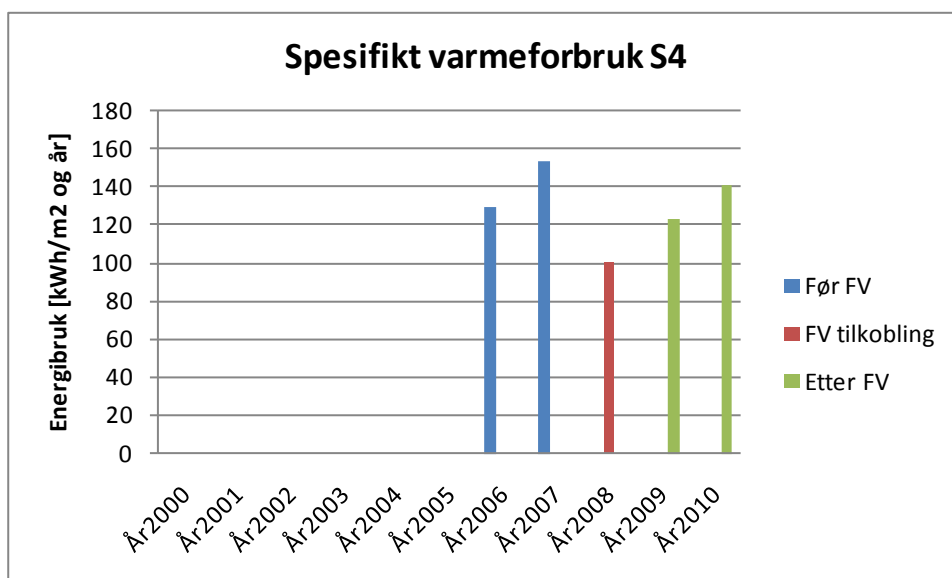
Tilbakemelding fra spørreskjema fra eier/drifter av bygningen er oppsummert under:

- Barneskole
- Bygd i tre trinn 1978, 1998 og 2005
- Eier og drifter samme
- Tilknyttet 2008
- Under rehabilitering i 2011, men noe ble også gjort i 2010 pga brannkrav og setningsskader
- Halve skolen etterisolert med 10 cm i 2011
- Oljekjel er fysisk frakoblet, elkjel er fjernet
- Fjernet en tappevannsbereider, fem fortsatt i bruk
- Tiltak på varmeanlegget i 2008 og 2009:
  - Termisk isolering av rør og deler
  - Oppgradering av termostatstyrte radiatorventiler
  - Behovsstyring av ventilasjonsanlegget
  - Delvis installasjon av sparedusjer
  - Frekvensstyring av hovedpumper
- Andre enøktiltak i perioden 2010 – 2011: Etterisolering fra 5 til 15 cm tykkelse
- Samme bruksmønster.

Spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarming er vist i Figur 5.5 for skole S4. Skolen benyttet både olje og el i perioden før fjernvarmetilkobling. Ved tilkobling i 2008 kan det ligge inne noe feilmåling ift overgangen til ny energibærer, dvs. at annet forbruk enn fjernvarme mest sannsynlig mangler for tilkoblingsåret.

Gjennomsnittlig forbruk før fjernvarmetilkobling er 141 kWh/m<sup>2</sup> og år og etter er 132 kWh/m<sup>2</sup> og år. Dette gir en reduksjon på 6,5 %.

En reduksjon i årlig energibruk er fornuftig med tanke på tiltakene som ble gjort ifm tilkoblingen, og det er derfor ikke mulig å tilskrive dette selve overgangen fra el/olje til fjernvarme. For 2010 kan også andre enøk-tiltak ha spilt en rolle ifm gjennomsnittlig reduksjon av energibruk.



Figur 5.5 Spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarming for skole S4 i perioden 2000 – 2010.

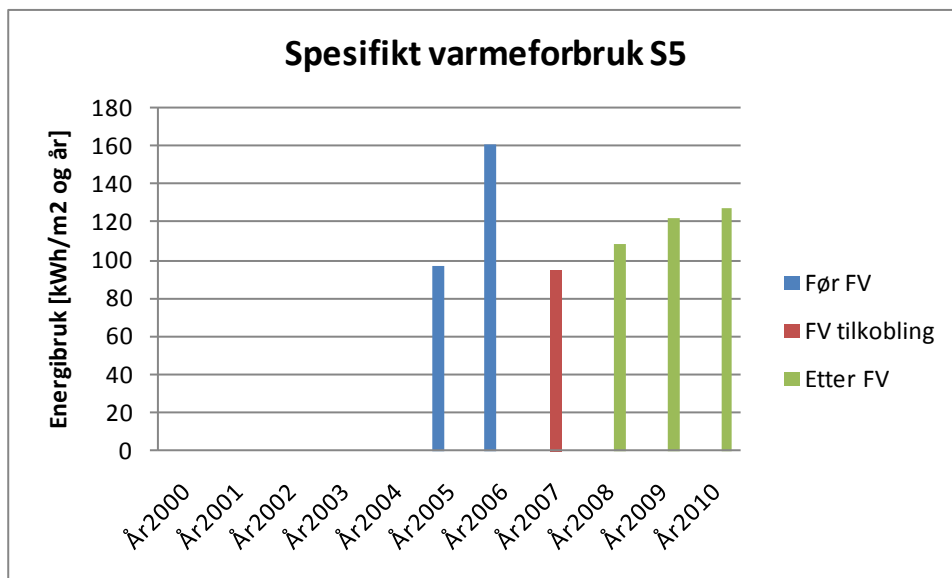
### 5.2.3 Skole S5

Tilbakemelding fra spørreskjema fra eier/drifter av bygningen er oppsummert under:

- Barneskole
- Oppføring 1921
- Eier og drifter samme
- Tilknyttet fjernvarme 2007
- Rehabiliteret i 2004, dvs. tre år før fjernvarmetilkobling.
- Har energioppfølgingsystem
- Eksisterende kjeler ble fysisk fjernet
- Tappevannsberedere ble ikke fjernet, men er ikke i bruk
- Direkte tappevannsoppvarming via fjernvarme
- Tiltak ifm fjernvarmetilknytning:
  - Termisk isolering av rør og deler
  - Ny shunt utetempreg ved urstyring
  - Romstyring av radiatorventiler, termostatstyrt
- Bruksmønster det samme

Spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarming er vist i Figur 5.6 for skole S5. Denne skolen brukte både olje og el før tilkobling. Gjennomsnitt før tilkobling var 129 kWh/m<sup>2</sup> og år og etter 119, en reduksjon på 7,5 %.

En reduksjon i forbruket er logisk ift tiltak gjort på varmeanlegget og overgang fra olje til fjernvarme. Samtidig ser vi at det er stor variasjon i forbruket før fjernvarmetilkobling, noe som gjør det vanskelig å trekke en konklusjon for denne bygningen.



Figur 5.6 Spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarming for skole S5 i perioden 2000 – 2010.

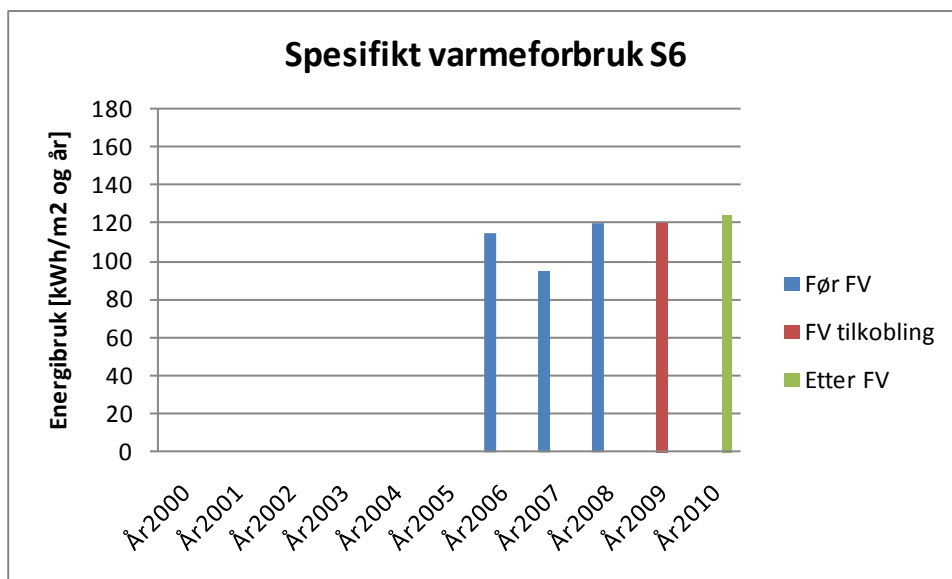
### 5.2.4 Skole S6

Tilbakemelding fra spørreskjema fra eier/drifter av bygningen er oppsummert under:

- Barneskole
- Oppføring 1950
- Eier og drifter samme
- Tilknyttet fjernvarme i 2009
- Bygningen er ikke rehabilitert, men dette skal gjøres i 2011
- Har energioppfølgingssystem
- Eksisterende kjeler er ikke fjernet, men står kalde
- Eksisterende tappevannsbereidere er fortsatt i bruk
- Tiltak ved fjernvarmetilkobling
  - Ny shunt utetemperaturregulert ved urstyring
- Ingen enøk-tiltak

Spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarming er vist i Figur 5.7 for skole S6. Skolen benyttet både olje og el før tilkobling til fjernvarme. Gjennomsnittlig forbruk før fjernvarmetilkobling var 110 kWh/m<sup>2</sup> og år og etter 125, en økning på 13,5 %.

Det ble gjort ett tiltak ved tilkobling til fjernvarme, men kun ett år med målinger etter fjernvarmetilkobling gjør det vanskelig å si noe om trenden. Forhold som kan ha betydning for økt forbruk i første året etter endring av energibærer kan være innkjøringsproblemer. Fjernvarmeaktøren eier heller ikke kundesentralen.



Figur 5.7 Spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarming for skole S6 i perioden 2000 – 2010.

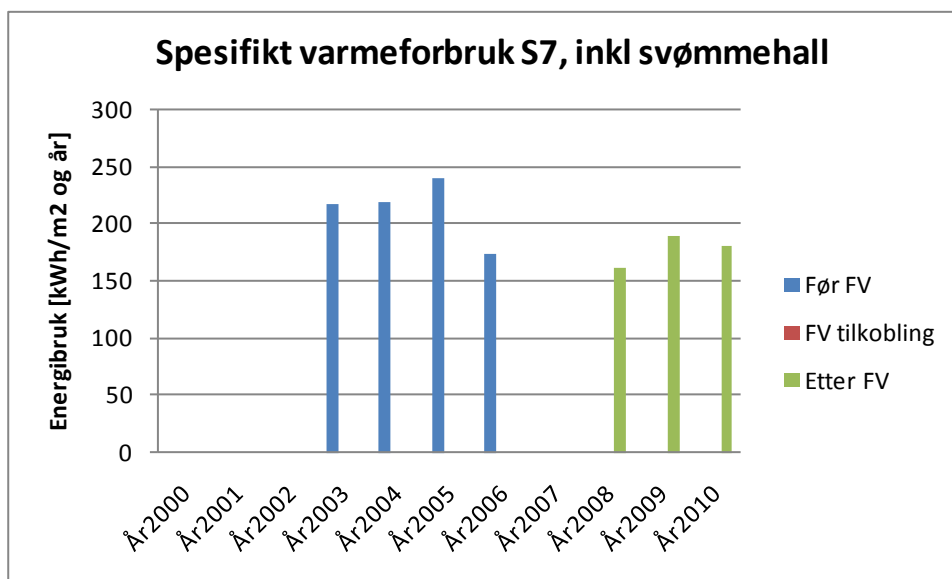
### 5.2.5 Skole S7

Tilbakemelding fra spørreskjema fra eier/drifter av bygningen er oppsummert under:

- Barneskole inklusive svømmehall
- Åpeningstiden for svømmehallen har blitt noe redusert de seinere årene
- Oppføring 1922 for skolen og 1973 for svømmehallen
- Eier og drifter samme
- Tilknyttet fjernvarme i 2007
- Rehabiliteret i 2005, hovedsakelig vindusutskifting
- Har energioppfølgingssystem
- Eksisterende oljekjel ble fjernet, elkjel ble plømbert og står kald
- Tappevannsbereidere ble ikke fjernet og er fortsatt i bruk
- Ingen spesielle tiltak ved tilkobling til fjernvarme

Spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarming er vist i Figur 5.8 for skole S7. Bygningen ble tilkoblet fjernvarme i 2007, og her mangler vi totalt forbruk for hele året. Dette året er følgelig ikke vist i figuren under. S7 brukte kun uprioritert el før tilkobling til fjernvarme i analyseperioden, noe som tilsier at det i utgangspunktet ikke skal være stor forskjell på forbruket før og etter fjernvarmetilkobling. Gjennomsnitt før var på 212 kWh/m<sup>2</sup> og år og etter 177, en reduksjon på 16,5 %.

Det er ikke gjort noen tiltak i forbindelse med overgangen til fjernvarme, så endret forbruk kan hovedsakelig tilskrives både overgang til fjernvarme, samt endring i bruksmønster ved redusert åpningstid til svømmehallen. Dette ser vi er gjeldende fra 2006 da energibruken ble redusert fra rundt 225 til 173 kWh/m<sup>2</sup> og år. Dette samsvarer mye bedre med etter-data for fjernvarme.



Figur 5.8 Spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarming for skole S7 i perioden 2000 – 2010.

