NTNU
Det skapende universitet

# Lavenergi i næringsbygg

**Kjetil Grung**

Master i energi og miljø
Oppgaven levert: Juni 2008
Hovedveileder: Sten Olaf Hanssen, EPT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for energi og prosessteknikk

# Oppgavetekst

1. Sjekke bruksmønster og driftstider. Hvilken type bedrifter opererer i lokalet? Hva bruker de lokalene til? Hvordan har de organisert utformingen av kontorlokalene?

2. Hvordan er personbelastningen og teknisk utstyr i bygget? Har bygget et unormalt høyt kjølebehov? Avdekke årsaker. Se på belysningen i bygget. Kan man ta i brukke mer energiøkonomiserende løsninger?

3. Se på kanaldimensjonene og luftmengder for å beregne SFP-faktor. Ta for seg fasaden, måle U-verdier og sjekke kuldebroer. Ta i bruk infrarødt måleutstyr.

4. Drøfte hvordan optimalt samspill mellom teknologier kan redusere energibruken med utgangspunkt i mer effektiv styring av energibruk i bygg (behovsstyring via sentral driftskontroll, kontinuerlig funksjonsmodell etc.).

5. Hvis mulig skal kandidaten avslutningsvis utføre energisimuleringer ved hjelp av avansert simuleringsverktøy som for eksempel VIP+ og sammenligne energibruken med de nye kravene til TEK. Belyse forskjeller og avdekke årsaker til energibruken samt komme med forslag til utbedringer i bygget.

Oppgaven gitt: 28. januar 2008
Hovedveileder: Sten Olaf Hanssen, EPT

# Forord

Denne oppgaven er skrevet i forbindelse med masteroppgaven i 5 årskurs ved NTNU. Den ble skrevet ved Institutt for Energi og prosessteknikk, vårsemesteret 2008. Oppgaven er formulert av Professor Sten Olaf Hansen.

Jeg vil rette en takk til E.C. Dahls Eiendom og leietagerne i bygget for å stille seg til disposisjon for dette prosjektet. Jeg vil takke Ivar Tanem for sin samarbeidsvillighet og Christiansen fra Johnson Controls for sin behjelpelighet i forhold til SD-anlegget.

--- ---

# Sammendrag

Bygningen som er lokalisert i Trondheim sentrum består hovedsakelig av tre leietagere, en dagligvarebutikk og to kontorbedriftene. Kontorbedriftene består av en IT-bedrift og en kommunal etat. Alle leietagerne har hvert sitt ventilasjonsanlegg som alle kjører med konstant luftmengde.

Bygget har et eget SD-anlegg som styrer kjølesentral, varmesentral og ventilasjonsanlegg. Tilluften i alle ventilasjonsanleggene er avtrekkskompensert. Hver etasje har egne soner som skal kunne tilfredsstille el fleksibelt behov hos leietagerne.

Bygningen er forsynt både med elektrisitet og fjernvarme, hvor fjernvarmen skal sørge for varmt tappevann, ventilasjonsvarme, radiatorvann og snøsmelteanlegg. Elektrisiteten skal dekke resten av de tekniske installasjonene.

Bygningen har en temperatur korrigert energibruk på 1 302 396 kWh eller 330 kWh/m². Elektrisiteten er delt opp i fire forskjellige målinger, et til hver av leietagerne og et på felles.

I et forsøk på å avdekke kuldebroer i fasaden ble det gjennomført en såkalt termografering, som ved hjelp infrarøde sensorer skulle påvise uforholdsmessige store temperaturforskjeller i fasaden. Målingen gav ingen klare hentydninger om at det var noen kuldebroer i fasaden.

Ved hjelp av tegninger fra arkitekten ble det beregnet U-verdier for fasaden, som deretter ble kontrollert opp mot myndighetskravene. I tillegg ble samtlige arealer målt og beregnet.

For å få en oversikt over tilstedeværelsene på kontorene ble det gjennomført en spørreundersøkelse hos de to leietagerne, hvor det ble stilt ni spørsmål som omhandlet deres tilstedeværelse og hvordan de opplevde inneklimaet. Resultatet viste at det var en forskjell i brukeradferden til de to leietagerne, hvor de ansatte hos IT-bedriften hadde en lengre brukstid enn de ansatte hos den kommunale etaten.

For å få en oversikt over den spesifiserte energibruken i bygget ble det gjennomført en rekke simuleringer av energibruken for så å få energibruken formålsfordelt etter NS 3031. Samtlige innparametre ble enten beregnet regningsmessig eller hentet ut fra Enøk Normtall eller NS 3031. Resultatene viste at energibruken hadde stor sammenheng med driftstiden og brukeradferden på bygget. For dagligvarehandelen var det lang vanskeligere å få noen gode svar, og den beregnede elektrisitetsbruken var langt mindre enn den målte. Til å utføre beregningen ble det benyttet simuleringsprogrammet FRES, som er et dynamisk simuleringsprogram hvor man er nødt til å gjøre en del forenklinger som vil gjøre resultatet mindre nøyaktig.

For å redusere energibruken i bygget ble det konkludert med at en kortere driftstid hos IT-bedriften, kombinert med en styringsmodell for belysningen i bygget, vil være de mest effektive tiltakene.

# Innhold

Forord ..... 1
Sammendrag ..... 2
Innhold ..... 3
Figurliste ..... 5
Tabelliste ..... 7
Innledning ..... 8
Om bygget ..... 9
SD-Anlegg ..... 9
Systemoppbygning ..... 10
Drifts- og systeminformasjon ..... 11
Tekniske utfordringer ved regulering ..... 20
Energibruk i bygget ..... 21
Målinger og beregnede verdier ..... 30
Fasader og kuldebroer ..... 30
Kaldras og kaldstråling ..... 30
Luftlekkasjer ..... 30
Termografering ..... 31
Beregnet U-verdier ..... 46
Fasadearealer ..... 48
Personbelastning, utstyr og belysning ..... 50
Personbelastning ..... 50
Varmetilskudd fra personer ..... 59
Utstyr ..... 59
Belysning ..... 60
Gulvareal og luftmengder ..... 62
Energibehov for snøsmelteanlegg ..... 63
Energibehov til varmt tappevann ..... 63
Beregnet SFP-faktor ..... 63
Beregnet bruk av fjernvarme ..... 65
Driftstider ..... 65
Simuleringer ..... 67
Kjeller ..... 67

Dagligvarebutikk 1 etasje ..... 69
IT-bedrift 2. og 3. etasje ..... 71
Kommunal etat 4., 5. og 6 etasje ..... 73
Levert energi ..... 75
Løsninger ..... 76
Behovsstyring ..... 76
Ventilasjon ..... 76
Belysning ..... 76
SD-Anlegg ..... 77
Konklusjon ..... 78
Referanser ..... 79

# Figurliste

Figur 1 Ventilasjonsaggregat underkjeller, kjeller, 2.etg og 3.etg ..... 11
Figur 2 Ventilasjonsaggregat 1. etg ..... 12
Figur 3 Systembeskrivelse varmesentral ..... 13
Figur 4 Systembeskrivelse tappevannsveksler ..... 14
Figur 5 Systembeskrivelse snøsmelteanlegg ..... 15
Figur 6 Soneinndeling av HVAC-anlegg for 2. etg ..... 16
Figur 7 Soneinndeling av HVAC-anlegg for 6. etg ..... 17
Figur 8 Systembeskrivelse kjølesentral ..... 19
Figur 9 Årlig akkumulert energibruk for bygningen i 2007 ..... 21
Figur 10 Ukefordelt årlig energibruk fordelt mellom fjernvarme og elektrisitet for 2007 ..... 22
Figur 11 Årlig ukefordelt bruk av fjernvarme for 2007 [kWh] ..... 23
Figur 12 Årlig ukefordelt bruk av elektrisitet for 2007 [kWh] ..... 24
Figur 13 Årlig energibruk av elektristet fordelt på de fire forskjellige målerne [kWh] ..... 25
Figur 14 Årlig ukefordelt bruk av elektristet for 2007, fellesanlegg [kWh] ..... 25
Figur 15 Årlig ukefordelt bruk av elektrisitet for 2007, dagligvarebutikk ..... 26
Figur 16 Årlig ukefordelt bruk av elektrisitet for 2007, IT-bedrift [kWh] ..... 27
Figur 17 Årlig ukefordelt bruk av elektrisitet for 2007, kommunal etat ..... 28
Figur 18 ET-diagram for 2007 ..... 29
Figur 35 inngangsparti i vestre fasade ..... 33
Figur 36 IR-bilde av inngangsparti i vestre fasade ..... 33
Figur 37 Øvre del av vestre fasade nærmest syd ..... 34
Figur 38 IR-bilde av øvre del av vestre fasade nærmest syd ..... 34
Figur 39 Nedre del av vestre fasade, midtre del ..... 35
Figur 40 IR-bilde av nedre del av vestre fasade ..... 35
Figur 41 IR-bilde av nedre del av vestre fasade ..... 36
Figur 42 Øvre del av vestre fasade, midtre del ..... 36
Figur 43 IR-bilde av midtre del av vestre fasade, og er partiet rett over lysskiltet ..... 37
Figur 44 IR-bilde av øvre del av vestre fasade, midtre del ..... 37
Figur 45 IR-bilde av midtre del av vestre fasade, og er partiet rett over lysskilt dagligvarebutikk ..... 38
Figur 46 Nordvestre hjørnet av fasaden ..... 38
Figur 47 IR-bilde av nedre del av nordvestre hjørne ..... 39
Figur 48 IR-bilde av øvre del av nordvestre hjørne ..... 39
Figur 49 Nedre del av nordre fasade lengst mot vest ..... 40
Figur 50 IR-bilde av nedre del av nordre fasade lengst mot vest ..... 40
Figur 51 IR-bilde av midtre del av nordre fasade lengst mot vest ..... 41
Figur 52 Øvre del av nordre fasade lengst mot vest ..... 41
Figur 53 IR-bilde av øvre del av nordre fasade lengst mot vest ..... 42
Figur 54 Nedre del av nordre fasade, midtre del ..... 42
Figur 55 IR-bilde av nedre del av nordre fasade, midtre del ..... 43
Figur 56 Øvre del av nordre fasade, midtre del ..... 43
Figur 57 IR-bilde av midtre del av nordre fasade, midtre del ..... 44
Figur 58 IR-bilde av øvre del av nordre fasade, midtre del ..... 44
Figur 59 Nedre del av nordre fasade lengst mot øst ..... 44

Figur 60 IR-bilde av nedre del av nordre fasade lengst mot øst ..... 45
Figur 61 Øvre del av nordre fasade lengst mot øst ..... 45
Figur 62 IR-bilde av øvre del av nordre fasade lengst mot øst ..... 46
Figur 19 Tidspunkt for når de ansatte kommer på jobb, kommunal etat ..... 51
Figur 20 Tidspunkt for når de ansatte kommer på jobb, IT-bedrift ..... 51
Figur 21 Tidspunkt for når de ansatte går fra fra jobb, kommunal etat ..... 52
Figur 22 Tidspunkt for når de ansatte går fra jobb, IT-bedrift ..... 52
Figur 23 Hvor lenge hver ansatt oppholder seg ved sin faste plass, kommunal etat ..... 53
Figur 24 Hvor lenge hver ansatt oppholder seg ved sin faste plass, IT-bedrift ..... 53
Figur 25 Hvor mange dager i året hver ansatt jobber overtid, kommunal etat ..... 54
Figur 26 Hvor mange dager i året hver ansatt jobber overtid, IT-bedrift ..... 54
Figur 27 Hvor mange timer man vanligvis jobber overtid, når man jobber overtid, kommunal etat... 55
Figur 28 Hvor mange timer man vanligvis jobber overtid, når man jobber overtid, IT-bedrift ..... 55
Figur 29 Hver ansatt sin vurdering av inneklimaet, kommunal etat ..... 56
Figur 30 Hver annsatt sin vurdering av inneklimaet, IT-bedrift ..... 56
Figur 31 Hvilen kategori av inneklimaet man ikke er fornøyd med, kommunal etat ..... 57
Figur 32 Hvilken kategori av inneklimaet man ikke er fornøyd med, IT-bedrift ..... 57
Figur 33 Prosentvis oversik over hvor mange som har følt seg uvel grunnet inneklimaet, kommunal etat ..... 58
Figur 34 Prosentvis oversikt over hvor mange som har følt seg uvel grunnet inneklimaet, IT-bedrift 58
Figur 63 Veiledende krav fra TEK for forretningsbygg ..... 71
Figur 64 Veiledende krav fra TEK for kontorbygg ..... 75

# Tabelliste

Tabell 1 U-verdier ..... 47
Tabell 2 U-verdi vinduer ..... 48
Tabell 3 Vegg- og vindusareal ..... 49
Tabell 4 Areal kjellervegg og tak ..... 50
Tabell 5 Gulvareal og luftmengder ..... 62
Tabell 6 Energibudsjett kjelleretasje ..... 68
Tabell 7 Energibudsjett kjelleretasje etter redusering av driftstid ..... 69
Tabell 8 Energibudsjett dagligvarebutikk ..... 70
Tabell 9 Energibudsjett IT-bedrift ..... 72
Tabell 10 Energibudsjett IT-bedrift etter redusering av driftstid ..... 72
Tabell 11 Energibudsjett kommunal etat med feil i SD-Anlegg ..... 74
Tabell 12 Energibudsjett kommunal etat uten feil i SD-anlegg ..... 74
Tabell 13 Levert energi til bygningen før tiltak ..... 75
Tabell 14 Levert energi til bygningen etter tiltak ..... 76

# Innledning

Med samfunnets store fokus på klimautfordringene er energibruk i bygninger et nøkkelområdet for å få ned energibruken i samfunnet.

Energibruken i norske næringsbygg har de seneste årene fortsatt og øke selv om forskriftskravene har blitt strenger. I denne oppgaven er det fokusert på en enkel bygning for å finne ut hvilke faktorer som påvirker energibruken i størst grad og hvilke virkemiddel som kan iverksettes for å få redusert energibruken.

Takket været bygningens SD-anlegg var det mulig å finne nøyaktige data for byggets driftstider, noe som har vært en viktig faktor for å kunne avdekke årsakene til den høye energibruken.

I tillegg til å avdekke årsaker til energibruken inneholder masteroppgaven foreslåtte løsninger for å redusere energibruken.

## Om bygget

Bygget er renovert etter 97-forskriftene, og ferdigstilt i 2003. Bygget er eid av E.C.Dahls Eiendom og har tre leietagere. De tre leietagerne er fordelt over byggets 6 etasjer. I første etasje er det en dagligvareforretning. I andre og tredje etasje er det et stort IT-selskap. Mens de tre resterende tre etasjene er utleid til en kommunal etat.

Bygget er tegnet av Voll Arkitekter AS og prosjektert i samarbeid med YIT og Scandi Consult, hvor YIT har levert de tekniske installasjonene mens Scandi Consult har prosjektert VVS-installasjonene.

Bygget har installert et SD-anlegg som er levert av Johnson Controls, og er med i et energioppfølgingsprogram i regi av Entro Energi AS.

Bygget har et oppvarmet areal på 3950 m$^2$, som er det samme som byggets bruttoareal. Bygget er tilknyttet det lokale fjernvarmenettet. Fjernvarmen benyttes til romoppvarming, forvarming av ventilasjonsluft, oppvarming av varmt tappevann og undervarme i fortau. Bygget har tre ventilasjonsanlegg, en for hver leietager, i tillegg til to separate avtrekk for henholdsvis avfallsrom og heissjakt. Alle ventilasjonsanleggene er utstyrt med en roterende varmegjenvinner, med 75 % virkningsgrad. Viftemotorene er frekvensstyrte, som gjør at anlegget kan kjøreres med et konstant trykk, og hver etasje er utstyrt med egne spjeld for hver sone, som er en fordel med tanke på variasjoner i solinnstråling og plassering av utstyr i lokalet. Bygget har installert sentral kjøling av ventilasjonsluft via av et lokalt isvannsanlegg. I tillegg har annen og sjette etasje installert kjølebaffler på møterommene.

## SD-Anlegg

Å installere et SD-anlegg i et nytt bygg vil medføre ekstra investeringskostnader for byggherren, men det vil gi flere driftsmessige og økonomiske fordeler på sikt som kommer brukere og byggeier til gode. De viktigste fordelene er (17):

- **Økt fleksibilitet**: Drift og vedlikehold kan administreres, og i større grad utføres uavhengig av tilstedeværelse. Man vil også ha flere muligheter til å gjøre endringer etter varierende krav både fra brukere og myndigheter over byggets levetid.
- **Energieffektivisering:** Systemene blir styrt på en slik måte at byggets energibehov reduseres.
- **Helse, miljø og sikkerhet:** Bygningsautomatikk kan fungere som et hjelpemiddel for å imøtekomme krav til intern-kontroll og forbedre kvalitetssikringssystemer.
- **Brukervennlighet:** Brukergrensesnittet for systemene er normalt en vanlig PC med presentasjonsprogramvare som er tilpasset allment kjente operativsystemer.
- **Fjernstyring:** Bygningsautomatiseringssystemer med sentral driftskontroll gir bruker/driftsansvarlig mulighet til å overvåke og følge opp geografisk spredte soner fra en felles driftssentral.

I bygget er det et automatiseringsanlegg, som sørger kontrollering på perifert nivå av målere, termostater, spjeld etc., og et SD-anlegg som styrer og overvåker automatiseringsanlegget. Både automatiseringsanlegget, Johnson Controls DX9100, og SD-anlegget, Johnson Controls DX9100, er levert og utviklet av Johnson Controls.

Automatiseringsanlegget er tilknyttet de tekniske installasjonene i bygget og dens funksjon er å besørge styring, regulering og overvåkning av de tekniske installasjonene på en driftsikker og optimal måte.

Kort oppsummert skal automatiseringsanlegget bidra til å:

- Rapportere feil og unormale driftstilstander ved det tekniske anlegget
- Holde byggets energibruk på et ønskelig nivå
- Bidra til et behagelig inneklima

## Systemoppbygning

Anlegget kan hovedsakelig deles inn i fem kategorier: Periferingsutstyr, undersentraler, busskabel, hovedsentral og elektriske fordelingstavler.

### *Periferingsutstyr*

Det perifere nivået er det laveste nivået i hierarkiet og består av følere, givere, pådragsorganer og vakter. Følere er typisk temperatur-, trykk-, og fuktighetsfølere. Pådragsorganer er ventiler og spjeldmotorer, mens vakter passer på temperatur, trykk og fuktighet.

Periferingsutstyret er plassert rundt om i bygget og inngår som en del av tekniske anlegget sammen med ventilasjons-, kulde-, sanitær- og diverse elektriske anlegg.

### *Undersentraler*

Undersentraler er dataprosessorer som besørger all styring, regulering og signalgiving, og er tilkoblet periferingsutsyret. Ved hver undersentral er det et eget display og tastatur, og har full styrings- og registreringsmulighet lokalt. Dette bidrar til at undersentralene er autonome, og således ikke er avhengig av en tilkobling til det overordnede systemet for å kunne fungere.

### *Busskabel*

Busskabelen sin oppgave er å sørge for datakommunikasjon mellom undersentralene i de forskjellige tavlene.

### *Hovedsentral*

Hovedsentralen er senter for sentral driftskontroll og består av en eller flere standard PC/datamaskiner. Hovedsentralen er tilkoblet direkte, eller via nettverkskontrollere (METASYS), til databussen, og bestyrer all overvåkning, rapportering og overstyring av funksjoner som forekommer i undersentralene.

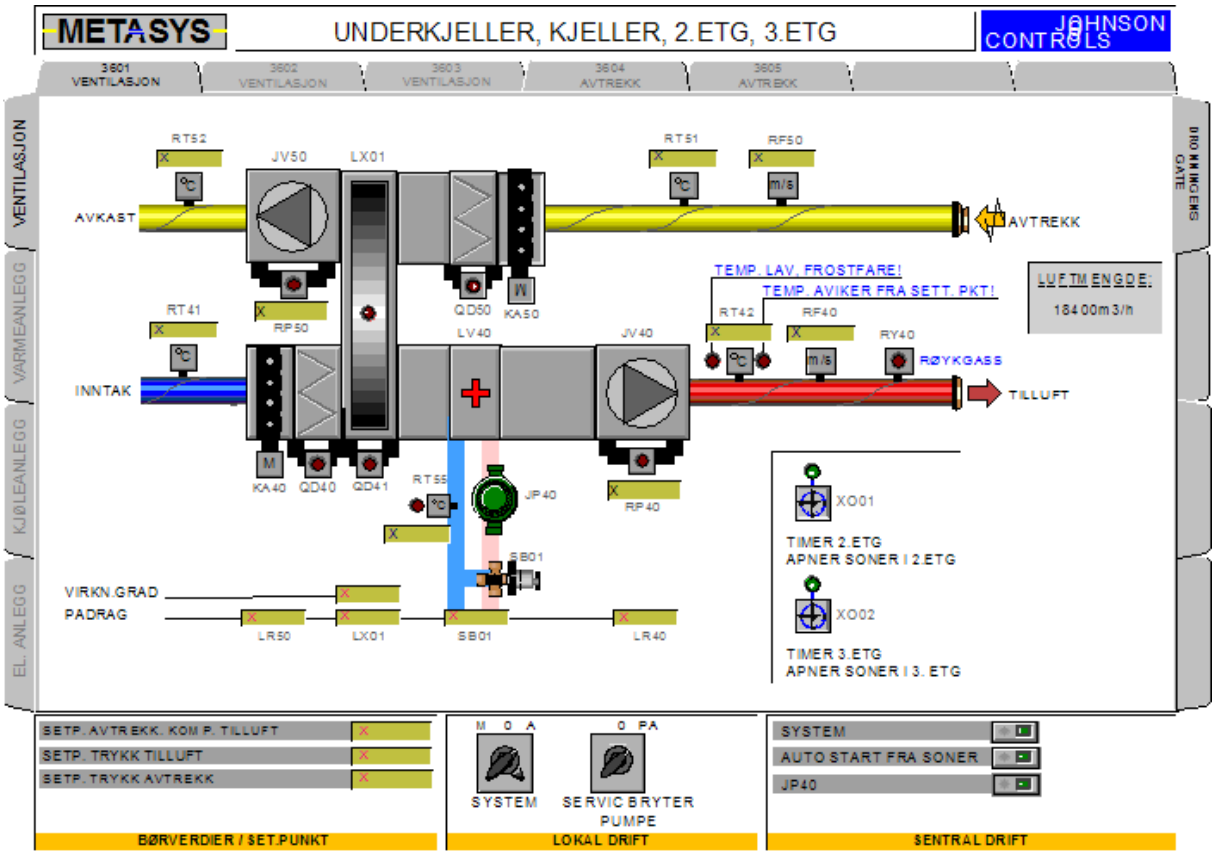
Nettverkskontrolleren dirigerer og registrer all datatrafikk mellom undersentralene. Her registreres alarmer, statusendringer og mengder, som blir dirigert videre til den datamaskinen som skal presentere dette. Nettverkskontrolleren kan enten være plassert i automatikktavlene eller i egen kapsling montert på vegg.

### *Elektriske fordelingstavler*

De elektriske fordelingstavlene inneholder undersentraler og inn- og utgangsmoduler for periferingsutstyr. I tillegg inneholder tavlene alt sikrings- og kontaktutstyr for styring og regulering av tilkoblede motorer og annet elektrisk utstyr (13).

## Drifts- og systeminformasjon

### *Ventilasjonsanlegg*




Figur 1 Ventilasjonsaggregat underkjeller, kjeller, 2.etg og 3.etg

Bildet over viser en systembeskrivelse av ventilasjonsaggregatet til IT-bedrift og kjeller. Av tekniske årsaker vil man ikke kunne lese av verdiene i dette diagrammet, og alle målte verdier vil derfor være merket med ”x”.

Ventilasjonsaggragatet startes ved at spjeldmotorene KA40 (inntaksspjeld) og KA50 (uttaksspjeld), åpnes etter startsignal på tilluftsvifte og avtrekksvifte.

Tilluftsviften JV40, som er montert etter den  roterende varmegjenvinneren LX01 og varmebatteriet LV40, er frekvensregulert av frekvensomformeren LR40 fra trykkgiver RP40. Den målte verdien til LR40 viser en prosentsats av frekvensen, som ikke må forveksles med en prosentsat av maks effekt.

Avtrekksviften JV50, som er montert etter roterende varmegjennvinner og filter QD50, er forriglet over tilluftsviften JV40 i henhold til styring. Avtrekksviften frekvensreguleres av frekvensomformer LR50 fra trykkgiver RP50.

Ventilasjonsaggragatet kan enten styres manuelt via tavlerom eller automatisk via SD-anlegg.