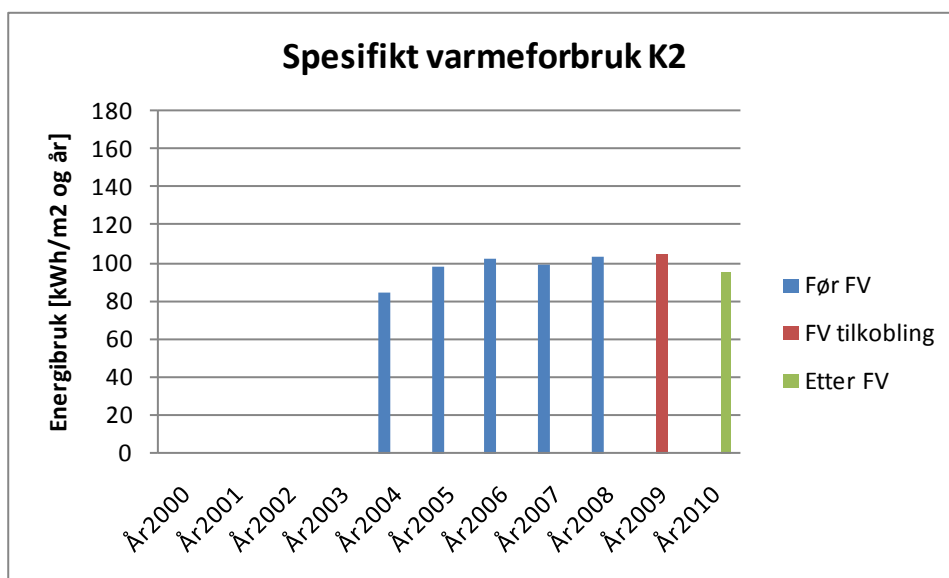
### 5.2.6 Kontor K2

Tilbakemelding fra spørreskjema fra eier/drifter av bygningen er oppsummert under:

- Politistasjon
- Oppføring 1964, påbygd i 1994
- Eier og drifter samme
- Tilknyttet februar 2009
- Rehabilitering i 2005 og 2008, men kun vinduer skiftet
- Oljekjeler ble fjernet
- Eksisterende tappevannsberedere ble fjernet, bortsett fra en som fungerer som buffertank
- Ikke oppgitt noen tiltak ifm tilknytning til fjernvarme

Spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarming er vist i Figur 5.9 for kontor K2. Bygningen brukte kun uprioritert el før tilkobling til fjernvarme. Gjennomsnittlig forbruk før fjernvarmetilkobling var 98 kWh/m<sup>2</sup> og år og etter 100 (2009 er også inkludert da tilkoblingen skjedde i februar), en økning på 2,5 %.

Kun en liten endring i forbruket er logisk ift at det ikke er gjennomført noen spesielle tiltak ved tilkobling og kun bruk av uprioritert el før overgangen til fjernvarme. Men for dette kontoret hadde vi kun ett fullverdig år med målinger etter tilkobling til fjernvarme, noe som ikke kan gi en fullverdig konklusjon på endringen i forbruket.



Figur 5.9 Spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarming for kontor K2 i perioden 2000 – 2010.



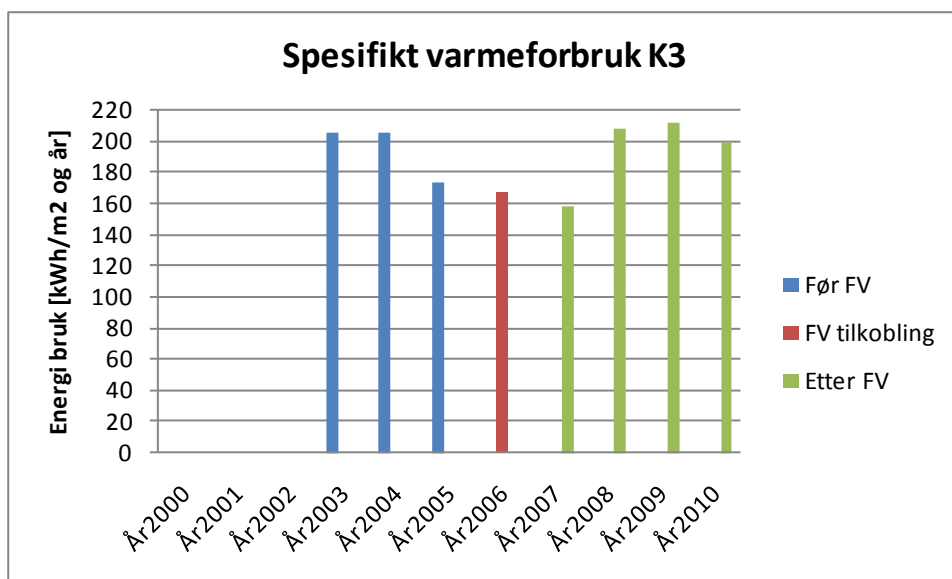
### 5.2.7 Kontor K3

Tilbakemelding fra spørreskjema fra eier/drifter av bygningen er oppsummert under:

- Driftssentral
- Hoveddel 1987, består av både verksted og kontorer. Påbygd del fra 2003 er et rent kontorbygg.
- Eier og drifter samme
- Tilknyttet fjernvarme i 2006
- Har energioppfølgingssystem
- Eksisterende kjeler ble ikke fjernet, men frakoblet og kalde
- Varmtvannsberedere fjernet, direkte oppvarming med fjernvarme
- Tiltak ved fjernvarmetilkobling
  - Installerte SD-anlegg
- Den nyeste delen har ventilasjonsanlegg
- Samme bruksmønster

Spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarming er vist i Figur 5.10 for kontor K3. Kontoret benyttet mest olje før tilkobling til fjernvarme. Gjennomsnittlig forbruk før overgang til fjernvarme var på 195 kWh/m<sup>2</sup> og år og etter 194 kWh/m<sup>2</sup> og år, dvs en ubetydelig reduksjon.

Overgang fra olje til fjernvarme burde ha ført til et redusert forbruk, men det er ingen andre forklaringsvariabler fra skjemaet som forklarer hvorfor forbruket ikke er redusert. Redusert forbruk i perioden 2005 – 2007 har heller ingen forklaring ut fra kontakt med byggeier og utfylt skjema.



Figur 5.10 Spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarming for kontor K3 i perioden 2000 – 2010.

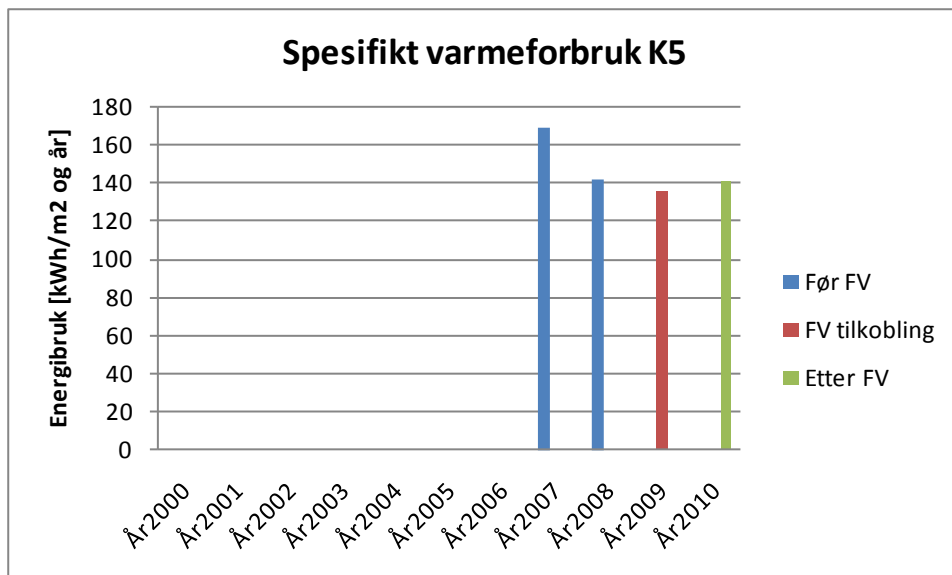
### 5.2.8 Kontor K5

Tilbakemelding fra spørreskjema fra eier/drifter av bygningen er oppsummert under:

- Kontor
- Hovedbygg 1965, sidebygning 1950, eldre trebygning fra 1800-tallet
- Eier og drifter samme
- Tilknyttet fjernvarme i 2009
- Ingen rehabilitering
- Har energioppfølgingsystem
- Eksisterende kjeler ble ikke fjernet, men frakoblet og kalde
- Tappevannsberedere er ikke fjernet, men heller ikke i bruk
- Tiltak fjernvarmetilkobling
  - Termisk isolering av rør og deler i fyrhuset, men ikke pumper og shunter (da disse står i et annet rom)
  - Ny shunt og utetemperaturregulering
- Noe enøktiltak i 2006, etterisolering med 10 cm mineralull. Gjelder kun hovedbygget.
- Etterisolering sidebygning i 2010
- Samme bruksmønster

Spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarming er vist i Figur 5.11 for kontor K5. Det ble kun benyttet uprioritert el i analyseperioden. Gjennomsnittlig forbruk før fjernvarme var 155 kWh/m<sup>2</sup> og år og etter 141, en reduksjon på 9,5 %.

Det ble gjennomført to tiltak ifm tilkobling til fjernvarme, men vi har kun ett år med måling av fjernvarme, noe som er for lite til å konkludere med at eventuelt redusert forbruk.



Figur 5.11 Spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarming for kontor K5 i perioden 2000 – 2010.

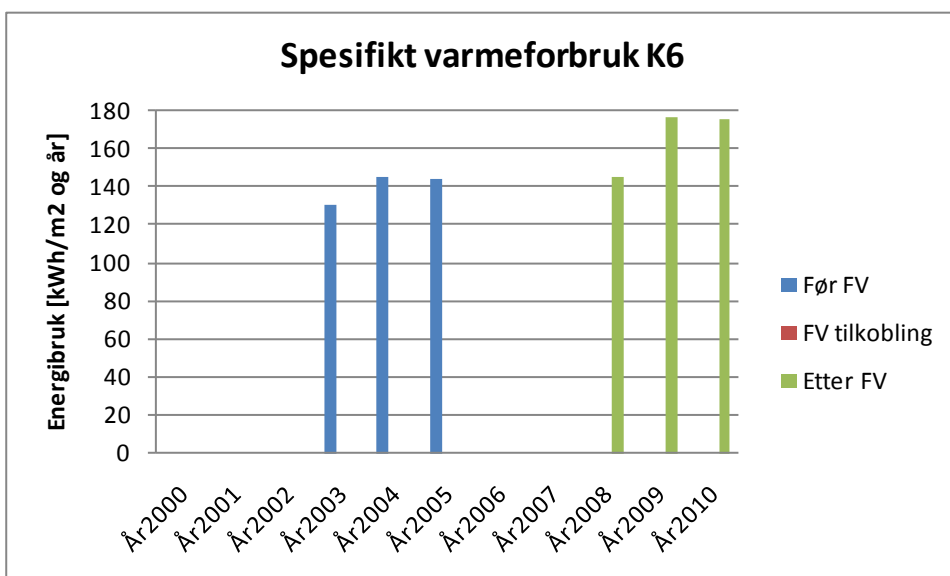
### 5.2.9 Kontor K6

Tilbakemelding fra spørreskjema fra eier/drifter av bygningen er oppsummert under:

- Kontor
- Oppføring 1990
- Eier og drifter samme
- Tilknyttet fjernvarme i 2007
- Rehabilitering i 2009: lys og vvs
- Har energioppfølgingsystem
- Eksisterende kjeler ble fjernet
- Tappevannsberedere ble fjernet i deler av kontoret, men to står igjen. Disse er fortsatt i bruk på sommeren.
- Direkte tappevannsoppvarming
- Tiltak ved fjernvarmetilkobling
  - Termostatstyrte ventiler
  - Endring til behovsstyrt ventilasjon
  - Frekvensstyring av hovedpumpene, byttet i 2009
- Ingen andre enøktiltak
- Bruksmønster samme

Spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarming er vist i Figur 5.12 for kontor K6. Kontoret brukte mest olje før tilkobling til fjernvarme. Gjennomsnittlig forbruk før fjernvarme var 140 kWh/m<sup>2</sup> og år og etter 166, en økning på 18 %. Målinger av energibruk for perioden 2006 – 2007 mangler.

Ut i fra spørreskjema burde dette bygget hatt en reduksjon i energibruk til oppvarming basert på endring av energibærer fra olje til fjernvarme, samt gjennomføring av diverse tiltak ved fjernvarmetilkoblingen. Ut i fra informasjonen vi har tilgjengelig om bygningen er det ingen forklaring på hvorfor forbruket har økt etter overgangen fra olje til fjernvarme.



Figur 5.12 Spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarming for kontor K6 i perioden 2000 – 2010.

## 5.2.10 Oppsummering

Etter kvalitativ analyse kan vi ikke konkludere med at det er en automatisk reduksjon i forbruket ved tilkobling til fjernvarme, da bygningene som har hatt reduksjon i forbruket samtidig har gjennomført ett eller flere tiltak på varmeanlegget ifm selve fjernvarmetilkoblingen. Dette er tiltak som;

- Termisk isolering av rør og deler i varmesentralen
- Ny shunt/utetemperaturregulering m/urstyring
- Frekvensstyring av hovedpumpen
- Installasjon av termostatstyrte ventiler

Ut i fra denne analysen er det vanskelig å tallfeste hvor mye effekt de ulike tiltakene har hatt på reduksjonen i energibruk, da forbruket på de utvalgte bygningene varierer mellom -16,5 % og + 18 %, se Tabell 5.4.

Tabell 5.4 Samlet oversikt over endring i energibruk for bygninger ifm kvalitativ analyse.