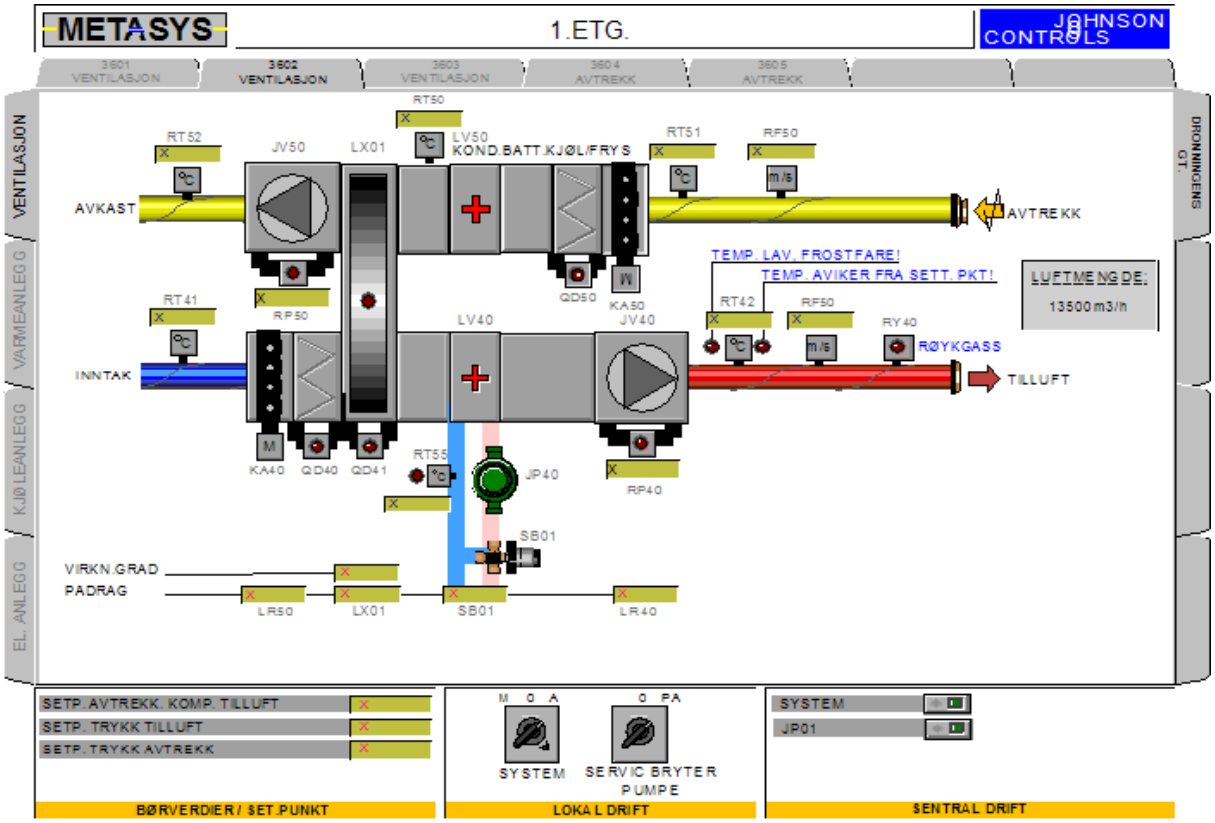
Varmeveksler LX01 styres av den avtrekkskompenserte reguleringen av tilluftstemperaturen i sekvens med  shuntventil SB01, og den roterende varmegjenvinneren vil justere turtallet etter hvilket pådrag som ønskes på tilluftstemperaturen. SB01 er shuntventilen til varmebatteriet LV40, og vil være lukket så lenge varmegjenvinneren gir tilstrekkelig pådrag til tilluften. I det tilfellet når utetemperaturen er for lav til at pådraget fra gjenvinneren er tildtrekkelig til å varme opp tilluften, vil shuntventilen automatisk åpnes i 50 % stilling og sirkulasjonspumpen JP40 vil starte. Pådraget til varmebatteriet vil da bli regulert av at shuntventilen justerer åpningen.

Blir tilluften for varm vil de bli kjølt av en isvannskrets lokalt i hver sone. I tillegg har anlegget en frikjløingsfunksjon, det vil si at den vil benytte uteluft til å kjøle med, dersom utetemperaturen er lavere enn isvannstemperaturen. Dette vil kunne gi store energibesparelser vinterstid, siden man ikke trenger å benytte energikrevende kompressordrift.

Filteret skiftes ut en gang hvert år. Til overvåkning har man to trykkmålere QD40 og QD50 som registrer trykkfallet over filteret, overstiger den en gitt verdi vil den sende en alarm inn til SD-anlegget om at filteret må kontrolleres.

Den oppgitte luftmengden på 18400 m3/h er dimmensjonert luftmengde for aggregatet og ikke reell luftmengde.

Ventilasjonsaggregatet for 4, 5 og 6 etasje har samme driftsinnstruks som det overnevnte anlegget og vil ikke bli videre beskrevet.




Figur 2 Ventilasjonsaggregat 1. etg

Ventilasjonsaggregatet for 1 etasje har samme driftsinnstruks som overnevte anlegg, men har i tillegg et kondensatorbatterri, LV50, fra kjøle- og fryserom som varmeveksles med avtrekksluften. Dette vil øke pådraget på tilluften fra varmegjenvinneren, og således redusere energibruken til varmebatteriet.

I tillegg til de tre nevte aggregatene har søppelrom og heisrom seperate avtrekk. Søppelrommet har en konstant drift av avtrekkesviften fra mandag til fredag fra klokken 08:00 til 16:00. Avtrekksviften til heisrommet starter automatisk hvis temperaturen i heisrommet overstiger 20 grader.

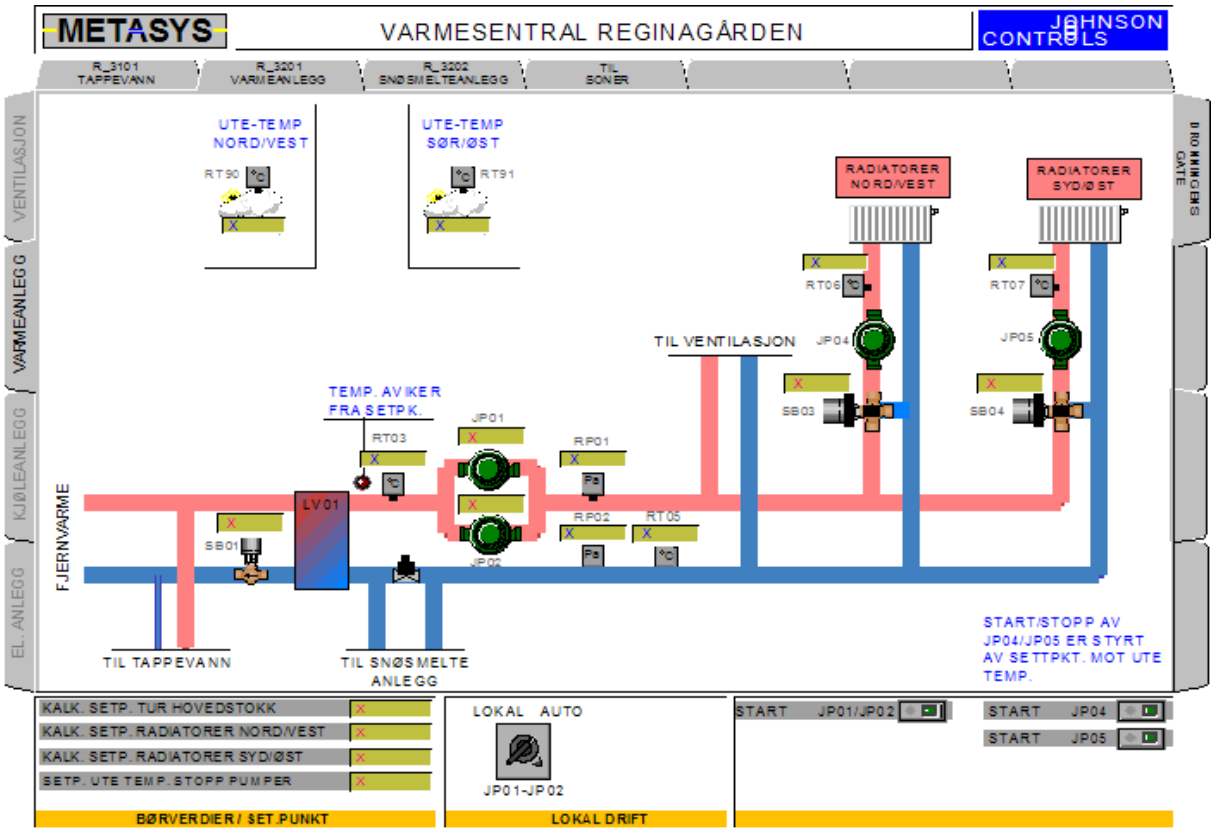
### *Settpunktverdier*

Avtrekkskompensert tilluft IT-bedrift: 19 °C

Avtrekkskompensert tilluft dagligvarebutikk: 20,5 °C

Avtrekkskompensert tilluft kommunal etat: 20,8 °C

### *Varmesentral*




Figur 3 Systembeskrivelse varmesentral

Etter varmevekslingen med fjernvarmenettet går det oppvarmede vannet fra hovedstokken over til fire forgreninger. De fire forgreningen er fordelt slik at varmevekslingen skal skje med lavest mulig ΔT, for en best mulig systemvirkningsgrad. Den første forgreningen er til oppvarming av varmt tappevann, dette fordi denne enheten krever en høy temperatur for å forebygge fremvekst av legionella*. Den andre forgreningen er til forvarming av ventilasjonsluften, dette er kun nødvendig på kalde dager hvor gjenvinneren ikke gir tilstrekkelig pådrag. Den tredje forgreningen er til romoppvarming, og som igjen er delt opp i to forgreninger. Den første forgreningen går til nord- og vestfasaden, dette fordi denne delen av bygget har minst solbelastning på dagtid, og samtidig et

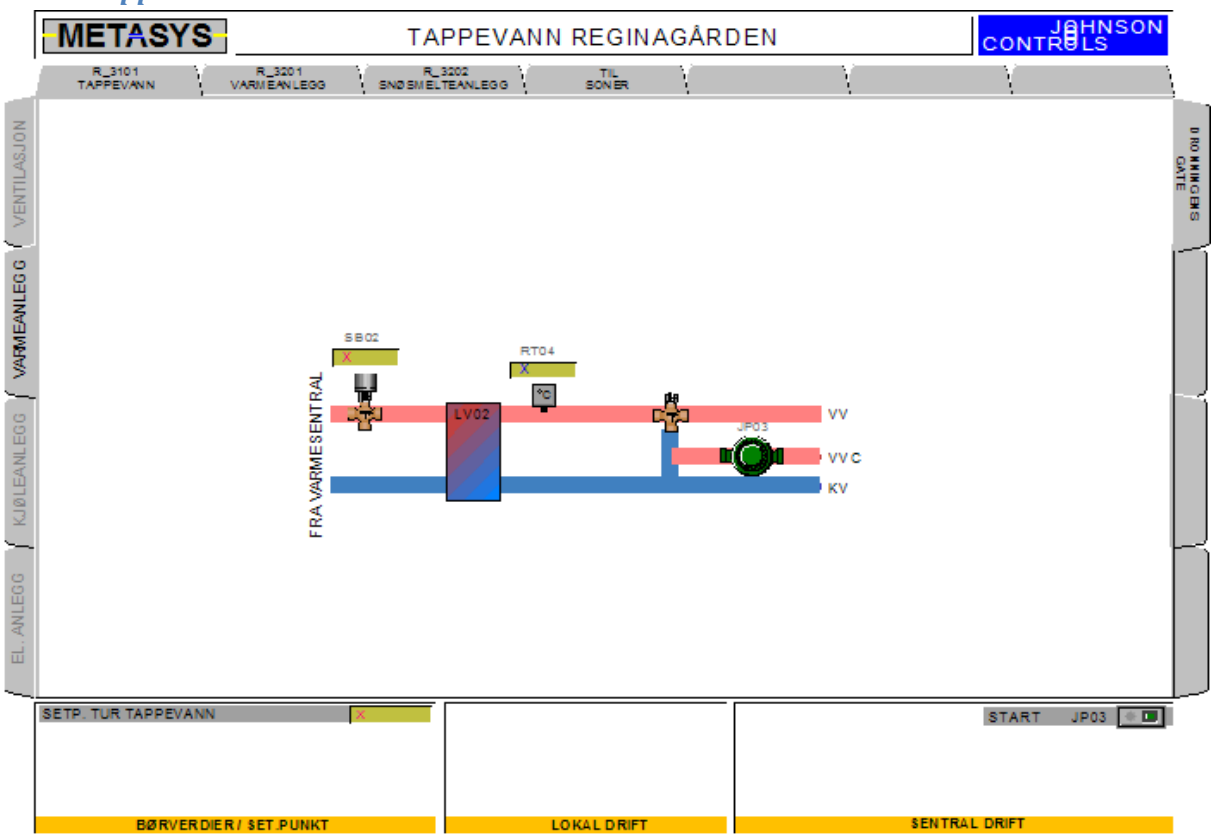
større glassareal enn syd- og østfasaden. Kombinasjonen høyere U-verdi og mindre solbelasting gir følgelig et større effektbehov for nord- og vestfasaden enn syd- og vestfasaden. Overskuddsvarmen fra ventilasjonsanlegg og radiatorer går videre til den fjerde forgreningen som er fortauvsvarme, for så gå ut i en ny syklus.