Bygg	Tiltak	Endring	Kommentar
S3	Ingen	+ 8%	
S4	Flere tiltak	- 6,5 %	
S5	Flere tiltak	-7,5%	
S6	Ett tiltak	+ 13,5%	Kun ett år med målinger etter fv-tilkobling
S7	Ingen	-16,5%	Endret bruksmønster (svømmehall)
K2	Ingen	+ 2,5%	
K3	Ett tiltak	-0,5%	
K5	Flere tiltak	-9,5%	
K6	Flere tiltak	+ 18%	Ingen forklaring

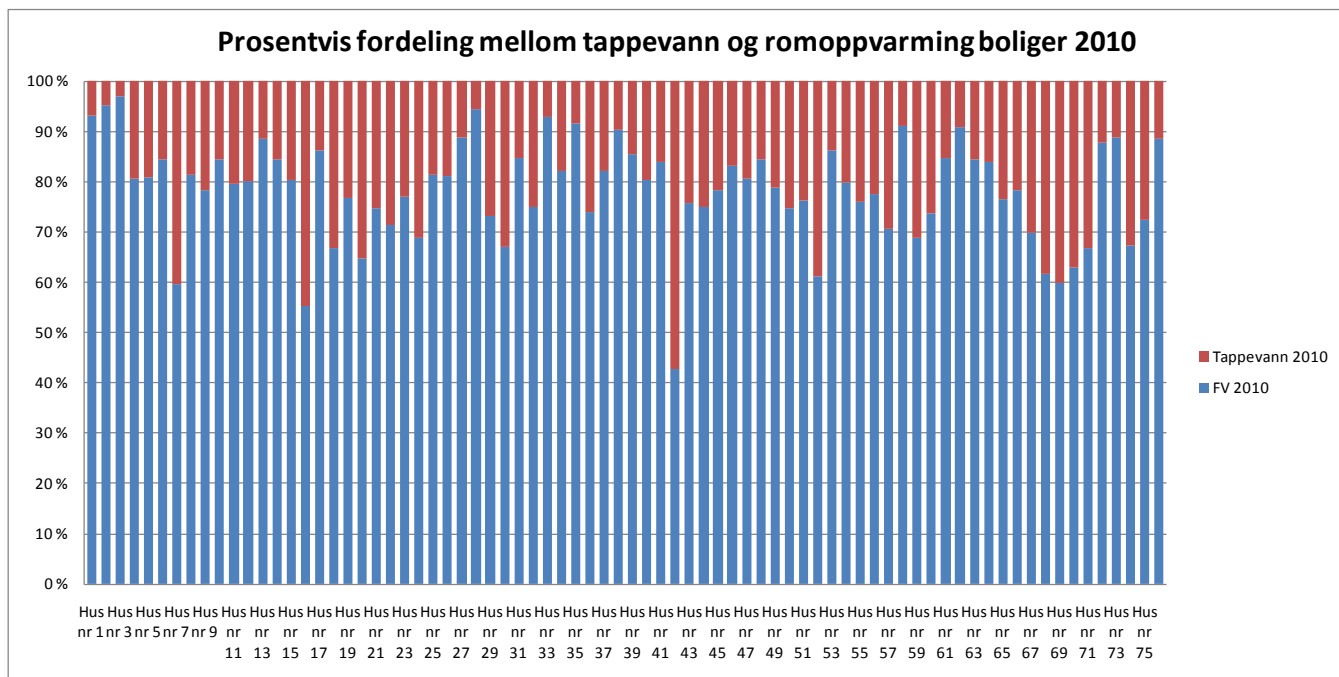
Andre ting som kan forklare endring av energibruk før og etter fjernvarmetilkobling, men som ikke er gjennomgått i detalj i denne rapporten, er;

- Utbygging av driftspersonale
  - Overgang fra en vaktmester til en annen kan føre til endring av bygningens energibruk da dette er avhengig av personenes kunnskapsnivå og interesse for energisparing.
  - Noen vaktmestere kan ha lavere terskel for å øke temperaturen når folk klager. Dette ved å enkelt gjøre endringer på utekompenseringskurven.
- Ansvar for energi til oppvarming og kundesentral ligger i de fleste tilfeller ikke hos drifter av bygget lengre, men er overført fjernvarmeselskapet.
- Det motsatte, at fjernvarme er en del av en total enøpkpakke, slik at mer bevisstgjøring gjør at forbruket går ned.

## 5.3 Formålsfordelt energibruk

### 5.3.1 Årlig fordeling mellom oppvarming og tappevann

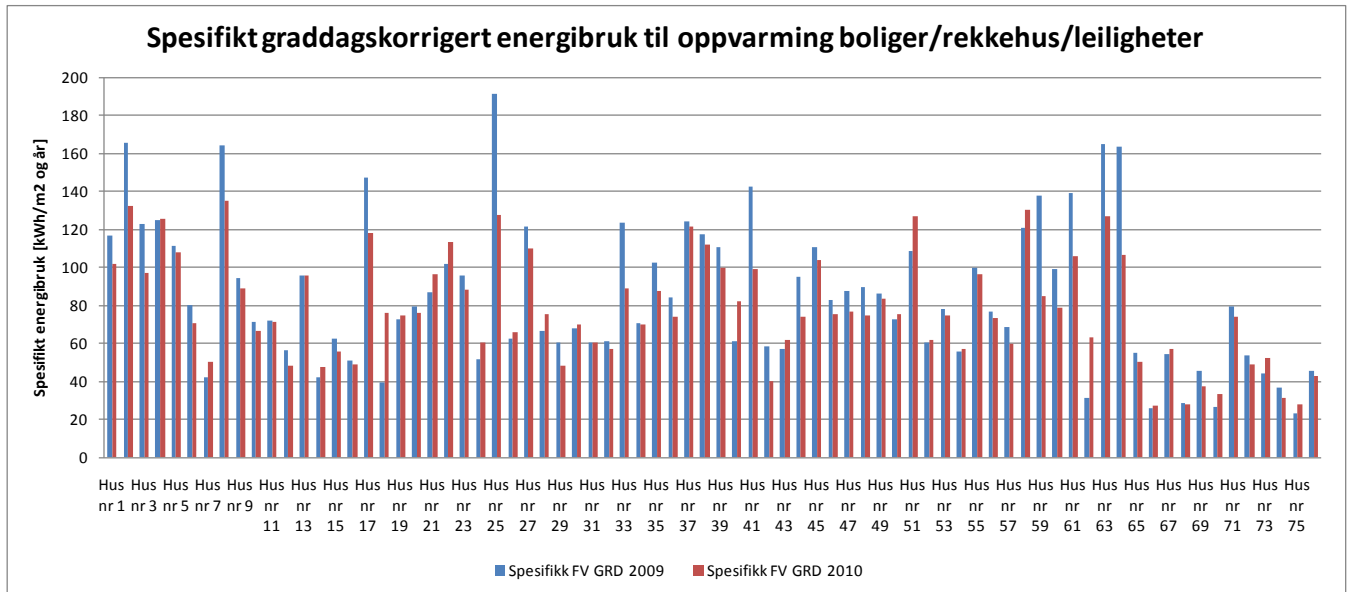
Figur 5.13 viser prosentvis fordeling mellom tappevann og romoppvarming for de utvalgte 76 boligene i 2010. Alle boligene er bygd etter år 2000. Andelen tappevann varierer mellom 3 % og 57 % for 2010. For 2009 er tallene henholdsvis 3 % og 46 %. Gjennomsnittlig prosentvis fordeling mellom tappevann og romoppvarming er 21/79 % og 22/78 % for henholdsvis 2009 og 2010.



Figur 5.13 Prosentvis fordeling mellom tappevann og oppvarming i eneboliger/rekkehus/leiligheter for bygninger oppført etter år 2000. Gjennomsnittlig fordeling mellom tappevann og oppvarming er 22/78 %.

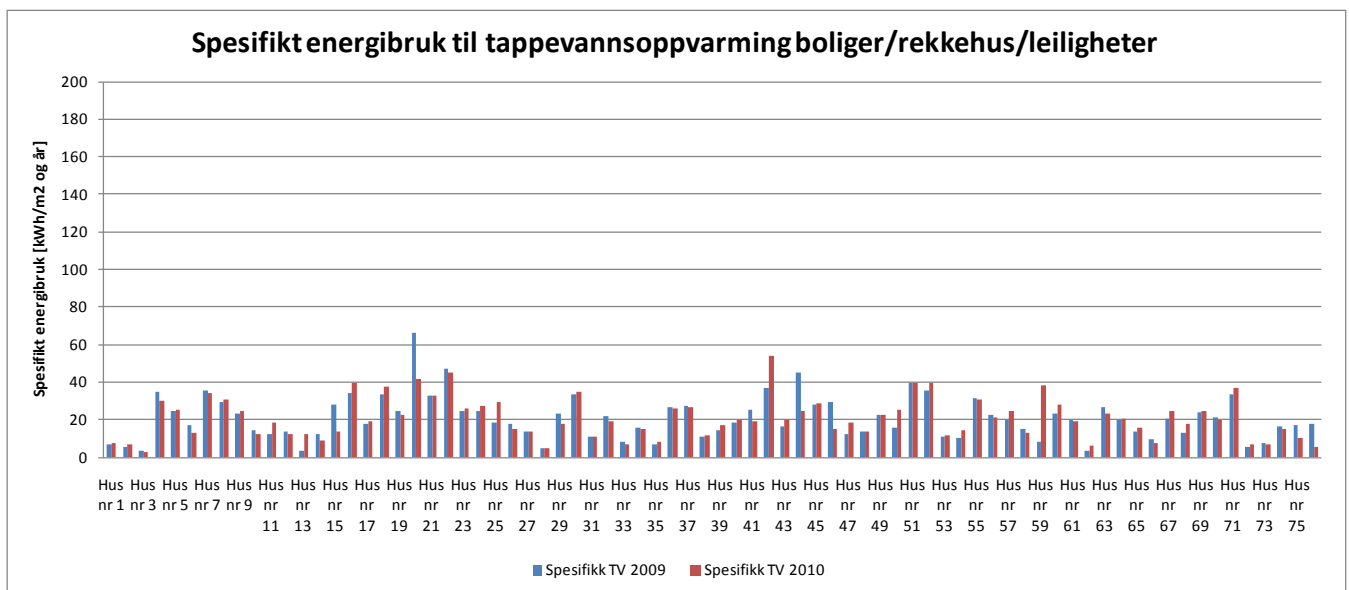
For å kunne sammenligne fordelingen med Enøk-normtall, var det ønskelig å vise forbruket til oppvarming og tappevann på spesifikk form, dvs. per  $m^2$ . De fleste kundene har leiligheter som varierer i bruksareal mellom 57 og 116  $m^2$ , mens det også er noen eneboliger i rekke som varierer mellom 126 og 140  $m^2$ . Figur 5.14 viser spesifikt graddagskorrigert energibruk til oppvarmingsformål av eneboliger, rekkehus og leiligheter.

Spesifikt graddagskorrigert energibruk til romoppvarming og ventilasjonsoppvarming varierer mellom 23 og 192  $kWh/m^2$  for 2009 og 27 og 135  $kWh/m^2$  for 2010. De store variasjonene kan for eksempel skyldes at noen boliger ikke er i bruk hele året, eller at det har vært problemer med innregulering av det vannbårne systemet. Høyt energibruk til oppvarming kan også skyldes ønske om høyere innetemperatur enn det som benyttes i normtall og beregningsmodeller. Gjennomsnittlig forbruk for 2009 er 85  $kWh/m^2$ , mens gjennomsnittlig forbruk for 2010 er 79  $kWh/m^2$ .



Figur 5.14 Spesifikt graddagskorrigert (GRD) energibruk til oppvarming av boliger med fjernvarme (FV) for 2009 og 2010.

Figur 5.15 viser spesifikt tappevannsforbruk for 2009 og 2010. Forbruket varierer mellom 3 og 66 kWh/m<sup>2</sup> for 2009 og 3 og 54 kWh/m<sup>2</sup> for 2010. Gjennomsnittlig tappevannsforbruk for 2009 og 2010 er 21 kWh/m<sup>2</sup> for begge årene.



Figur 5.15 Spesifikk energibruk til tappevannsoppvarming (TV) i boliger for 2009 og 2010.

Tabell 5.5 viser en oversikt over Enøk-normtall for Sør-Norge kyst for de aktuelle bygningskategoriene. Gjennomsnittlig energibruk til tappevannsoppvarming ligger på 24 kWh/m<sup>2</sup>, og dette samsvarer godt med målingene som viste et gjennomsnittlig energibruk til tappevann på 21 kWh/m<sup>2</sup>.

Tabell 5.5 Enøk-normtall for Sør-Norge, kyst for boligblokker, eneboliger og rekkehus bygd etter TEK1997.

	Eneboliger		Rekkehus		Boligblokker		Gjennomsnitt	
	1997 [kWh/m <sup>2</sup> ]	[%] av varmebehov	1997 [kWh/m <sup>2</sup> ]	[%] av varmebehov	1997 [kWh/m <sup>2</sup> ]	[%] av varmebehov	1997 [kWh/m <sup>2</sup> ]	[%] av varmebehov
<b>1. Oppvarming</b>	25	41 %	19	32 %	13	21 %	19	31 %
<b>2. Ventilasjon</b>	16	26 %	17	29 %	19	31 %	17	29 %
<b>3. Varmtvann</b>	20	33 %	23	39 %	30	48 %	24	40 %
	61	100 %	59	100 %	62	100 %	61	100 %

For spesifikt energibruk til oppvarming, som består av romoppvarming og ventilasjonsoppvarming, varierer Enøk-normtall mellom 41, 36 og 32 kWh/m<sup>2</sup> for henholdsvis eneboliger, rekkehus og boligblokker for bygninger bygd etter 1997. Variasjonene for kundeutvalget er stort, men gjennomsnittlig forbruk på 85 og 79 kWh/m<sup>2</sup> ligger over dobbelt så høyt som normtallene. I tillegg er de fleste boligene i utvalget leiligheter, noe som skulle ført til mye lavere energibruk til oppvarming. Av utvalget på 76 kunder, var det kun 4 stykker som hadde lavere energibruk enn normtallene. Dette indikerer at faktisk forbruk er langt høyere enn det som er fastsatt i Teknisk forskrift 1997.