Turtemperaturen i radiatorkurks tur hovedstokk (RT03), tur nord/vest (RT06) og tur syd/øst (RT07), er utekompensert, kompenseringskurven styres via uteføler som måler temperaturen på nordfasaden (RT90), og sørfasaden (RT91). Temperaturen i radaitorkursene styres etter fire nivåer etter grenseverdier fra utetemperaturen.

Pumpene JP04 og JP05 stoppes når temperaturen på nordfasaden (RT90) overstiger 28 grader. Etter at pumpene er stanset blir de mosjonert en gang i døgnet.

Settpunktverdier:
Tur hovedstokk = 67,7 °C
Radiatorer nord/vest = 55,7 °C
Radiatorer syd/øst = 49,3 °C

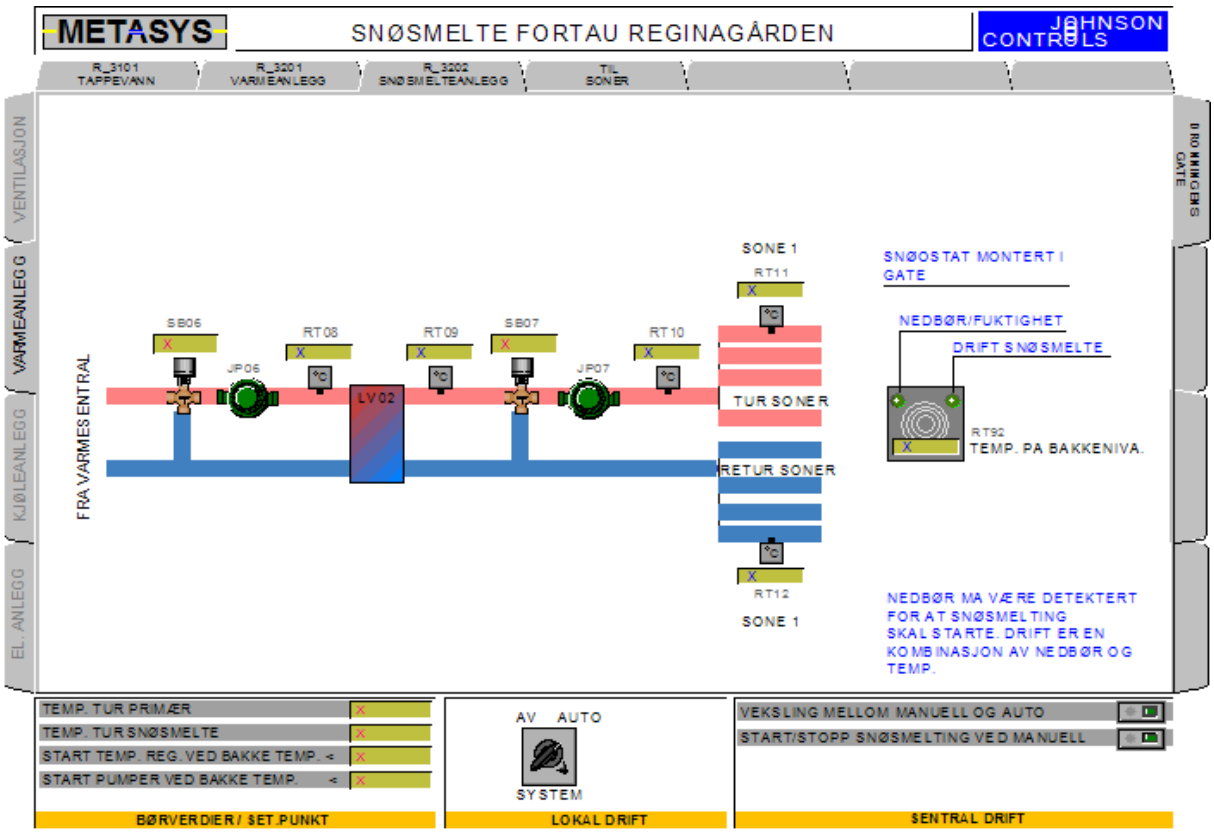
### *Varmt tappevann*




Figur 4 Systembeskrivelse tappevannsveksler

Vann til oppvarming av varmt tappevann har en seperat forgrening på varmesentralkretsen, siden man i motsetning til de andre enhetene har et varmebehov over hele året. Temperaturen styres etter en gitt settpunktstemperatur på 75 °C grader og reguleres konstant av åpningen på ventilen SB02. I følge folkehelseinstituttet bør varmtvannstemperaturen være på minimum 65 °C (26) fra berder/varmtvannsbeholder, og i så henseende er settpunktstemperaturen innenfor kravene.

## *Fortuasvarme*




Figur 5 Systembeskrivelse snøsmelteanlegg

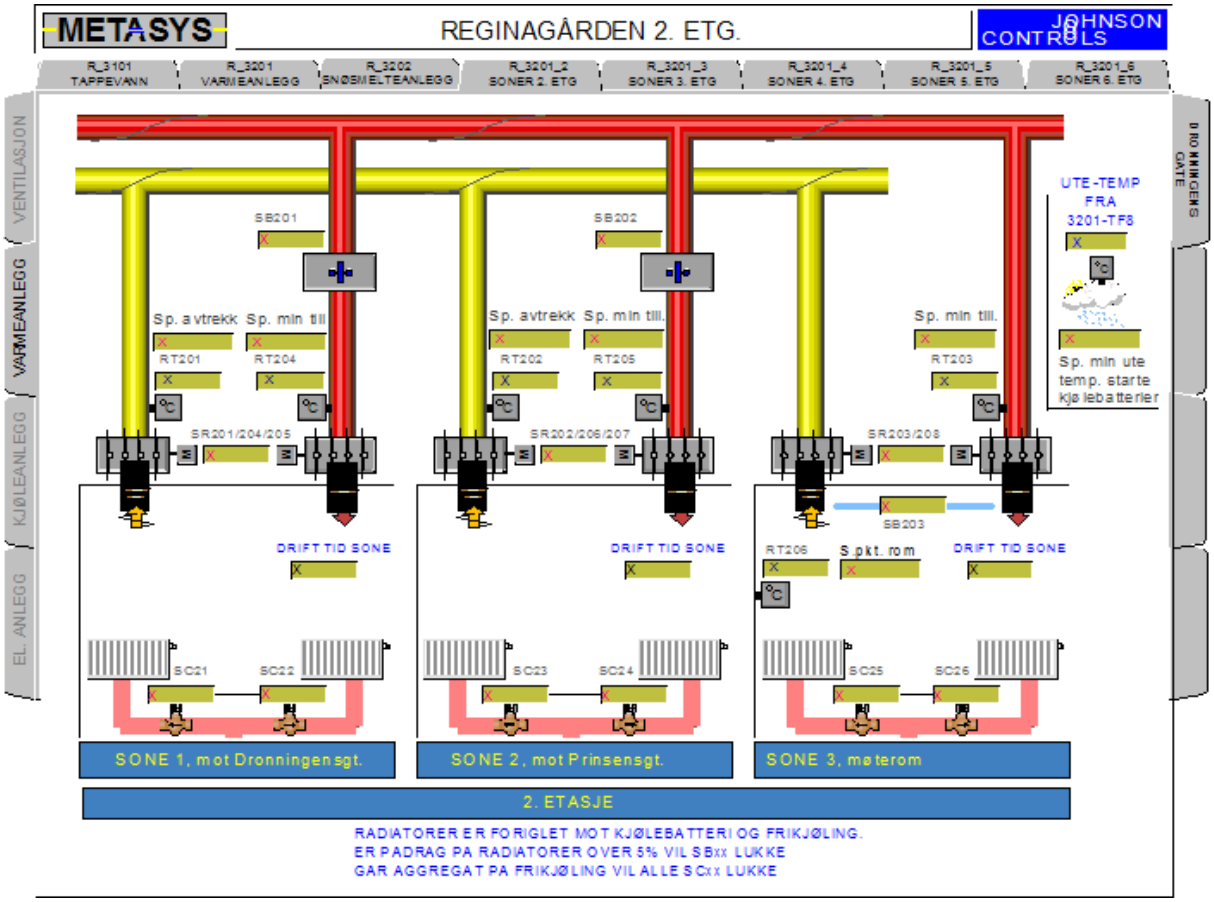
Fortausvarmen sin oppgave for å varme opp fortauet, for å fjerne is og snø i vinterhalvåret. Snøsmelteanlegget reguleres i to nivåer, et hvor pumpene starter og et hvor temperaturreguleringen starter. Pumpene, JP06 og JP07, starter når temperaturføleren på bakkenivå, RT92, går under 4 grader, mens temperaturreguleringen starter når temperaturen er under 2 grader.

Hvis det oppstår en motorfeil i anlegget, eller hvis strømtrekket fra pumpene er uforholdsmessig høyt vil motoren som driver pumpene stoppe automatisk.

Settpunktverdier:

Temperatur tur primær = 50 °C
Temperatur tur snøsmelteanleg = 30 °C

## *HVAC-anlegg*




Figur 6 Soneinndeling av HVAC-anlegg for 2. etg

Hver av etasjene i kontordelen i bygget har egne driftsinnstrukser for ventilasjon, og er delt opp i tre soner, sone 1, sone 2 og sone 3. Sone 1 og sone 2 sone har egne driftsbetingelser for temperatur på tilluft, mens sone 3, møterom, har avtrekkskompenserte kjølebaffler i taket. Utenfor normal driftstid kan man enkelt slå på anlegget ved hjelp av timere innstallert i hver etasje. Når det skjer vil samtlige spjeld i etasjen åpnes og anlegget vil restarte, men kun for den ene etasjen. Dette er per i dag ikke aktuelt i 2 og 3 etasje, siden de kjører døgnkontinuerlig drift av ventilasjonsanleggt.

Ved normal driftstid vil spjeldene for avtrekk og tilluft, SR201->SR208, åpnes og lukkes ved start og stopp av ventilasjonsaggregatet til 2 og 3 etasje.

Tilluftstemperaturen (RT204, RT205, RT203) er avtrekkskompensert og starter kjøling når avtrekkstemperaturen (RT201, RT202, RT206) overstiger 23 grader. Kjølingen styres ved hjelp ventilene SB201, SB202 og SB203 hvor ventilåpningen reguleres automatisk av SD-anlegget. Kjølebatteriet vil automatisk starte når utetemperaturen (3201-TF8) overstiger 15 grader.

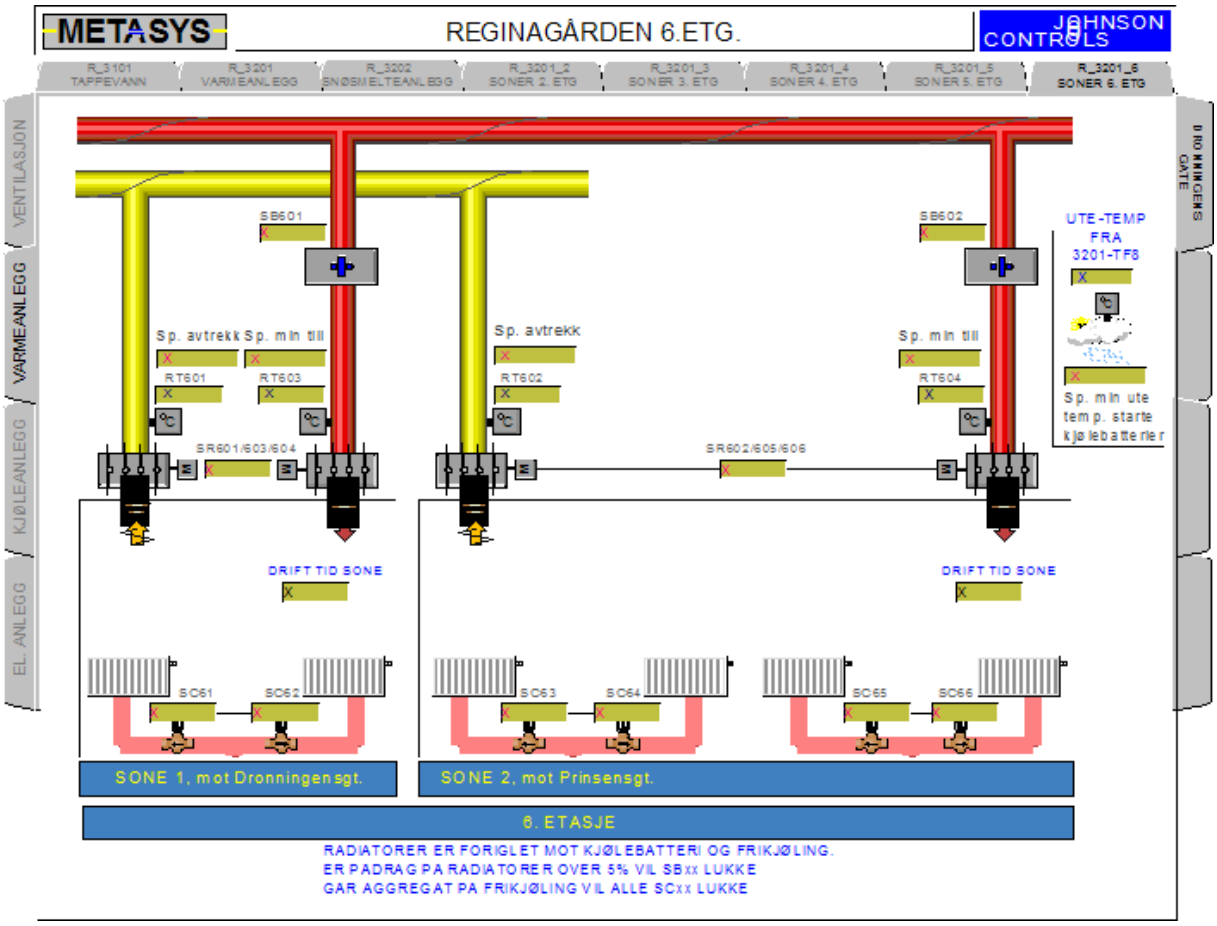
Radiatorkursene SC21-SC26 er som ventilasjonene inndelt i tre soner i hver etasje. I tillegg fordeler hver radiatorsone seg i to forgreninger som vist på systembeskrivelsen. Dette for å gi større fleksibilitet i oppvarmingen av hver etsaje.

For å hindre at varmeanlegget og kjøleanlegget krysskjører er radiatorene forriglet mot kjølebatteri og frikjøling. Eksempelvis hvis pådraget fra kjølebatteriet SB201 overstiger 5 % vil ventil til radiatorer,

SC21/SC22, lukkes automatisk. Hvis aggregatet går på frikjøling vil samtlige radiatorventiler SC21-SC26 lukkes. Varme- og kjølesekvensen kan oppsumeres slik:

Varmesekvens: SB201 100-0 % -> SC21/SC22 – PÅ
Kjølesekvens: SC21/SC22 – AV -> SB201 0-100 %

Styring og regulering av ventilasjonen utføres på samme måte i alle etasjene, men driftbetingelsene varierer både i form av settpunktverdier og driftstider. I 3 etasje er det noe forskjellig settpunktverdier, mens i 4, 5 og 6 etasje er det både forskjellige driftstider og settpunktverdier.



Figur 7 Soneinndeling av HVAC-anlegg for 6. etg

6 etasje er noe annerledes enn de øvrige etasjene siden det er kun to soner, som skyldes at denne etasjen er en del mindre enn de øvrige etasjene. Styringen og reguleringen er likevel lik som de øvrige etasjene.

## *Settpunktverdier HVAC-anlegg*

**2. etasje:**

Settpunkt avtrekk = 23 °C
Settpunkt tilluft = 19 °C

Overstiger avtrekksluften 23 °C vil kjølebatteriet slå seg på og kjøle tilluften slik at avtrekksluften blir kaldere. Tilluften kan ikke kjøles ned til å bli kaldere enn 19 °C, i så tilfelle vil kjølebatteriet slå seg av og varmegjenvinneren vil tilføre varme sentralt i aggregatet og varme opp tilluften igjen.

For møterommet gjelder de samme betingelsen men her blir romtemperaturen styrt av kjølebaffler i taket, som nevnt ovenfor.

**3. etasje:**

Settpunkt avtrekk = 24 °C
Settpunkt tilluft = 18 °C

Settpunkt avtrekk møterom = 24,8 °C
Settpunkt tilluft møterom = 18 °C

Samme styringsmetoden som 2 etasje

**4. etasje:**

Har forskjellige driftsbetingelser for alle sonene

Settpunkt avtrekk sone 1 = 24 °C
Settpunkt tilluft sone 1 = 18,5 °C

Settpunkt avtrekk sone 2 = 24 °C
Settpunkt tilluft sone 2 = 19.5 °C

Settpunkt avtrekk møterom = 23,1 °C
Settpunkt tilluft møterom = 18,5 °C

Samme styringsmetoden som 2 etasje

**5. etasje:**

Settpunkt avtrekk sone 1 og 2 = 24 °C
Settpunkt tilluft sone 1 og 2 = 19 °C

Settpunkt avtrekk møterom = 22 °C
Settpunkt tilluft møterom = 19 °C

Samme styringsmetode som 2 etasje

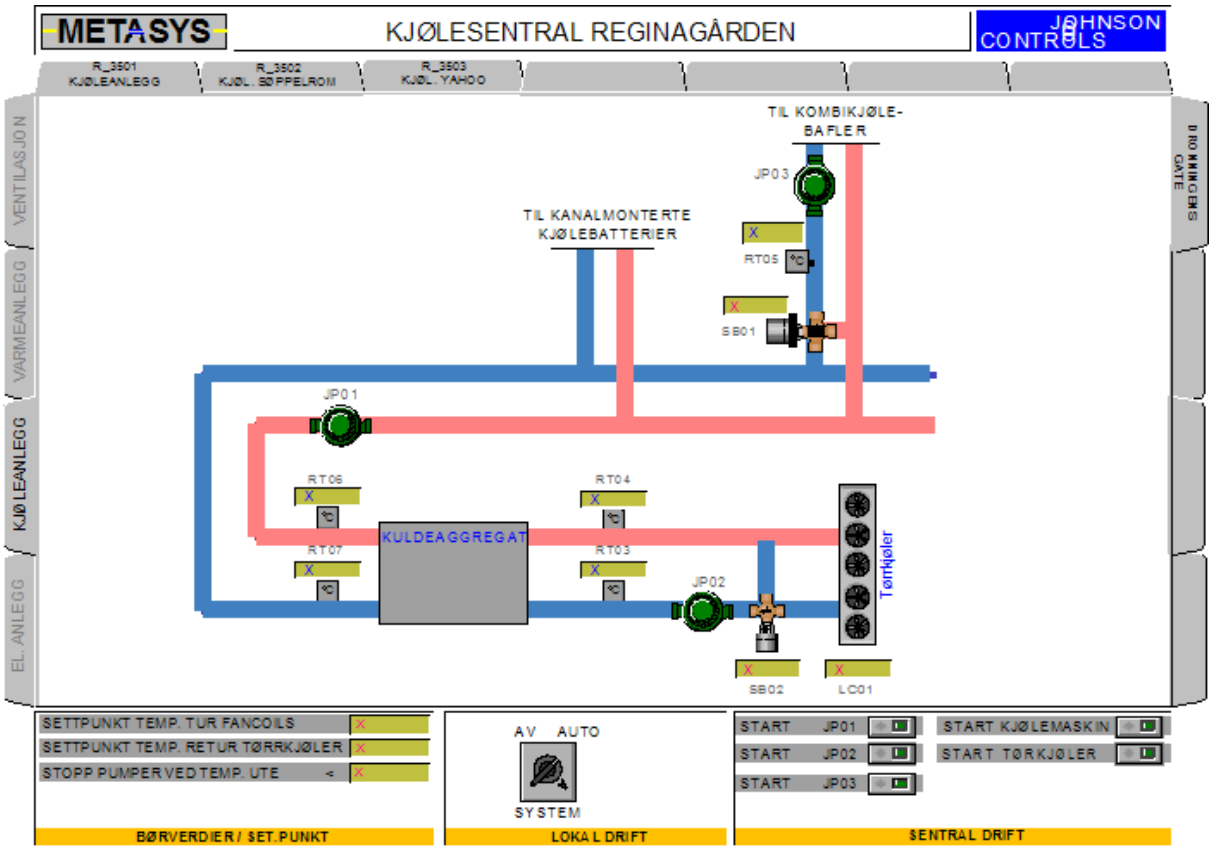
**6. etasje:**

Settpunkt avtrekk sone 1 = 23 °C
Settpunkt tilluft sone 1 = 19 °C

Settpunkt avtrekk sone 1 = 26 °C
Settpunkt tilluft sone 1 = 19 °C

Samme styringsmetode som 2 etasje

## *Kjøleanlegg*



Figur 8 Systembeskrivelse kjølesentral

Kjøleanlegget er tørrkjølere kombinert med en isvannskrets bestående av en vann og glykolblanding som kuldebærer. Fordamperen henter varme fra isvansskretsen og kuldeaggregatet overfører den via kondensatoren til tørrkjølekretsen. Etter at kuldebæreren er blitt varmevekslet med kondensatoren på kuldeaggregatet blir den ført ut til tørrkjøleanlegget som blåser uteluft over kjøleribbene slik at kuldebæreren blir nedkjølt og ført tilbake til kuldeaggragatet. Det nedkjølte isvannet vil bli ført ut til kjølekretsen for å "hente" varme og så føres tilbake til kuldeaggregatet for ny nedkjøling.

Tørrkjølere er ikke like effektive som et kjøletårn, som var veldig utbredt tidligere, men på grunn av fare for legionella har kjøletårn blitt mindre utbredt.

Kjølekretsen fordeler seg i to forgreninger, en til kanalmonterte kjølebatterier, og en til kombikjølebaflene plassert i møterommene. Turtemperaturen til til fancoils, RT05, styres på samme måte som varmeanlegget, det vil si utekompensert regulering av turtemperaturen ved RT05. Kompenseringskurven styres av uteføleren RT90, plassert på nordfasaden, som påvirker åpningen av ventilen til kjølebafflene SB01.

Returtemperaturen, RT03, fra tørrkjøler reguleres til konstant verdi, 28 °C, og styres via åpningen fra shuntventilen som bestemmer pådraget fra tørrkjølerne på kuldebæreren.

Temperaturen på isvannskretsen bør ikke være lavere enn 10 °C, for å hindre kondensasjon på kjølebatteri og sirkulasjonssystem. Konsekvensene av det kan være en mikrobiologisk vekst og fare

for korrosjon (23). I følge historiske data fra SD-anlegget har det ikke forekommet lavere temperaturer enn 10 °C.

Kjølemaskin og pumper stanses når utetemperaturen, RT90, er lavere enn 8 grader. Pumpene vil i så tilfelle bli mosjonert en gang i døgnet (12,13).

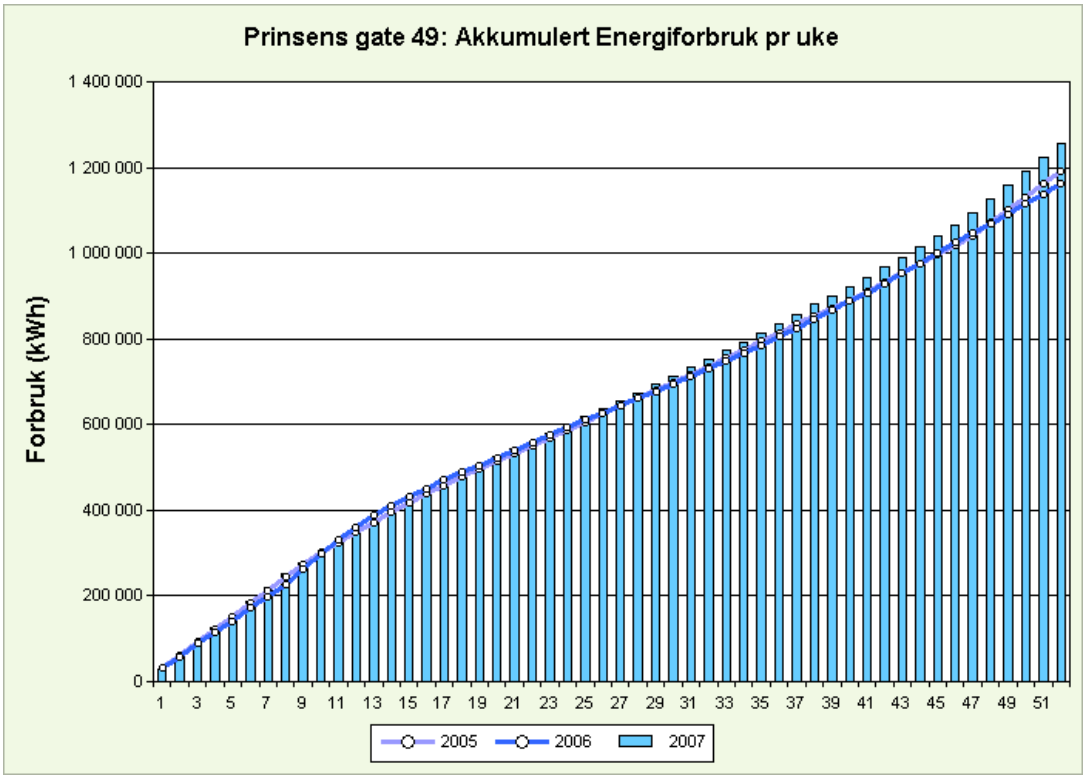
### Tekniske utfordringer ved regulering

Som nevnt tidligere foregår temperaturkontrollen i bygget ved hjelp av avtrekkskompensert tilluftstemperatur. Den blir styrt ved hjelp av en lineær kompenseringskurve mellom øvre og nedre settpunktverdi, og vil fungere slik at hvis avtrekkstemperaturen på anlegget er 23 °C, vil tilluftstemperaturen reguleres til 19 °C. Tilsvarende hvis avtrekkstemperaturen hadde vært 22 °C vil tilluftstemperaturen bli regulert til bli 20 °C. Siden avtrekkstemperaturen er en god indikator på kjølebehovet i bygget, vil denne styringen være fornuftig men hensyn på energibruk. I bygg hvor kjølebehovet varier mye fra rom til rom, vil allikevel ikke dette gi noen optimal løsning i de enkelte rom. Denne utfordringer har man kompensert ved å la hver etasje deles inn i soner med egne settpunktverdier.