Det er ikke undersøkt videre i denne studien om dette er relatert til energibærer eller om de fleste bygg benytter mer energi til oppvarmingsformål enn det som står i Enøk-normtall. Det er ikke innhentet målinger på tilsvarende kunder med helelektriske oppvarmingssystemer for å kunne sammenligne.

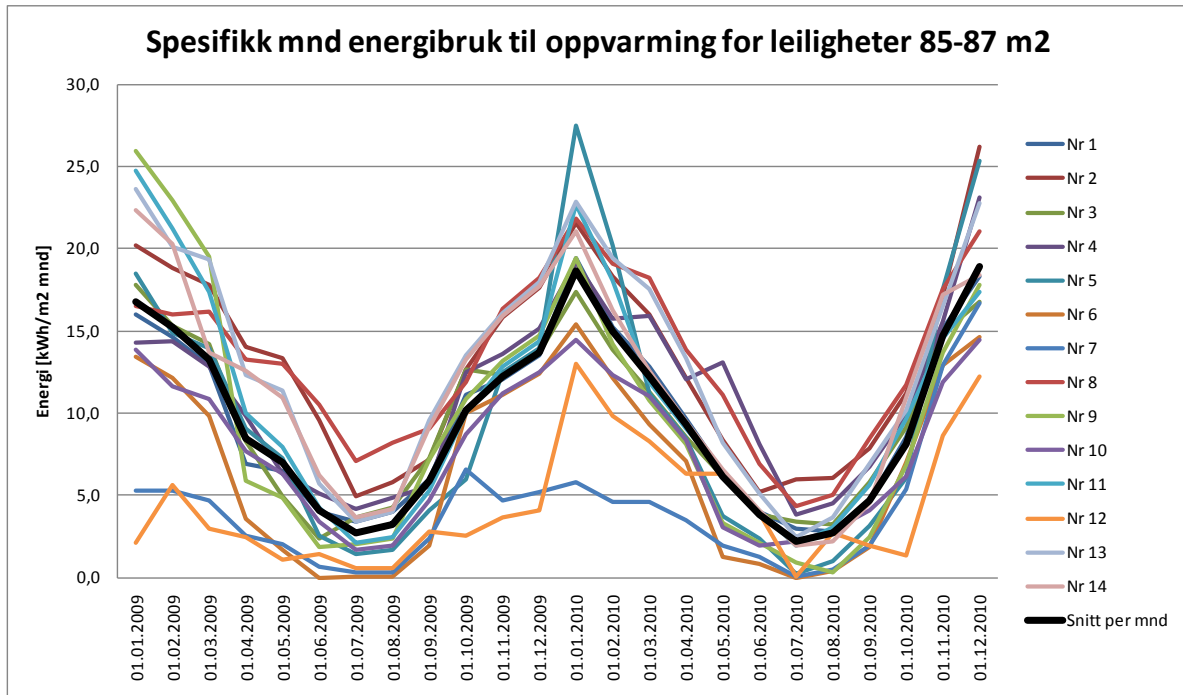
### 5.3.2 Månedlig fordeling mellom oppvarming og tappevann

Målingene vi fikk fra fjernvarmeaktøren hadde en oppløsning på energibruk pr. måned, og basert på dette er det laget noen årsprofiler som viser variasjonene fra måned til måned over måleperioden på to år for et utvalg på 47 leiligheter. Fordeling mellom antall leiligheter ihht areal er vist i Tabell 5.6.

Tabell 5.6 Oversikt over arealfordeling og antall leiligheter analysert for månedlige fordeling mellom oppvarming og tappevann.

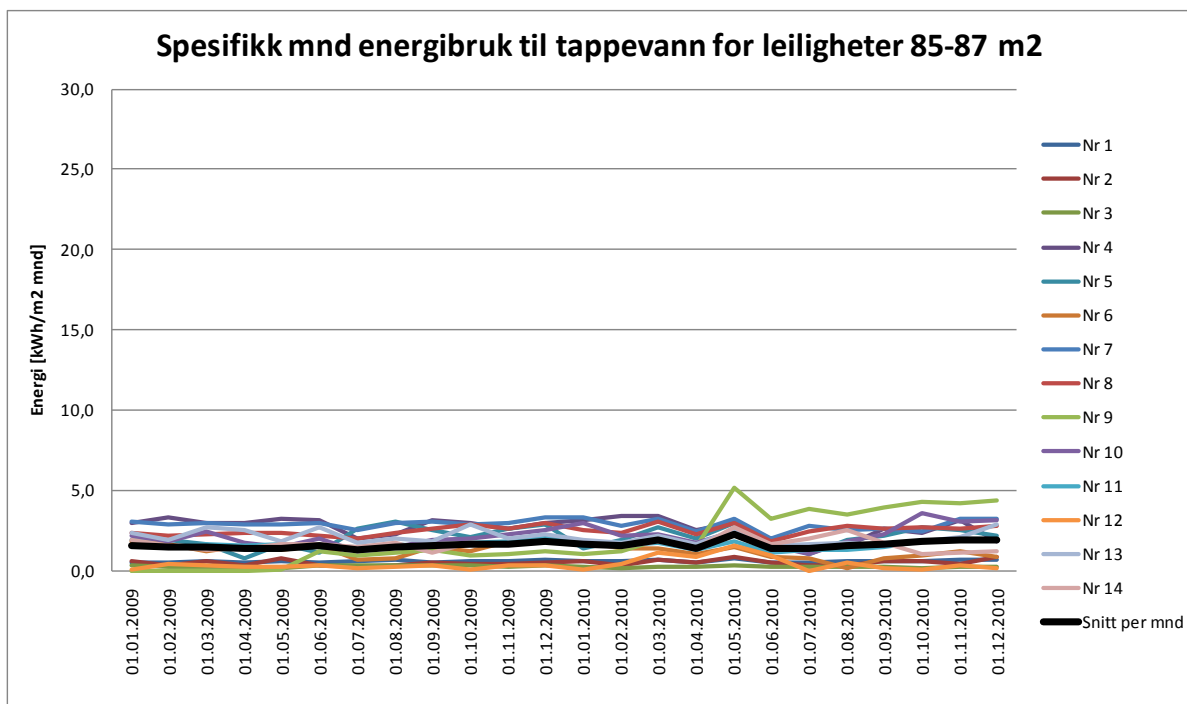
Areal leilighet [m <sup>2</sup> ]	Antall leiligheter analysert
57	18
85 - 87	14
116	15

Figur 5.16 viser en naturlig sinusvariasjon over året for energibruk til oppvarming for leiligheter med et bruksareal på mellom 85 – 87 m<sup>2</sup>. Gjennomsnittlig månedsforbruk varierer fra 2,2 om sommeren til 18,9 kWh/m<sup>2</sup> og måned om vinteren. Dette er da faktisk forbruk som ikke er korrigert for graddager. Forbruksprofilene er relativt like for alle leilighetene bortsett fra bygning nr 7 og 12. Variasjonene per måned fra leilighet til leilighet er hovedsakelig på mellom 5 og 10 kWh/m<sup>2</sup> og måned.



Figur 5.16 Energibruk per måned til oppvarming for leiligheter mellom 85 – 87 m<sup>2</sup> for perioden 2009 – 2010.

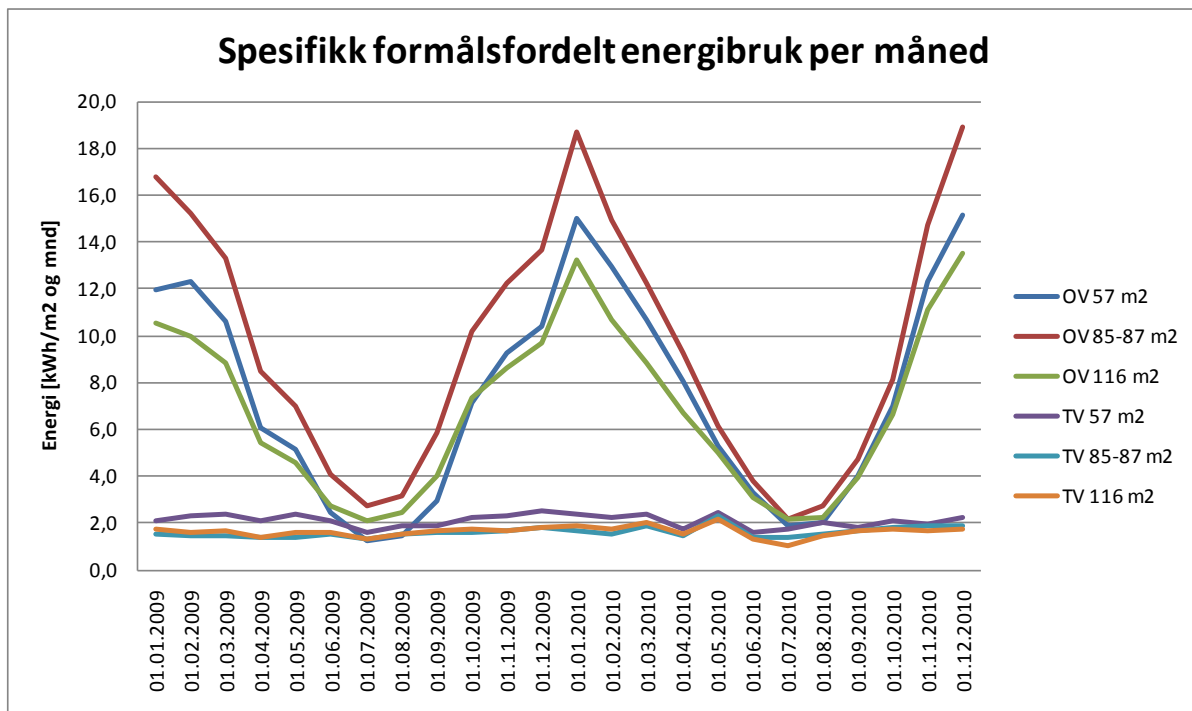
Gjennomsnittlig månedsforbruk til tappevannsoppvarming for samme leiligheter som i Figur 5.16 varierer mellom 1,3 til 2,3 kWh/m<sup>2</sup> og måned, se Figur 5.17. Snitt per måned er 1,6 kWh/m<sup>2</sup> og mnd. Variasjonene over året er ubetydelige og viser at tappevannsforbruk er nesten helt uavhengig av utetemperatur og sesong.



Figur 5.17 Energibruk per måned til tappevannsoppvarming for leiligheter mellom 85 – 87 m<sup>2</sup> for perioden 2009 – 2010.



Figur 5.18 viser gjennomsnittlig energibruk til oppvarming og tappevann for ulike størrelse av leiligheter for perioden 2009 – 2010. Utvalget innenfor de ulike bruksarealene er 18, 14 og 15 stk for leiligheter på henholdsvis 57 m<sup>2</sup>, 85-87 m<sup>2</sup> og 116 m<sup>2</sup>. De resterende 29 kundene i vårt utvalg hadde store variasjoner i areal og er dermed ikke tatt med videre i denne analysen. OV står for romoppvarming og ventilasjonsoppvarming, mens TV står for tappevannsoppvarming.



Figur 5.18 Gjennomsnittlig energibruk per måned til oppvarming og tappevann for leiligheter fordelt på ulike størrelser.

Tappevannsforbruket er relativt likt pr m<sup>2</sup> for alle leilighetene, men litt høyere for de minste leilighetene. Dette er logisk ift hvor mange mennesker som bor der og at dette forbruket er mer avhengig av antall personer enn antall m<sup>2</sup>.

Energibruk til oppvarming varierer mest når utetemperaturen er lavest i vintersesongen. I desember, januar og februar er forskjellen mellom 5 til 6 kWh/m<sup>2</sup> og måned, mens om sommeren er variasjonen 1 til 2 kWh/m<sup>2</sup> og måned.

Energibruk til oppvarming er lavest i de største leilighetene pr m<sup>2</sup>. Her kan det for eksempel være rom som ikke er i bruk hele året hvor man har en litt lavere innetemperatur. Prosentvis andel av leiligheten som består av soverom vil være høyere her enn i mindre leiligheter og disse rommene har ofte en lavere innetemperatur.

Energibruk til oppvarming er høyest i middelsstore leiligheter. Dette resultatet fant vi noe overraskende, da vi forventet at høyest spesifikk energibruk ville forekomme i de minste leilighetene. Vi har ikke hatt anledning til å gå dypere inn i dette i denne studien.

## 5.4 Forbruksprofiler

I dette prosjektet har det vært ønskelig å se på forbruksprofiler over døgnet og året for bygninger med timesmålinger for fjernvarme. I prosjektet fant vi ikke gode timesmålinger før fjernvarmetilkobling på levert energi, slik at en direkte sammenligning av profiler før og etter var ikke mulig.

Det ble hentet inn timesmålinger for 10 skoler fordelt på Trondheim, Oslo og Kristiansand for å kunne sammenligne forbruk ift beliggenhet og klima. Seks av disse skolene ble også benyttet i den kvantitative analysen i denne studien. De resterende fire skolene fant vi ikke før-data for, men kun timesmålinger på forbruk etter fjernvarmetilkobling.

Timesmålingene har hatt ulik oppløsning, og dette fører til noen forskjeller i profilene. For Trondheim er oppløsning på måleseriene helt ned på 1 kWh/time, mens for Kristiansand er oppløsningen på 10 kWh/time og for Oslo på 20 kWh/time. Dette sistnevnte fører til større unøyaktigheter når det gjelder lastprofiler fordelt på døgn og år.

Måleperiodene varierte fra tre år til litt over ett år for de ulike skolene.