For kjølebafflene er det viktig at settpunkttemperaturen for kjøling ikke settes for nært settpunkt for oppvarmingstemperaturen. Da vil man få en dårlig utnyttelse av varmelagringen i bygningskroppen, og både energibruk til oppvarming og kjøling vil øke i forhold til hva det ville gjort med et større dødbånd. Små dødbånd kan ofte føre til at lokal oppvarming og kjøling i perioder kjører mot hverandre, når reguleringen ikke er ideell (23). Et godt regulert anlegg bør ha et dødbånd på 2-4 °C.

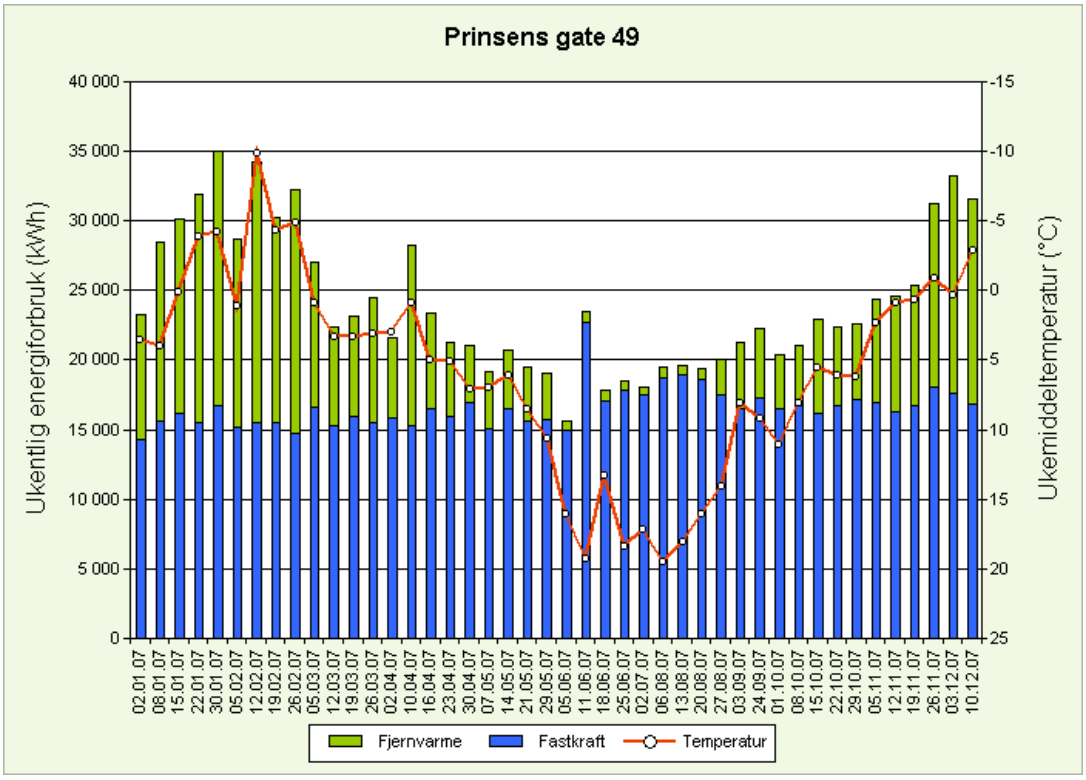
Første steg til en optimal regulering er å sekvensstyre lokal oppvarming og lokal kjøling, slik at ikke varme- og kjøleanlegget kjører mot hverandre. Ideelt sett bør ikke bare lokal kjøling være sekvensstyrt mot lokal oppvarming, men også kjøling av ventilasjonsluft. Dette kan imidlertid være vanskelig å få til praksis fordi sentral kjøling styres etter sentral tilluftstemperatur, mens lokal oppvarming styres av lokal termostat i hvert rom/sone. Problemet kan i de fleste tilfeller løses ved at det brukes fornuftige settpunkt for tilluftstemperaturen og lokal romtemperatur. I dette bygget hvor det er lite dødbånd mellom romtermostat og kjøling, løses det som tidligere nevnt ved at radiatorkursene stanser når ventilen til kjølebatteriet og kjølebafflene har en åpning på 5 %.

## Energibruk i bygget



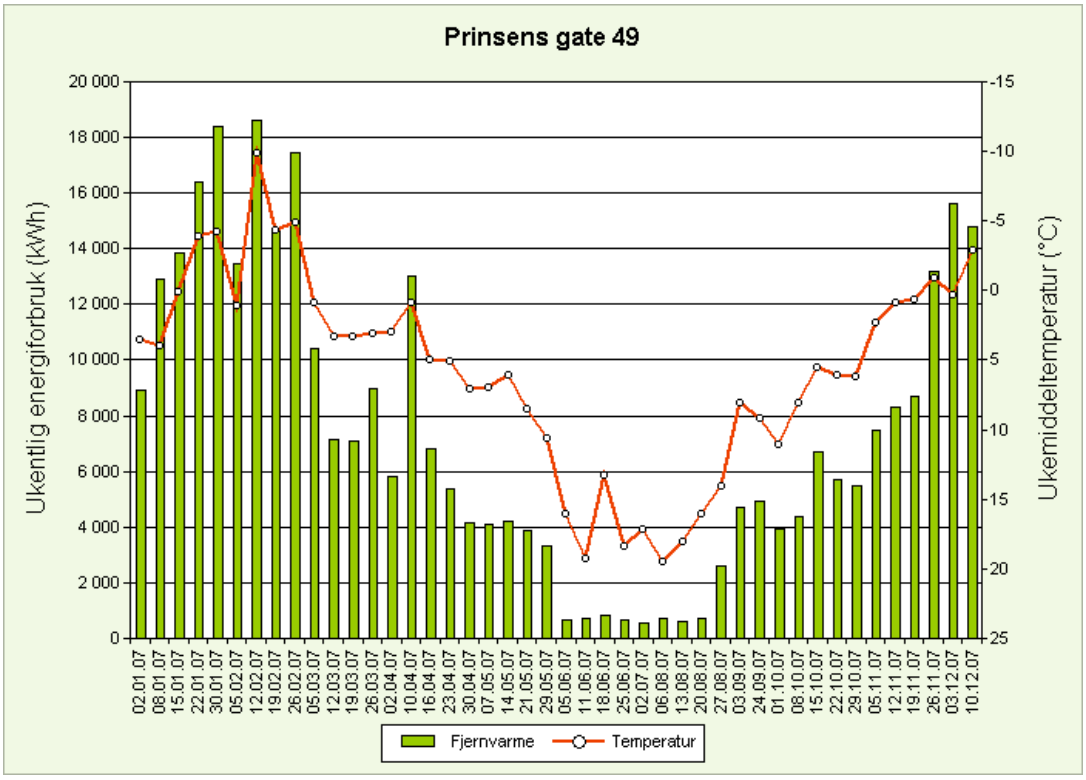

Figur 9 Årlig akkumulert energibruk for bygningen i 2007

Årlig akkumulert energibruk for 2007, ikke temperaturkorrigert, var på 1 255 214 kWh (14). Temperaturkorrigert blir den på 1 302 396 kWh, eller 330 kWh/m2. For et kontorbygg er det relativt høyt om man sammenligner med veiledning til teknisk forskrift (15), eller enøk normtall (10).




**Figur 10 Ukefordelt årlig energibruk fordelt mellom fjernvarme og elektrisitet for 2007**

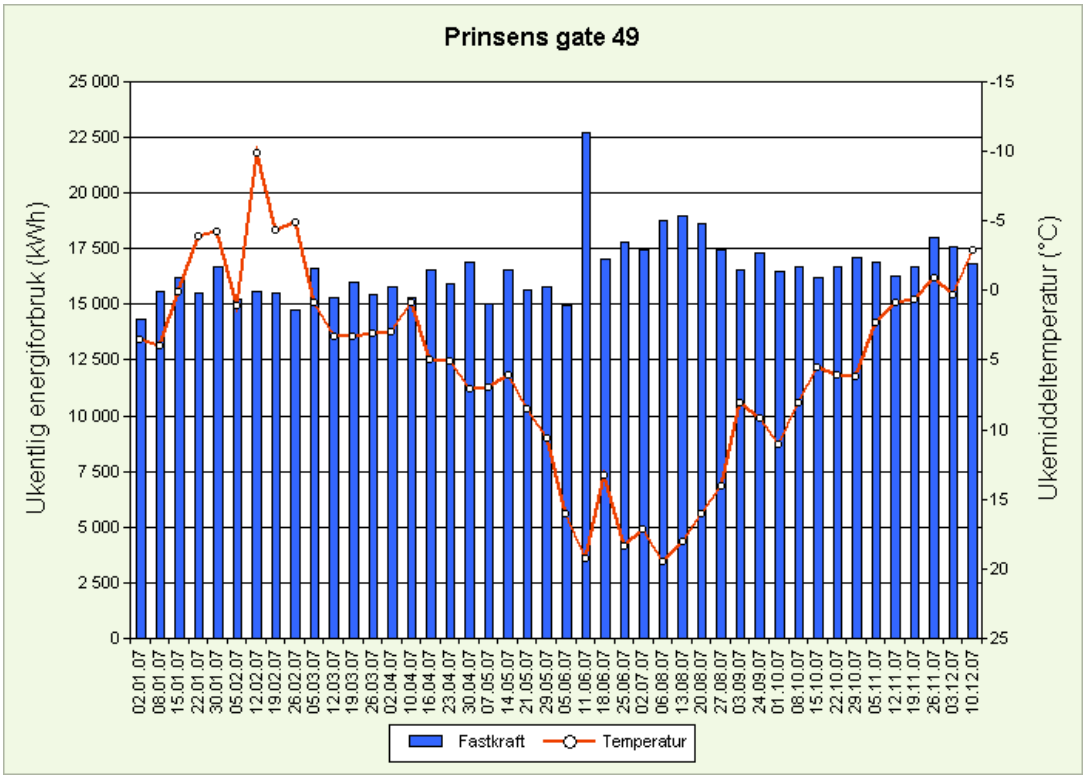
Fordelingen mellom årlig bruk av fjernvarme og elektrisitet viser at elektrisitet er den dominerende energikilden på årlig basis, og at fjernvarmen dekker de største effekttoppene. Dette illustrer nye kontorbygg sitt energibehov er mer rettet mot drift enn mot oppvarming som var mer vanlig før.




**Figur 11 Årlig ukefordelt bruk av fjernvarme for 2007 [kWh]**

Energibruken for fjernvarme er felles for hele bygget, og skal dekke oppvarming av ventilasjonsluft, oppvarming av varm tappevann, undervarme fortau og generell oppvarming (Figur 3 Systembeskrivelse varmesentral). Figuren illustrerer det sesongbetonte behovet for fjernvarme med høye effekttopper vinterstid og en lav energibruk sommerstid. Om vinteren vil behovet være maks både når det gjelder oppvarming av rom og ventilasjonsluft, samt fortausvarme. Behovet reduseres drastisk i mars måned, og det kan skyldes at behovet for fortausvarme og oppvarming av ventilasjonsluft blir redusert. Selve fyringssesongen varer noe lenger, men forsvinner helt når man kommer til juni måned, hvor det kun er behov for oppvarming av varmt tappevann.