### 5.4.1 Døgnprofiler

Alle døgnprofiler er fordelt på ukedager og helg og vi ser på gjennomsnittsprfiler innenfor utetemperaturintervaller på 5 grader. Alt forbruk er regnet om til spesifikk effekt,  $W/m^2$ , for å kunne sammenligne profiler fra bygg med forskjellige størrelser og beliggenhet.

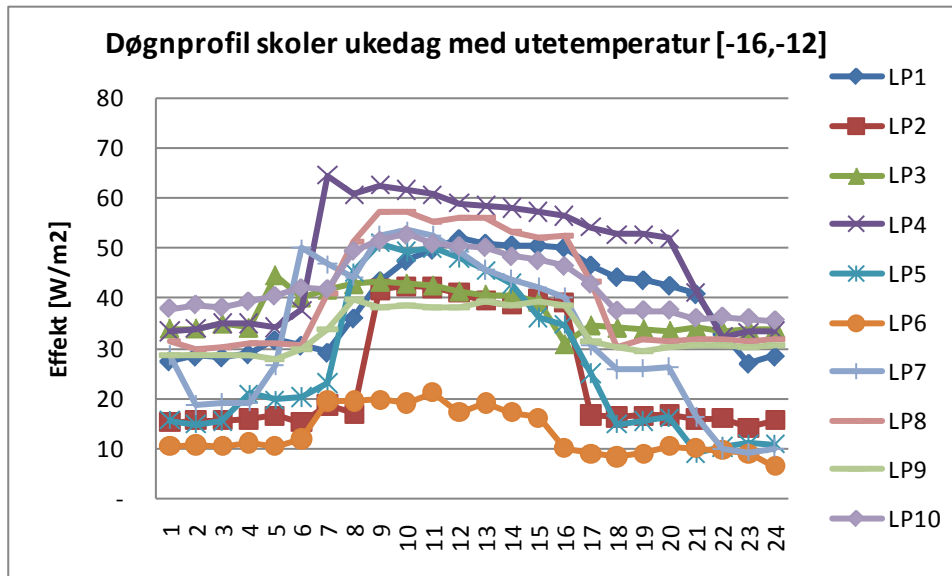
Skolene er lokalisert på følgende steder (LP – Last Profil):

- LP1 – LP4 er i Oslo
- LP5 – LP7 er i Kristiansand
- LP8 – LP10 er i Trondheim

#### **Lastprofil ved døgnmiddeltemperaturer mellom [-16, -12]**

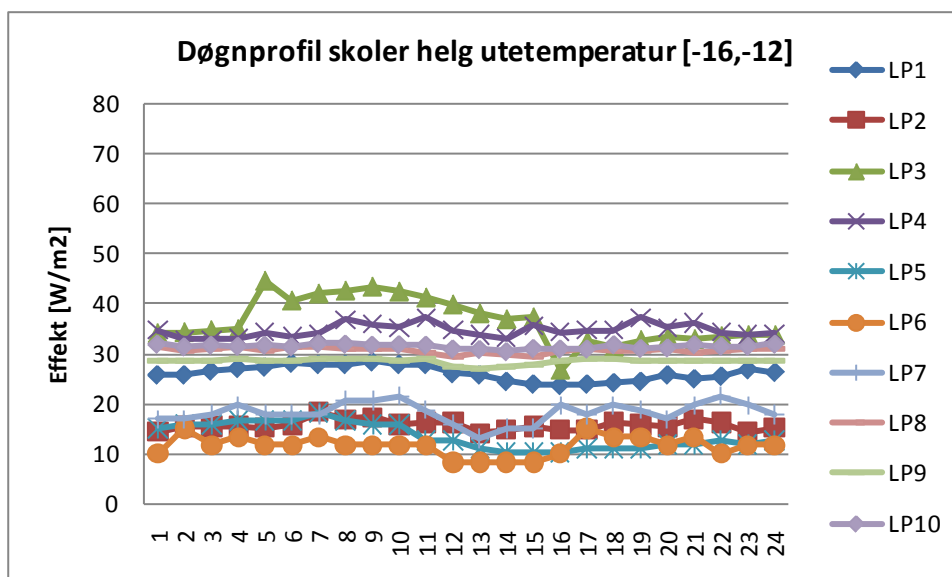
Figur 5.19 viser lastprofiler over døgnet for skoler innefor utetemperaturintervallet -16 til -12 grader Celsius. De fleste profilene har et jevnt lavere forbruk på kveld og natt, mens effektuttaket øker mye tidlig om morgenen og fortsetter jevnt høyt utover ettermiddagen. LP2 er en typisk skole der ventilasjonsanlegget skrur seg på rundt kl åtte om morgenen og slår seg av eller trapper ned på ettermiddagen rundt kl fire. LP4 er en annen skole som har lengre brukstid da den også benyttes etter skoletid til andre aktiviteter. Her reduseres ikke ventilasjonen før kl åtte på kvelden. LP6 skiller seg ut fra alle profilene med et jevnt lavt spesifikt forbruk over døgnet.

Maks effektuttak over døgnet for dette utetemperaturintervallet varierer mellom 21 og  $64 W/m^2$  med et snitt på  $48 W/m^2$ . Skoler som bygningskategori er en ganske homogen gruppe med en sammenlagningsfaktor på 97 % for vårt utvalg på ti bygninger. Totalt maks effektbehov for disse ti skolene inntreffer i time 10.



Figur 5.19 Døgnprofil for skoler ukedager innenfor utetemperaturintervallet [-16, -12]

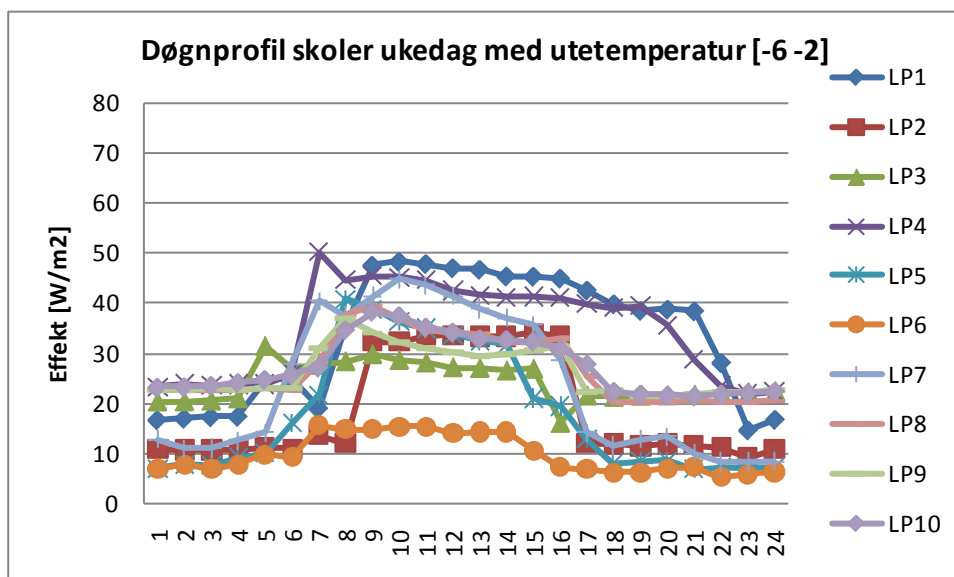
Ut i fra døgnprofiler ser det ut som LP3 også benyttes i helgene, se Figur 5.20. Alle de andre lastprofilene varierer lite over døgnet i helgene. Basiseffektbehovet til romoppvarming ser ut til å være relativt likt i helgene som det er på kveld/natt i ukedagene. Gjennomsnittlig maks effektbehov over døgnet for helg er 27,5 W/m<sup>2</sup> med en variasjon fra 15 til 44 W/m<sup>2</sup>. Gjennomsnittlig effektbehov over døgnet i helgene er da 24 W/m<sup>2</sup> for de ti utvalgte skolene, kun 3 W/m<sup>2</sup> lavere enn gjennomsnittlig maks effektbehov.



Figur 5.20 Døgnprofil for skoler helg innenfor utetemperaturintervallet [-16, -12]

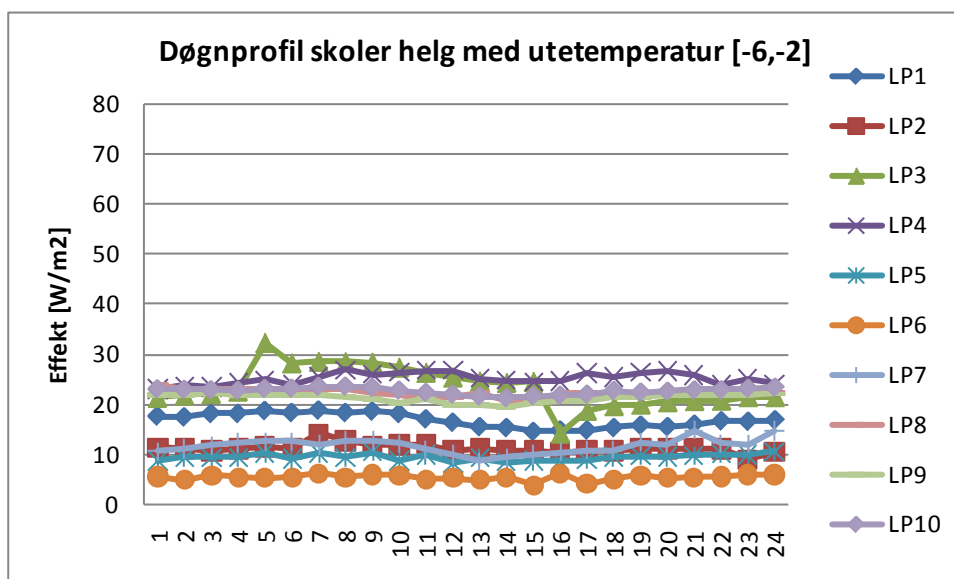
### Lastprofil ved døgnmiddeltemperaturer mellom [-6, -2]

Utetemperaturintervallet er nå økt med 10 grader, og dette fører til en variasjon i maks effektuttak mellom 15 og 50 W/m<sup>2</sup>. Gjennomsnittlig maks effekt ligger på 38 W/m<sup>2</sup>, en reduksjon på 10 W/m<sup>2</sup>. Lastprofiler over døgnet for utetemperaturintervallet [-6, -2] er vist i Figur 5.21.



Figur 5.21 Døgnprofil for skoler ukedager innenfor utetemperaturintervallet [-6, -2]

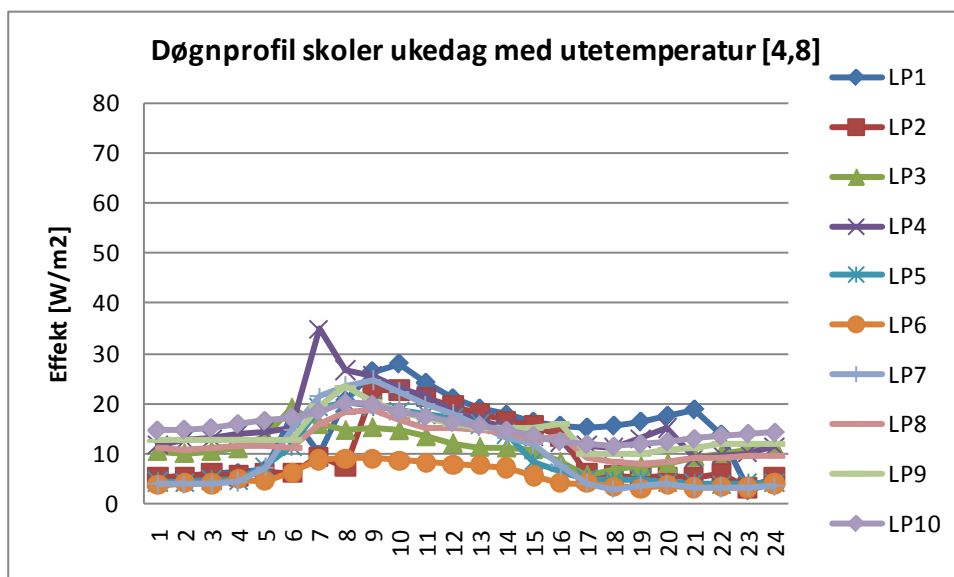
Figur 5.22 viser døgnprofiler for skoler i helgene. Her er det lite variasjon over døgnet og basiseffektbehovet er det samme som for tilsvarende skole vist i Figur 5.21. Gjennomsnittlig effektbehov over døgnet i helgene er  $17 \text{ W/m}^2$  for de ti utvalgte skolene. Dette er en reduksjon på  $7 \text{ W/m}^2$  ift utetemperaturintervallet [-16, -12].



Figur 5.22 Døgnprofil for skoler helg innenfor utetemperaturintervallet [-6, -2]

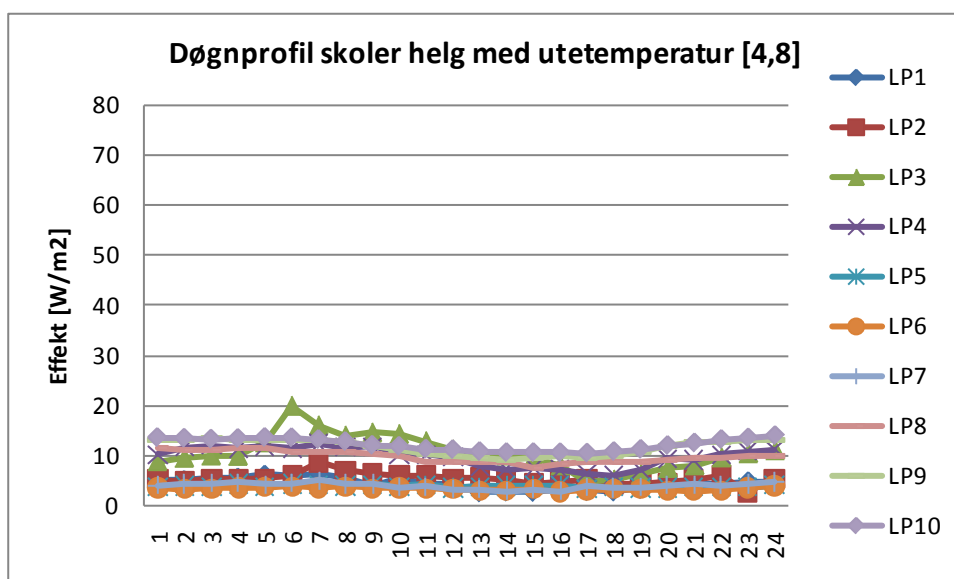
### Lastprofil ved døgnmiddeltemperaturer mellom [4,8]

Lastprofiler over døgnet for ukedager innenfor utetemperaturintervallet [4, 8] er vist i Figur 5.23. Utetemperaturintervallet er nå økt med enda 10 grader, og dette fører til en variasjon i maks effektuttak for skolene på mellom 9 og  $34 \text{ W/m}^2$ . Gjennomsnittlig maks effekt ligger på  $22 \text{ W/m}^2$ , en reduksjon på  $26 \text{ W/m}^2$  ift utetemperaturintervallet [-16, -12].



Figur 5.23 Døgnprofil for skoler ukedager innenfor utetemperaturintervallet [4, 8]

Figur 5.22 viser døgnprofiler for skoler i helgene. Her er det veldig liten variasjon over døgnet. Gjennomsnittlig effektbehov over døgnet i helgene er  $7,5 \text{ W/m}^2$  for de ti utvalgte skolene. Dette er en reduksjon på  $16,5 \text{ W/m}^2$  ift utetemperaturintervallet [-16, -12].

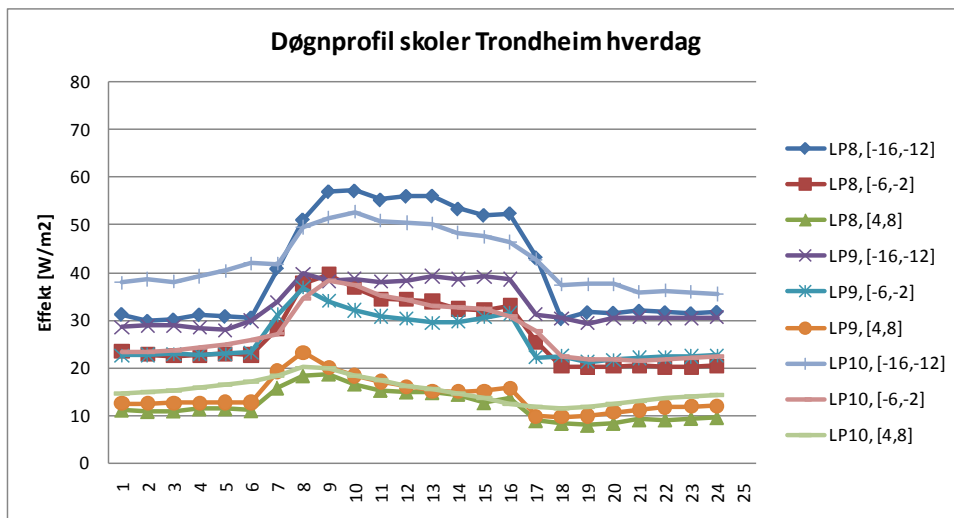


Figur 5.24 Døgnprofil for skoler helg innenfor utetemperaturintervallet [4, 8]

### Lastprofiler fra samme sted – Trondheim

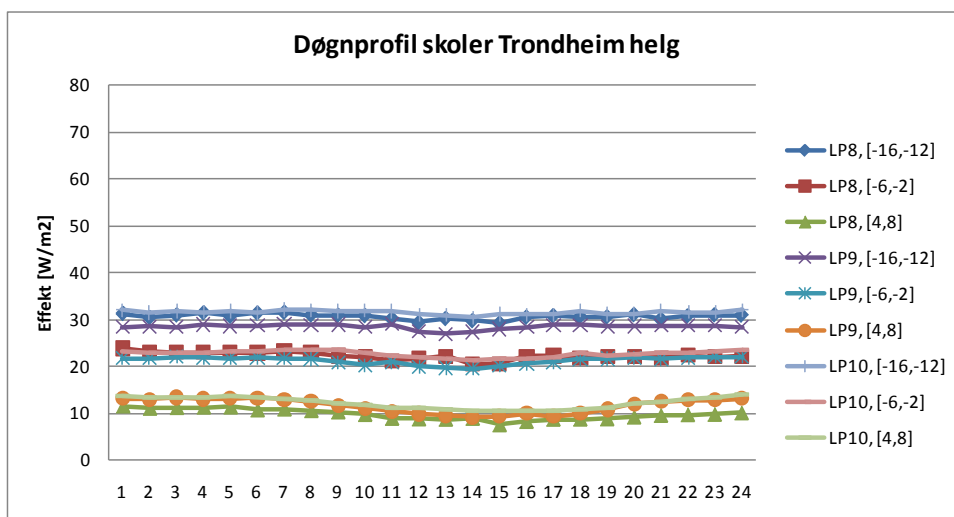
De lastprofilene som lignet mest, kom fra skolene i Trondheim, se Figur 5.25 og Figur 5.26 for henholdsvis ukedager og helg. Profilene viser et veldig likt bruksmønster over døgnet, noe som tyder på at disse tre skolene kun benyttes på dagtid. For ukedager, så blir variasjonene større jo lavere utetemperatur det er. For helg og for høyere utetemperaturer er de spesifikke lastprofilene veldig like.

For ukedager så varierer maks effektuttak for skolene mellom  $57$  og  $40 \text{ W/m}^2$  for utetemperaturintervallet [-16, -12], en variasjon på  $17 \text{ W/m}^2$ . Variasjonen for temperaturintervallene [-6, -2] og [4, 8] er på henholdsvis  $3$  og  $4 \text{ W/m}^2$  for ukedager.



Figur 5.25 Døgnprofil for skoler ukedager i Trondheim innenfor ulike utetemperaturintervaller.

For helg så varierer maks effektuttak for skolene mellom 32 og 29  $W/m^2$  for utetemperaturintervallet [-16, -12], en variasjon på kun 3  $W/m^2$ . Tilsvarende variasjon for utetemperaturintervallene [-6, -2] og [4, 8] er på henholdsvis 2 og 4  $W/m^2$  for helg. Variasjonen over døgnet for de ulike skolene er også veldig liten innenfor de ulike utetemperaturintervallene.



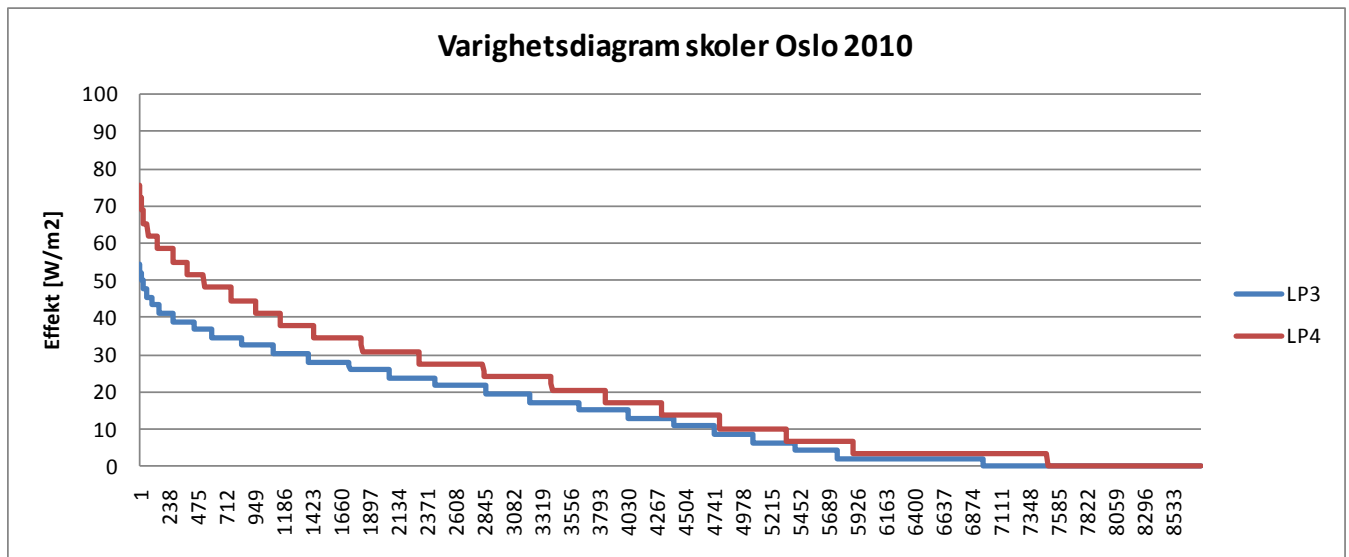
Figur 5.26 Døgnprofiler for skoler helg i Trondheim innenfor ulike utetemperaturintervaller.

### 5.4.2 Varighetsdiagram

Forbruksprofiler over året, også kalt varighetsdiagram, og ekvivalent driftstid for kundesentralene er vist for åtte av de ti skolene for 2010. I tillegg er det vist et varighetsdiagram for en lavenergiskole som benytter fjernvarme som spisslast. LP1 og LP2 manglet komplett måleserie for dette året og er derfor utelatt fra de påfølgende diagrammene. 2010 var et kaldt år hvor graddagstallet for Oslo, Kristiansand og Trondheim lå henholdsvis 16 %, 19 % og 15 % over normalen for perioden 1981 – 2010. Dette gir et godt bilde ift ekstremisitasjoner med hensyn til maks effektuttak.

#### Oslo

Figur 5.27 viser spesifikt varighetsdiagram for LP3 og LP4 i Oslo for 2010. Trappetrinnskurven skyldes at det er en måleroppløsning på 20 kWh/time i Oslo. Maks spesifikt effektuttak for LP3 og LP4 er henholdsvis 54 og 76  $W/m^2$ , mens årlig spesifikt energibruk er 124 og 164  $kWh/m^2$  og år. Dette resulterer i en brukstid for maks effekt til oppvarming på 2 290 og 2 175 timer for henholdsvis LP3 og LP4, se Tabell 5.7.



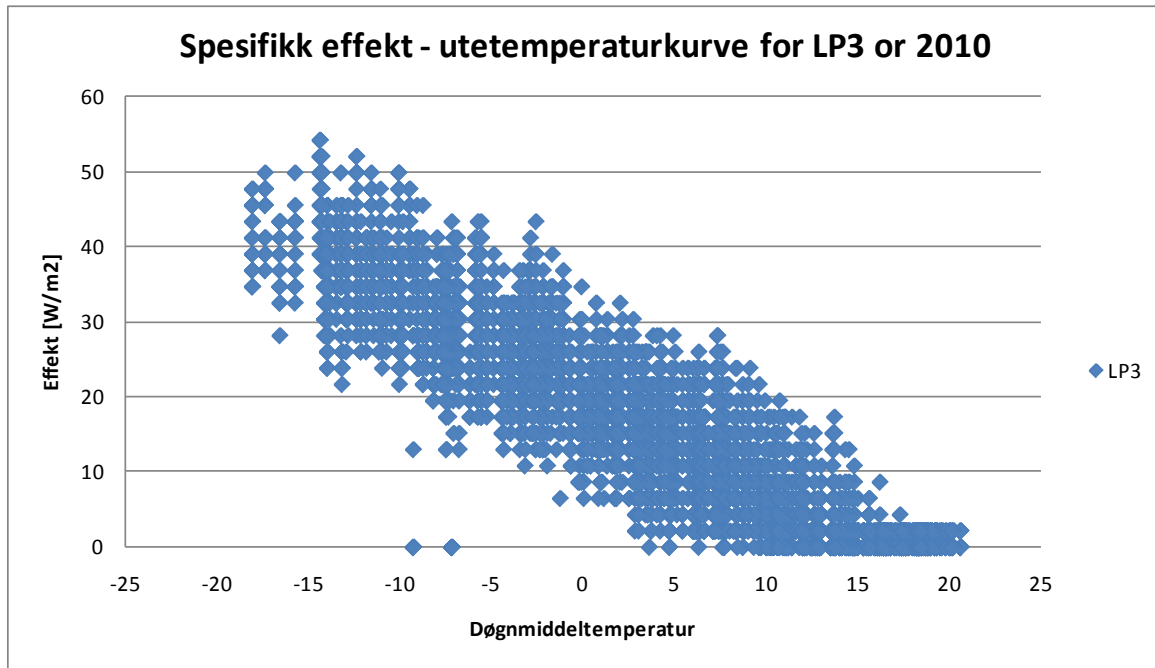
Figur 5.27 Varighetsdiagram for skoler fra Oslo for 2010.

Tabell 5.7 Tabellen viser maks spesifikt effektuttak og energibruk til oppvarmingsformål for 2010, samt ekvivalent brukstid for oppvarming for skoler i Oslo.

	LP3	LP4
Maks effekt [W/m <sup>2</sup> ]	54,2	75,6
Årlig energibruk [kWh/m <sup>2</sup> ]	124,3	164,3
Brukstid [t/år]	2 293	2 173

Figur 5.28 viser alle timesmålinger av fjernvarme for 2010 for skole LP3 plottet mot døgnmiddeltemperatur. Figuren viser en klar sammenheng mellom effektuttak og utetemperatur. Det er relativt stor spredning i målingene med en forskjell på 25 W/m<sup>2</sup> innenfor hvert utetemperaturintervall. En reduksjon i spredningen vil man få både ved å dele opp i ukedager og helg, samt dele opp effekttemperaturkurver i tid på døgnet. Lastprofilene over døgnet har vist at det er store forskjeller i spesifikt effektuttak over døgnet og ift ukedag/helg.