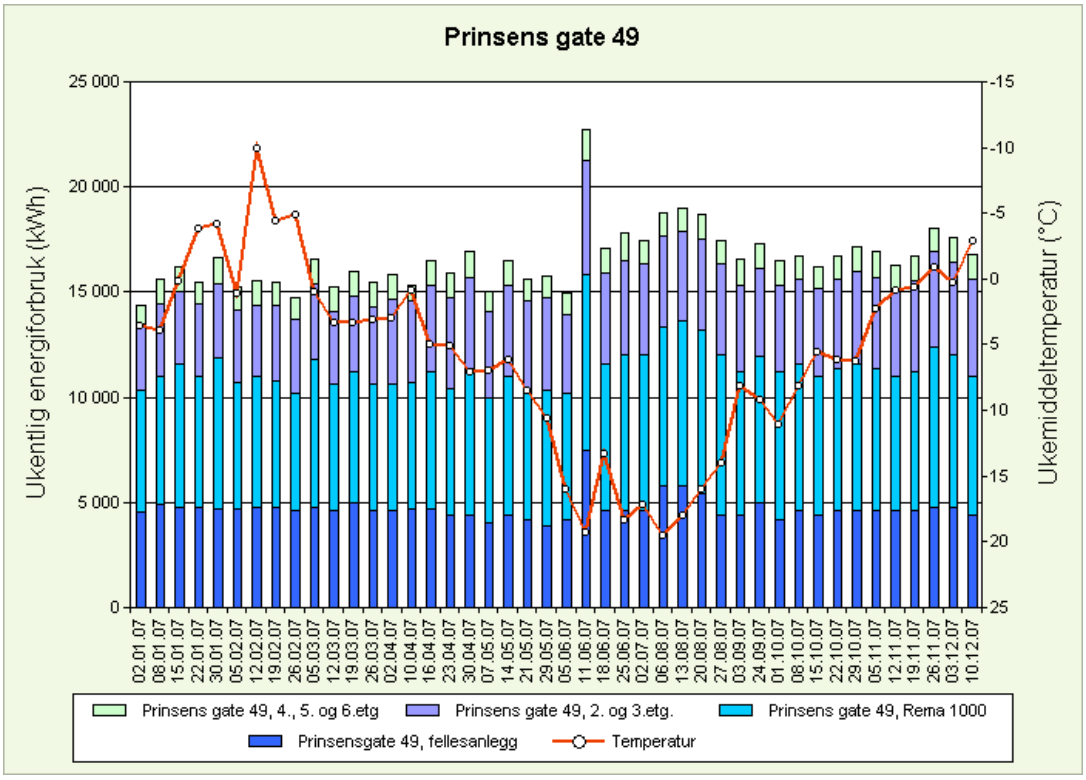
Total levert energi i form av fjernvarme = 384 375 kWh




Figur 12 Årlig ukefordelt bruk av elektrisitet for 2007 [kWh]

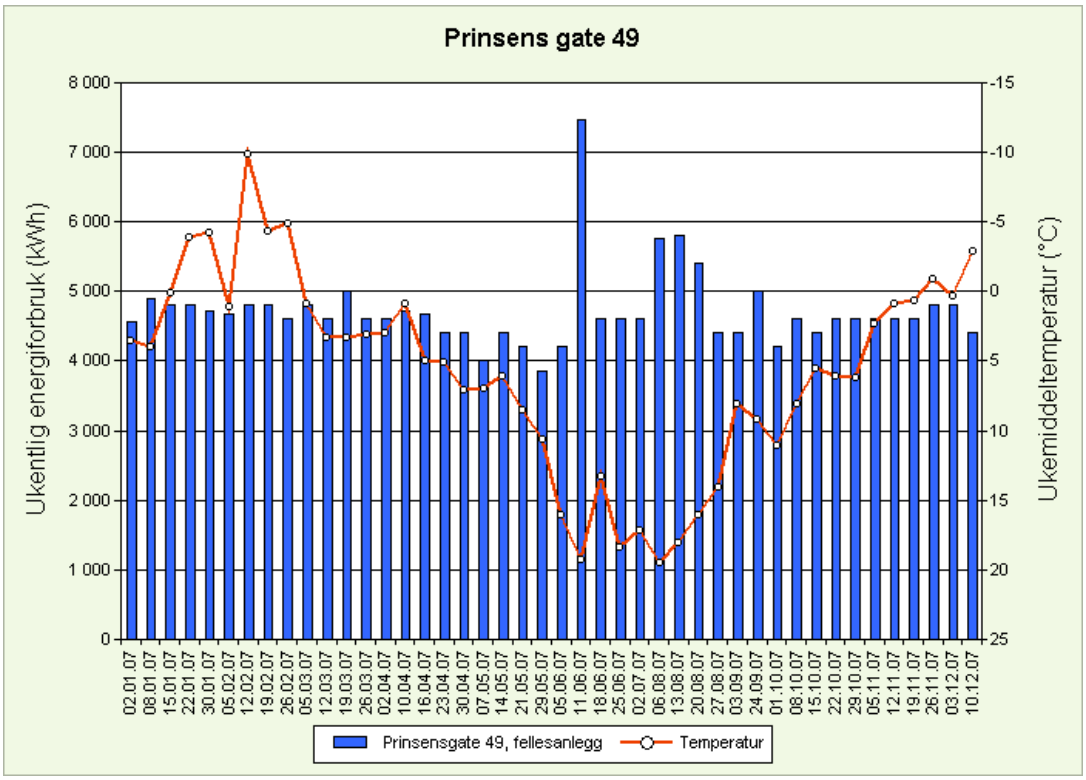
Elektrisitetsbehovet holder seg rimelig stabilt over hele året, med unntak av stor effekttopp midt på sommeren, som sannsynligvis skyldes en eventuell feil på kjøleanlegget. Man kan ellers registrere at energibruken er litt høyere sommerstid, som kan skyldes byggets økte kjølebehov.

Totalt levert energi i form av elektrisitet: 875 350 kWh




Figur 13 Årlig energibruk av elektrisitet fordelt på de fire forskjellige målerne [kWh]

Ser man på fordelingen av den elektriske energibruken ser man at fellesanlegget, måleren til IT-bedriften og dagligvarebutikken bruker klart mer elektrisitet enn den kommunale etaten, noe som skyldes at de andre kretsene har mer tekniske installasjoner knyttet opp på sine målere.



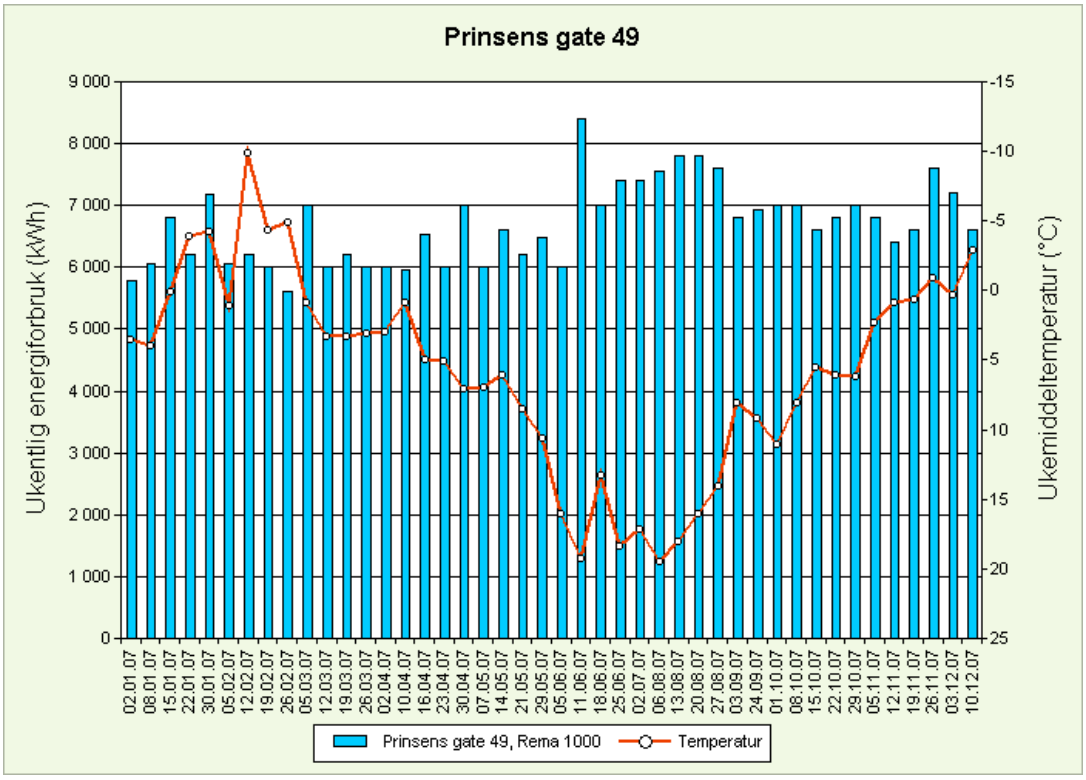

Figur 14 Årlig ukefordelt bruk av elektrisitet for 2007, fellesanlegg [kWh]

Målingene for fellesanlegg kan fordeles over flere kategorier.

- Drift av heisrom
- Belysning av fellesareal, og mindre elektriske installasjoner i fellesarealet
- Drift av isvannsanlegg, pumper, kjøleaggregat etc.
- Abelone restaurant som ligger i kjelleren i nabobygget, og brukes kun av byggeier ved spesielle anledninger. Vil bli neglisjert i energiberegningen.
- Strøm til kjeller
- Drift av samtlige ventilasjonsanlegg

Ser man på selve energibruken, er bruken høyest om sommeren og det skyldes, som nevnt over, mest sannsynlig drift av kjøleanlegget.

Totalt levert elektrisitet fellesanlegg = 249 861

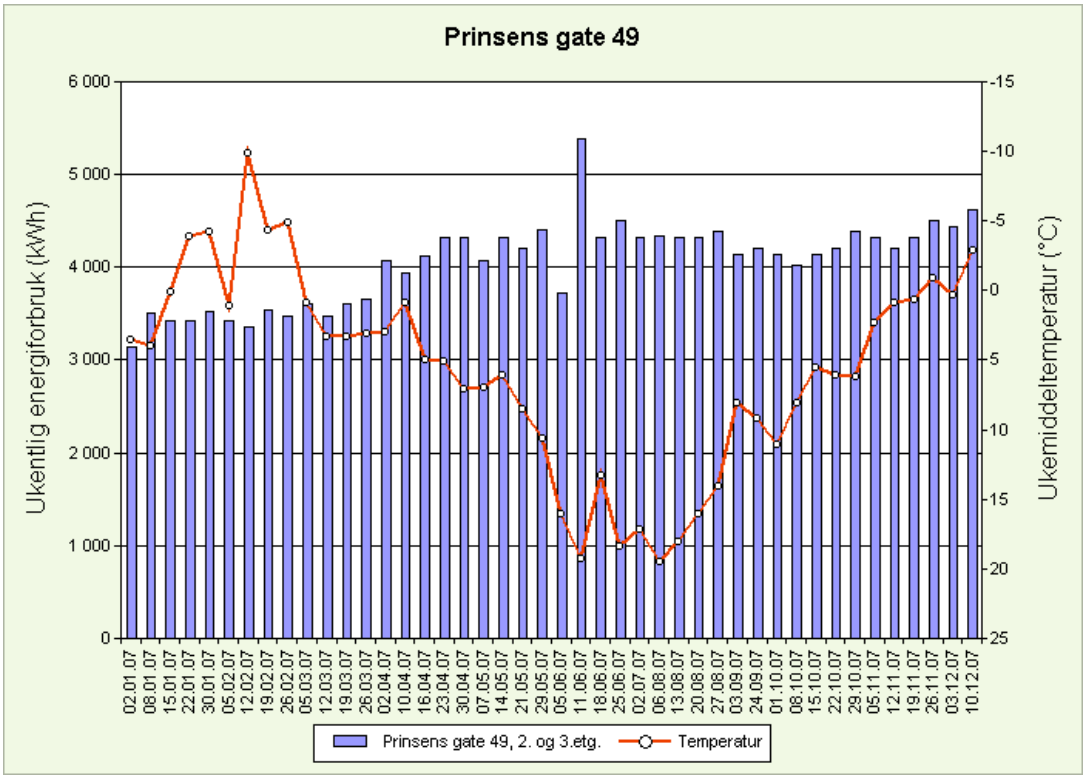



Figur 15 Årlig ukefordelt bruk av elektrisitet for 2007, dagligvarebutikk

Elektrisitetsbruken til dagligvarebutikken dekker belysning og diverse utstyr som kjøle- og frysedisker i butikklokalet.

Ser man på bruken har den en topp om sommeren, som kan forklares med det økte behovet til kjøle- og frysdiskene grunnet høyere romtemperatur.