For høye utetemperaturer ser man av forbruket flater ut, noe som indikerer at det kun er tappevannsbehov i perioder med temperaturer over 15 grader Celsius for denne bygningen. Formålsfordeling over året med månedsopløsning har vist at det er liten variasjon i tappevannsbehovet gjennom året og at fjernvarmeforbruket dermed vil flate ut når oppvarmingsbehovet er redusert til et minimum.

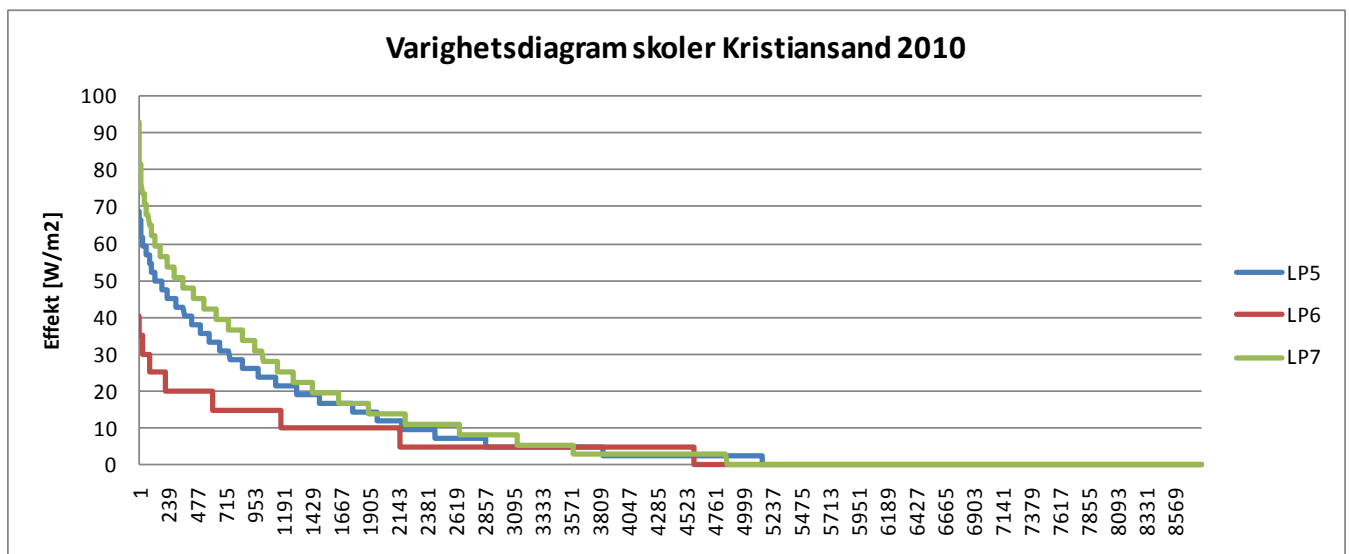


Figur 5.28 Timesmålinger av fjernvarme plottet mot døgnmiddeltemperatur for skole LP3 i 2010.

### Kristiansand

Figur 5.29 viser spesifikt varighetsdiagram for LP5, LP6 og LP7 i Kristiansand for 2010.

Måleroppløsningen i Kristiansand var på 10 kWh/time. Maks spesifikt effektuttak varierer mellom 40 og 93 W/m<sup>2</sup>, mens årlig spesifikt energibruk varierer mellom 44 og 86 kWh/m<sup>2</sup> og år. Dette resulterer i en brukstid for maks effekt til oppvarming på 1 050, 1 105 og 925 timer for henholdsvis LP5, LP6 og LP7, se Tabell 5.7. Dette er en reduksjon i brukstid ift Oslo på over 1000 timer. For 2010 hadde Kristiansand en kaldere maks døgnmiddeltemperatur og et høyere årsgjennomsnitt enn Oslo. Dette kan føre til et høyere maks effektuttak til oppvarming samt et lavere årlig energibehov til oppvarming. Resultatet er da lavere brukstid for maks effekt til oppvarming for denne delen av landet.



Figur 5.29 Varighetsdiagram for skoler fra Kristiansand for 2010.

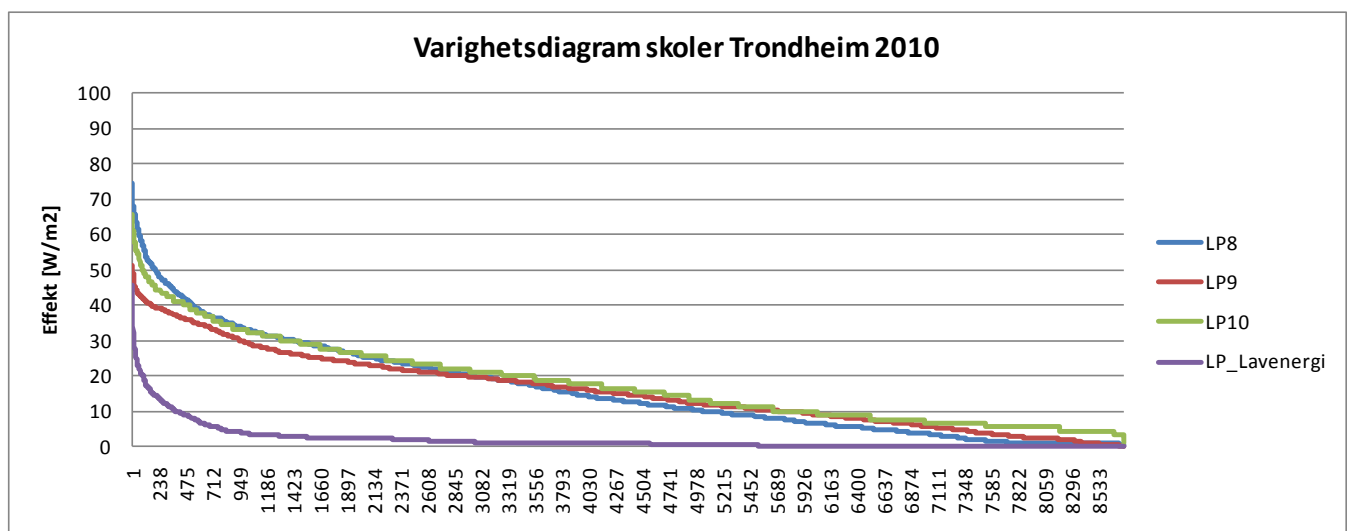


Tabell 5.8 Tabellen viser maks spesifikt effektuttak og energibruk til oppvarmingsformål for 2010, samt ekvivalent brukstid for oppvarming for skoler i Kristiansand.

	LP5	LP6	LP7
Maks effekt [W/m <sup>2</sup> ]	69,0	40,3	93,1
Årlig energibruk [kWh/m <sup>2</sup> ]	72,3	44,5	86,1
Brukstid [t/år]	1 048	1 105	925

## Trondheim

Det siste varighetsdiagrammet er vist for skolene i Trondheim, se Figur 5.30. Her er det også tatt med en lavenergiskole. Denne skolen benytter varmepumpe som grunnlast og fjernvarme som spisslast. Maks spesifikt effektuttak, årlig energibruk og tilhørende brukstid for oppvarming er vist i Tabell 5.9. Brukstid for LP8, LP9 og LP10 varierer mellom 1910 og 2725 timer, mens brukstiden for lavenergiskolen er så lav som 405. Brukstiden for lavenergiskolen er kun basert på fjernvarme og ikke total energibruk til oppvarming. Dette har medført at lavenergiskolen har et relativt høyt effektuttak, men bruker lite fjernvarme da dette kun er spisslast.



Figur 5.30 Varighetsdiagram for skoler fra Trondheim for 2010.

Tabell 5.9 Tabellen viser maks spesifikt effektuttak og energibruk til oppvarmingsformål for 2010, samt ekvivalent brukstid for oppvarming for skoler i Trondheim.

	LP8	LP9	LP10	LP_Lavenergi
Maks effekt [W/m <sup>2</sup> ]	74,6	51,3	65,6	45,6
Årlig energibruk [kWh/m <sup>2</sup> ]	142,3	139,7	158,6	18,4
Brukstid [t/år]	1 908	2 726	2 418	404

## 5.5 Lavenergi- og passivhus

Lavenergi- og passivhus er hus med vesentlig lavere energibruk enn bygninger med samme bruksmønster og størrelse. NS3700:2010 Kriterier for passivhus og lavenergihus tallfester energikrav som må oppfylles for å kalle en bygning for lavenergi- eller passivhus [1]:

Kriterier for energibruk til oppvarming i passivhus:

1. Beregnet årlig energibehov til oppvarming må ikke overstige 15 kWh/m<sup>2</sup> per år.
2. Maksimalt effektbehov til oppvarming må ikke overstige 10 W/m<sup>2</sup>.

Kriterier energibruk til oppvarming i lavenergihus (romoppvarming og ventilasjonsvarme):

1. Lavenergihus klasse 1: Beregnet årlig energibehov til oppvarming må ikke overstige 30 kWh/m<sup>2</sup> per år.
2. Lavenergihus klasse 2: Beregnet årlig energibehov til oppvarming må ikke overstige 45 kWh/m<sup>2</sup> per år.

NS3700:2010 omhandler kun bygninger til boligformål. For andre bygningskategorier finnes ingen standard, men Sintef har utarbeidet kriterier i tråd med NS3700:2010 for ulike yrkesbygg [2]:

Tabell 5.10 Kriterier for passiv- og lavenergihus - yrkesbygg

Byggekategori	Oppvarmingsbehov [kWh/m <sup>2</sup> år]		Kjølebehov [kWh/m <sup>2</sup> år]	
	Passivhus	Lavenergihus	Passivhus	Lavenergihus
Barnehage	25	50	0	0
Kontorbygg	15	30	10	15
Skolebygg	15	35	0	0
Universitets- og høyskolebygg	15	30	10	15
Sykehus	20	65	20	30
Sykehjem	15	40	10	15
Hoteller	20	50	10	15
Idrettsbygg	25	55	10	15
Forretningsbygg	20	40	20	30
Kulturbygg	25	50	10	15
Lett industri, verksteder	25	60	10	15

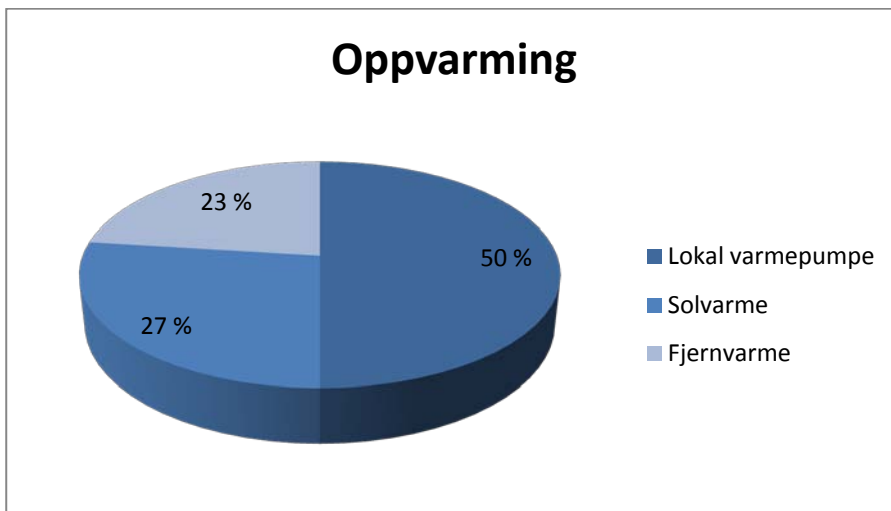
Bygningskategorier i denne studien er skravert.

Det er i studien vektlagt bygninger som faller inn under de kategorier som prosjektet omhandler og bygninger der det har vært mulig å innhente data.

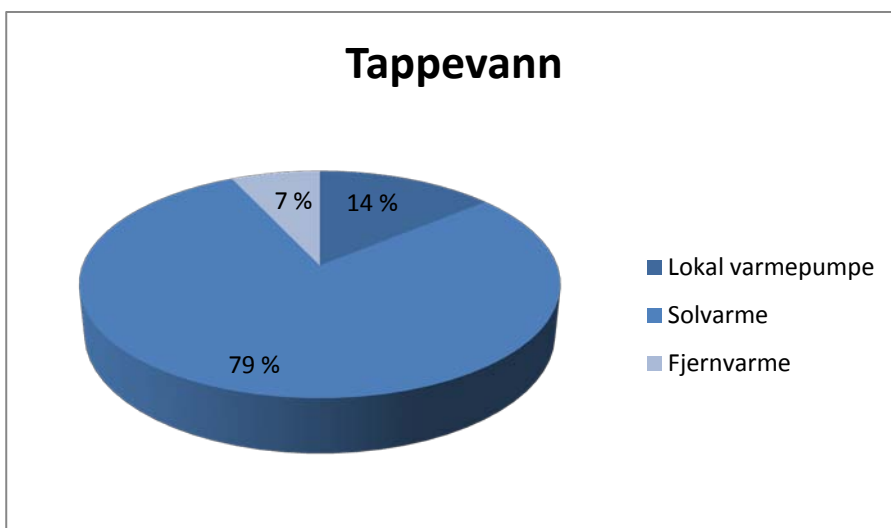
### 5.5.1 Bellonahuset

Ved prosjektering av Bellonahuset i Oslo var målet å bygge Norges mest miljøvennlige kontorbygg, det vil si at energikravene satt var strengere enn dagens passivhusstandard. Kontordelen har prosjektert oppvarmingsbehov på ca. 8 kWh/m<sup>2</sup>år, mens forretningsbygdelen har oppvarmingsbehov på ca. 20 kWh/m<sup>2</sup>år [3]. Da dette ikke har vært i drift over et kalenderår, finnes det ikke driftsdata fra dette bygget for sammenligning av årsforbruk og beregnet energibruk til oppvarming. Det er likevel innhentet informasjon om prosjektert energibruk og energibærere i bygget for å kunne gjøre vurderinger om fjernvarmebruk i passivhus.

Energibruk til oppvarming og tappevann fordeler seg mellom følgende energikilder/bærere [3]:



Figur 5.31 Energikilder til oppvarming, Bellonahuset.



Figur 5.32 Energikilder til tappevann, Bellonahuset.

Fjernvarme brukes hovedsakelig som spisslast både for oppvarmings- og tappevannsbehovet. Grunnen til at andre energibærere velges foran fjernvarme er ønsket om en sterk miljøprofil. Fjernvarmemiksen i Oslo består av flere energikilder med varierende CO<sub>2</sub>-utslipp. Ved å benytte lokal varmpumpe og solvarme istedenfor fjernvarme fra eksternt leverandør har bygningseier bedre kontroll på byggets genererte CO<sub>2</sub>-utslipp [4].

### 5.5.2 KLP-bygget

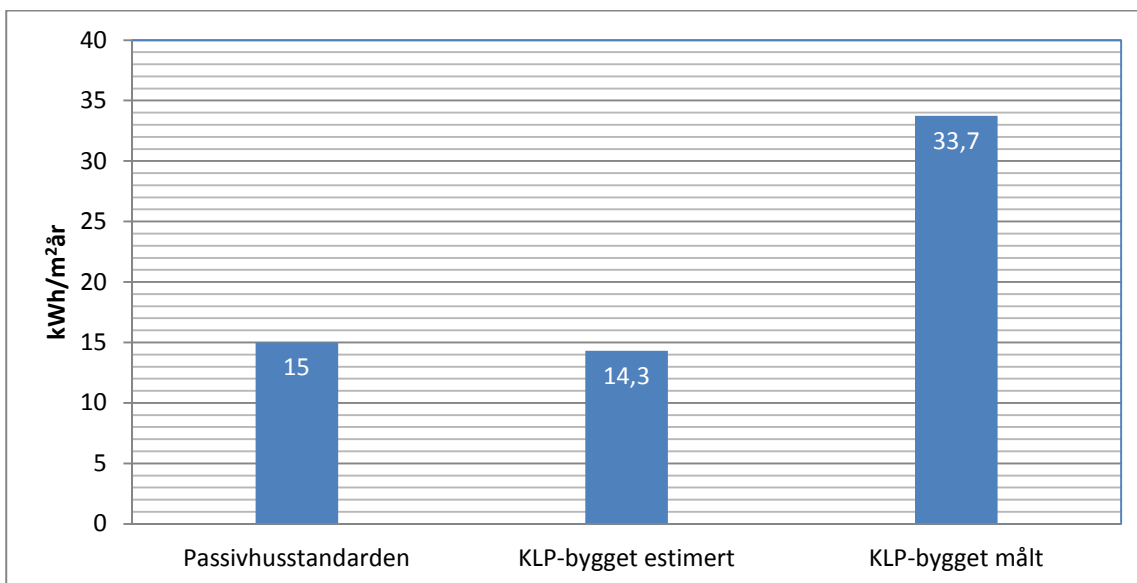
KLP-bygget i Trondheim (også kalt Miljøbygget og Enovabygget) har beregnet energibruk til oppvarming innenfor passivhusstandarden og har vært i drift siden 2009. Sintef Byggforsk utgav i 2011 en rapport med sammenlikning av beregnet og målt energibruk i utvalgte bygninger, blant annet KLP-bygget [5]. Ved hjelp av 61 målere for elektrisk energi og 7 målere for termisk energi ble energibruken i 2010 målt og sammenliknet med simuleringer gjennomført i 2009 (temperaturkorrigert for 2010):

Tabell 5.11 Sammenlikning av beregnede og målte verdier for KLP-bygget.

Energy item		Latest calculations (2009), temperature corrected for 2010 [kWh/yr]	Measurement by energy item – private meters in 2010 [kWh/yr]	Percentage [%]
1	Room heating	93 038	385 257	314 %
2	Ventilation heating	142 923	171 487	20 %
3	Hot water	68 980	46 305	-33 %
4	Fans	157 188	79 985	-49 %
5	Pumps	14 921	18 575	24 %
6	Lighting	283 640	294 355	4 %
7	Electrical equipment	417 067	286 073	-31 %
8	Cooling	15 816	219 119	1285 %
	<b>Total</b>	<b>1 193 571</b>	<b>1 501 156</b>	<b>26 %</b>

Som tabellen viser er det meget stort avvik mellom simulert og målt energibruk til romoppvarming og også et mindre avvik i varme til ventilasjon. I følge Sintefrapporten skyldes avviket i energibruk til romoppvarming at de interne lastene fra utstyr er mye lavere enn beregnet, at bygget ikke er fullt innflyttet, at settpunkttemperaturen er høyere enn forutsatt, samt noe bruk av radiatorer om sommeren. I tillegg påpekes det at energieffektiviteten til oppvarmingssystemet kan være noe lavere enn forutsatt.

Sammenlikning mellom totalt energibruk til oppvarming mellom standarden, KLP-byggets estimerte bruk og målte bruk er vist i figuren under.



Figur 5.33 Sammenlikning mellom totalt energibruk til oppvarming for KLP-bygget.

Figuren viser forskjellen mellom standarden, estimert og målt energimengde til oppvarming per kvadratmeter.

I følge Sintefrapporten skyldes avviket i energibruk til kjøling mye høyere internlast i serverrommet enn forutsatt i beregningene og at kjølingen her går døgkontinuerlig hele året, i motsetning til forutsetningene. I tillegg er ikke virkelig effektfaktor for kjølemaskinene kjent og kan dermed avvike fra forutsetningen i beregningen. To av tre kjølemaskiner har unormale lastkurver.

### 5.5.3 Storebrand Lysaker Park

Storebrands kontorlokaler på Lysaker er med et prosjektert oppvarmingsbehov på 50kWh/m<sup>2</sup>år ikke klassifisert som lavenergihus (lavenergi klasse 2 kan ikke ha beregnet energibehov til oppvarming over 45 kWh/m<sup>2</sup> per år). Det er likevel interessant å se på dette bygget da det foreligger driftsdata og analyser av energibruket for første bruksåret fra Energeticadesign [6], samt at bygget kun bruker fjernvarme til oppvarming.

Tabell 5.12 Sammenlikning av energibudsjett og faktisk forbruk Lysaker Park.

	El	Fjernvarme*	Fjernkjøling	Total	Enhet
<b>Budsjett 2010</b>	72	50	20	142	kWh/m <sup>2</sup> år
<b>Forbruk 2010</b>	134	116	39	289	kWh/m <sup>2</sup> år
<b>Avvik</b>	85	134	100	104	%

\*ikke graddagkorrigert

Som tabellen viser er fjernvarmeforbruket 134% høyere enn budsjettert for bygget. Energeticadesign peker på følgende grunner til overforbruket av fjernvarme:

- Korreksjon for innkjøringsperiode (9 kWh/m<sup>2</sup>år)
- Høyere romtemperatur enn prosjektert (8 kWh/m<sup>2</sup>år)
- Kaldere vinter i 2010 enn normalår (5 kWh/m<sup>2</sup>år)
- Høyere setpunkt på når varmen skal skrus av (5 kWh/m<sup>2</sup>år)
- Lengre driftstid (5 kWh/m<sup>2</sup>år)
- Gatevarme – snøsmelting (25 kWh/m<sup>2</sup>år)

### 5.5.4 Nardo Skole

Nardo skole ble bygget i 2008 med mål om energibruk på 105 kWh/m<sup>2</sup>år. Skolen bruker lokal grunnvarmepumpe til å forvarme vann til oppvarming og tappevann. Fjernvarme brukes til å heve temperaturen i vannet ”de siste gradene” til nødvendig temperatur. Dette gjør at det er behov for ekstern fjernvarme hele året, men at behovet ligger betydelig under tilsvarende bygg uten varmepumpe [7]. Driftserfaringer viser at skolen har energibruk omtrent som prosjektert, det vil si et godt stykke under grensen for lavenergiskoler [8].

### 5.5.5 Oppsummering

For utvalget av lavenergi- og passivhus i denne studien lå fjernvarmebruken noe over prosjektert bruk. Det kan være mange grunner for avvikene, men følgende hovedgrunner er lokalisert [8]:

- Feil i bygningskroppen (eks: kuldebroer, fukt)
- Feil i tekniske anlegg (eks: termostatinnstillinger, ventilasjonsanleggsproblemer)
- Høyere innetemperatur enn beregnet (prosjekteres med 20°C mens mange brukere ønsker høyere innetemperatur for å ”trives”)
- Feil design av bygget (eks: dører/porter brukes oftere/står åpne der de er prosjektert lukket)
- Feil bruk av bygget (eks: lufting som overstyrer styringssystemet)

I tillegg pekes det på at lavenergi og passivhus har et høyere energibruk de første driftsårene. Dette kan muligens skyldes opplæring av brukere og tilvenning til nye vaner.

I ”miljøsignalbygg” som Bellonahuset er fjernvarme valgt bort som hovedoppvarmingskilde og brukes kun som spisslast. Dette er grunnet fjernvarmemiksens kompleksitet når det kommer til CO<sub>2</sub>-utslipp (utbygger har ikke kontroll på og påvirkningskraft over andel av ulike energikilder brukt i fjernvarmeproduksjonen) kombinert med utbyggers klimagassfokus. Om dette blir en trend videre er vanskelig å si, men så lenge det finnes fossile brensler i fjernvarmesystemet kan en ikke se bort fra at miljøbevisste utbyggere heller velger lokale oppvarmingsløsninger.

## 6 Referanser

- [1] Norsk Standard, *NS3700:2010 Kriterier for passivhus og lavenergihus, Boligbygninger*, Standard Norge, 2010.
- [2] Dokka, T.H., Klinski, M., Haase, M., Mysen, M., *Kriterier for passivhus og lavenergibygg – Yrkesbygg*, Prosjektrapport 42, Sintef Byggforsk, 2009.
- [3] Vulkan Utvikling/Aspelin Ramm, *Klimagassregnskap for Bellonahuset*, rapport status: prosjektert bygg, 2011.
- [4] Samtale og e-postkorrespondanse med Katharina Bramslev, Hambra, miljørådgiver i byggingen av Bellonahuset, 2011.
- [5] Dokka, T.H., Svensson, A., Wigenstad, T., Andresen, I., Simonsen, I., Berg, T.F., *Energibruk i bygninger - Nasjonal database og sammenligning av beregnet og målt energibruk*, Prosjektrapport 76, Sintef Byggforsk, 2011.
- [6] Førland-Larsen, A., *Energioppfølging Lysaker Park*, Energeticadesign, foredrag Brød&miljø 04.05.11, 2011
- [7] Trondheim kommune, *Tid for tre – tre for tiden, Nardo skole og trebyen Trondheim*, foredragsfoiler.
- [8] Langseth, B., Everett, E.N., Havskjold, M., *Energibruk i lavenergi- og passivbygg - En sammenligning av forventet og målt energibruk*, Xrgia AS for Energi Norge, 2011.

## 7 Vedlegg

### Vedlegg A

Spørreskjema for energibruk i bygg før og etter fjernvarmetilknytning		
<b>Kontaktinformasjon</b>	<b>Svar</b>	<b>Kommentarer</b>
Kontaktperson		
e-post		
telefonnr		
<b>Bygningen</b>	<b>Svar</b>	<b>Kommentarer</b>
Bygningens adresse		
Bygningstype (skole, kontorbygning eller boligblokk)		
Bygningens eier		
Bygningens bruker (firma, skolenavn, borettslag, etc)		
Oppføringsår		
Areal		
Er eier og drifter av bygningen den samme?		
Når ble bygningen tilknyttet fjernvarme? [År]		
Er bygningen rehabilitert?		
Hvis ja: Når?		
Hvis ja: Hva ble gjort?		
<b>Energibruk før fjernvarme</b>	<b>Svar</b>	<b>Kommentarer</b>
Har bygget hatt et energioppfølgingsystem?		
Finnes det måledata for energibruk til oppvarming før tilknytning?		
Antall liter olje forbrukt ? (Data fra regning eller mengdemåler?)		
Mengde el forbrukt i elkjel?		
Andre måledata som kan vedlegges?		
<b>Fjernvarme og ENØK-tiltak</b>	<b>Svar</b>	<b>Kommentarer</b>
<b>Fyrhus</b>		
Ble eksisterende kjeler fjernet?		
Hvis nei, står de varme eller er de kalde?		
Ble eksisterende tappevannsbereidere fjernet?		
Hvis nei, er de fortsatt i bruk?		
Hvis ja, er de erstattet med nye?		
Hvis ja, kun direkte tappevannsoppvarming via veksler fra fjernvarmen?		
<b>Tiltak utnom fjernvarmetilknytning</b>		
Ble det gjort tiltak på varmeanlegget ved tilknytning som for eksempel:		
Termisk isolering av rør og deler i varmesentralen		
Ny shunt/utetemperaturregulering m/urstyring		
Installasjon av termostatsstyrte radiatorventiler?		
Endring eller behovstyring av ventilasjonsluft		
Installasjon av sparedusjer?		
Frekvensstyring av hovedpumpene?		
Annet?		
Er det gjennomført andre ENØK-tiltak? (skifte av vinduer, etterisolering, etc)		
Hvis ja, når?		
Hvis ja, hva ble gjort?		
Er bruksmønsteret det samme før og etter fjernvarmetilknytning?		
For boligblokker - er det individuelle målinger på varmeforbruket?		