Totalt levert elektrisitet dagligvarebutikk = 352 493 kWh

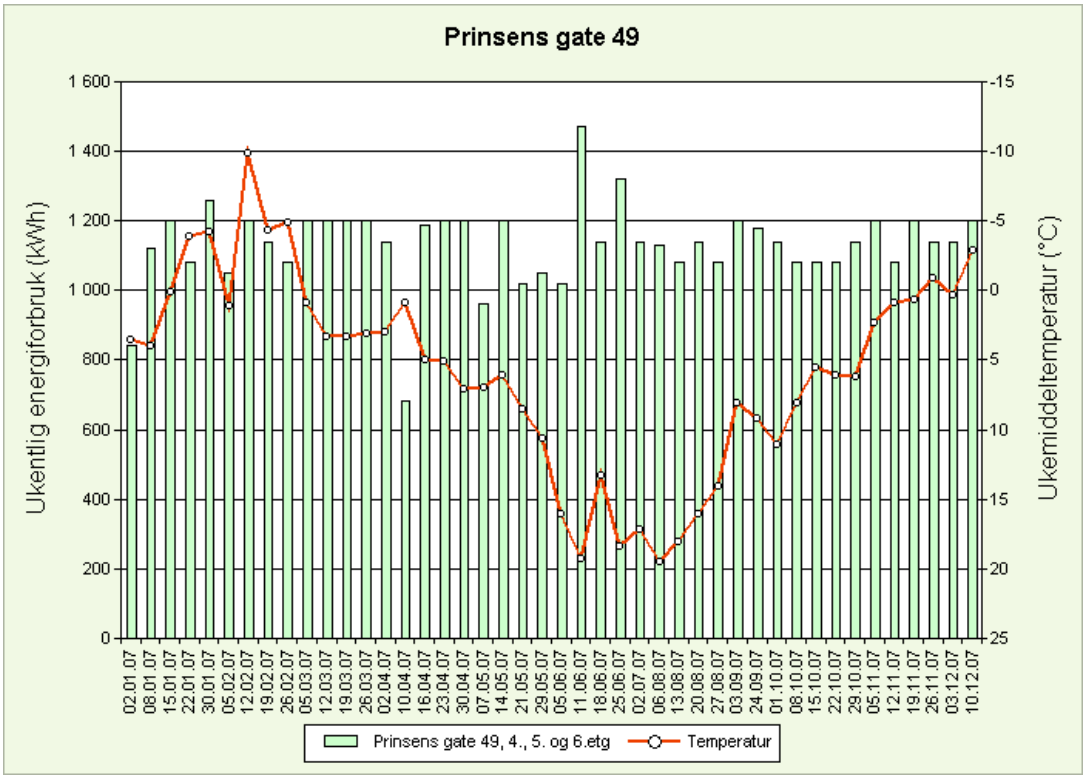



**Figur 16 Årlig ukefordelt bruk av elektrisitet for 2007, IT-bedrift [kWh]**

Måleren for IT-bedriften skal hovedsakelig dekke belysning og diverse utstyr for denne leietageren. I tillegg har de et stort rom i kjelleretasjen hvor de har serveren sin. Dette rommet har et eget kjøleaggregat som ikke er inkludert i SD-anlegget, men som er inkludert i denne måleren. Kjøleaggregatet går døgnkontinuerlig, og den høye energibruken sammenlignet med den kommunale etaten og dagligvarebutikken kan skyldes dette, i tillegg til sin lange driftstid ofte har de ofte lys og datautstyr stående på døgnet rundt. Det har også vært rapportert om at enkeltpersoner har hatt elektriske varmeovner stående på om sommeren fordi kjøleanlegget har gjort det for kaldt i rommet, men det finnes ingen oversikt over hvor omfattende dette problemet er (16).

Energibruken viser ingen tydelig forhøyning om sommeren noe som underbygger den antagelsen om at toppen på de to forrige målingene skyldes et økt kjølebehov. Den vil likevel ha en liten økning grunnet serverrommet kjelleren, men grunnet plasseringen vil det være langt mindre enn hvis det hadde stått i et mer solutsatt område.

Totalt levert elektrisitet IT-bedrift = 214 307 kWh

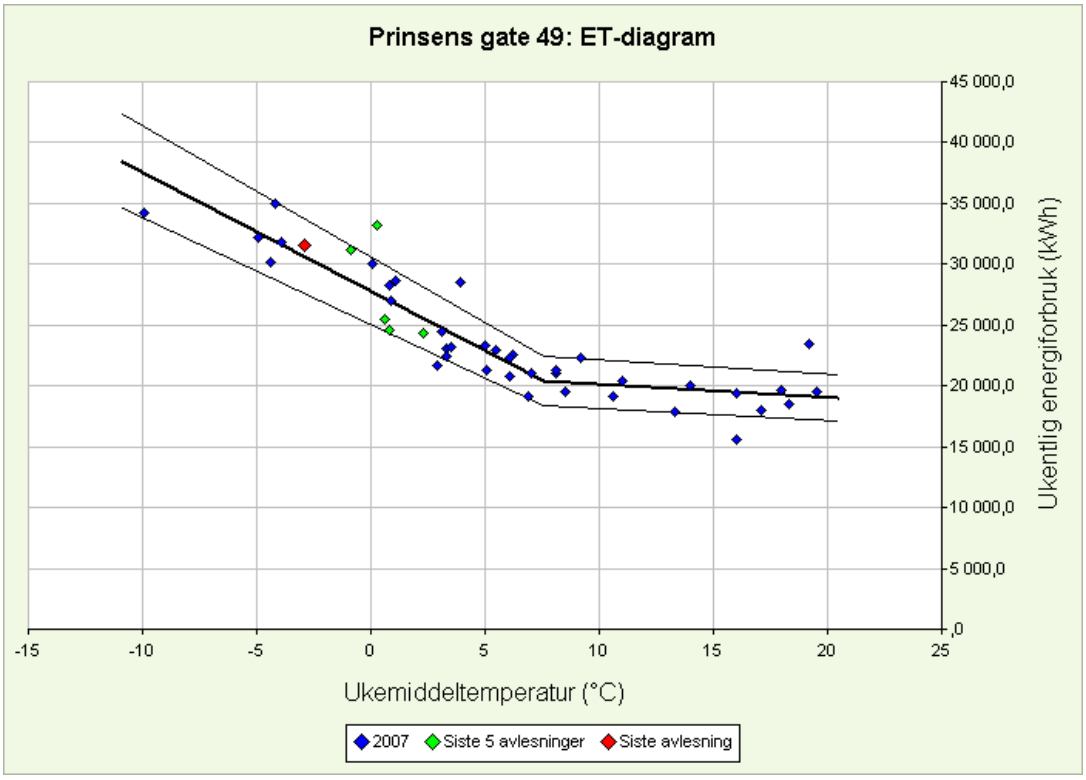



Figur 17 Årlig ukefordelt bruk av elektrisitet for 2007, kommunal etat

Måleren til den kommunale etaten, dekker kun elementære elektriske behov i kontorlokalet som belysning og teknisk utstyr. Den forholdsvise lave energibruken skyldes mest sannsynlig den korte brukstiden i forhold til IT-bedriften.

Energibruken har heller ingen antydning til energitopper om sommeren, men har en jevn bruk av elektrisitet over hele året. De brå nedgangene i bruken på noen steder i figuren skyldes mest sannsynlig ferieavvikling.

Totalt levert elektrisitet kommunal etat = 58 689 kWh




Figur 18 ET-diagram for 2007

I ET-diagrammet kan man se tydelig hvordan energibruken utvikler seg med temperaturnivået ute. Kurven har et tydelig knekkpunkt på rundt 7 °C, noe som kan tyde på varmebatteri og snøsmelteanlegg er utenfor årlig driftstid. Forhøyningen av punktene på enden av grafen viser når energibruken øker grunnet kjølebehovet.

# Målinger og beregnede verdier

## Fasader og kuldebroer

Ser man bort i fra normal ventilasjon og oppvarming/kjøling er det hovedsakelig fire faktorer som påvirker det termiske inneklimaet, luftlekkasjer/utettheter, dårlig isolering, kaldras og kaldstråling. Når det klages på isolering/innemiljø på grunn av at det er for kaldt eller ubehagelig, så er det i 90 % av tilfellene luftlekkasjer/utettheter som er problemet, og ikke utførelse av isolasjon. Dette gjelder i både nye så vel som gamle bygg (1).

Forskning viser at økt energiforbruk som følge av feil ofte fører til at beboerne øker innetemperaturen med flere grader over det som betraktes som normalt, for å kompensere for de negative virkningene av termisk stråling mot de kalde flatene eller følelsen av luftbevegelse i rommet (1).

### Kaldras og kaldstråling

Kaldras og kaldstråling oppstår primært i forbindelse med større vindusflater. Kaldras oppstår når varmluft treffer en kald glassflate, den kalde glassflaten kjøler ned den varme luften som følgelig vil synke mot gulvet. Jo høyere vinduet er, jo større vil farten på den kalde synkende luften bli og den vil oppleves som trekk for personer som sitter nært vinduet. Kaldraset kan også bidra til at gulvet blir kaldere. For å motvirke dette kan man skifte ut vinduet med et nytt vindu som har lavere U-verdi, eller montere en varmeovn under vinduet. Varmeovnen bør maksimalt være 10 cm smalere enn vinduet, målt fra hver karm (2).

Kaldstråling oppstår ved at den kalde glassflaten tiltrekker seg varmestråling, fra en person som befinner seg like ved vinduet. For denne personen vil denne strålingsutvekslingen kunne oppleves som trekk, og trekkfølelsen vil øke jo større temperaturforskjellen er.

### Luftlekkasjer

Alle bygninger har en form for luftlekkasjer i klimaskjermen enten i form av dører/vinduer som ikke er igjen eller i form av utettheter i fasaden. Ved bergegning av energibruken i et bygg kommer dette inn under begrepet infiltrasjon. Dette blir tatt hensyn til ved å benytte en infiltrasjonsrate som er nedfelt i norsk standard, som fra kravet fra 97 er på 0,2 luftskift per time (10).

Luftlekkasjer forekommer primært langs gulvlister ved overgang gulv yttervegg, rundt vinduer, langs taklister ved overgang yttervegg himling, rundt ytterdører, ved knevegger og ved gjennomføringer i ytterkonstruksjoner samt skiller mellom leiligheter og andre adskilte enheter (2). Dette kan oppleves som trekk, øke energikostnadene og føre til et dårligere inneklima. Luftlekkasjer kan også være en kilde til kondens og soppdannelse inne i bygget.

For å kunne måle luftlekkasjer må det være en trykkforskjell mellom innsiden av bygget og utsiden. Ved å påføre et undertrykk inne i bygningen kan luftlekkasjer påvises ved hjelp av et termografikamera. Termograferingen må da utføres på innsiden, og undertrykket kan enten skapes ved hjelp av avtrekksviften eller en medbrakt vifte. Ut fra en måling av lufthastigheten i lekkasjepunktet, kan man ut fra trykkforskjellen konkludere om lekkasjen er så stor at den må utbedres eller ikke (2). I tillegg må temperaturgradienten mellom inne og ute være på minimum 5 °C.

Hvis man ikke har mulighet til å foreta en innvendig termografering, kan man med hjelp av et overtykk i bygget få påvist luftlekkasjer med en utvendig termografering. Likevel egner ikke utvendig termografering seg til vurdering av luftlekkasjene (2). Uten en reell trykkforskjell er det umulig å finne utettheter. Settes ikke bygningen under trykk, kan en bygning se tilsynelatende perfekt ut når den kontrolleres, selv om det kan finnes mengder av utettheter (2).

I den rapporten ble det grunnet en tidsmessig vurdering ikke utført en slik måling. Infiltrasjonen vil således bli fastsatt etter gjeldene standard.

### Termografering

For å få en oversikt over fasaden ble det foretatt målinger med et termokamera. Termokameraet fungerer på den at måten at det registrer den infrarøde strålingen fra fasaden, og ved hjelp av fargekontraster viser hvilke områder som er kaldest, og hvilke områder som er varmest.

Byggtermografi gir ikke noe direkte svar på bygningskonstruksjonens varmeisoleringsevne, men det gir en kvalitativ dokumentasjon av variasjonen av konstruksjonens varmemotstand og luftlekkasjer. Felter som skiller seg vesentlig ut fra resten av bygget kan være kuldebroer. Kuldebroer er deler av fasaden som er vesentlig dårligere isolert enn resten av fasaden. Typiske kuldebroer i moderne bygg kan være:

- Bindingsverk inne i konstruksjonen
- Skjulte bærebjelker og søyler
- Kaldtvannsrør inne i konstruksjonen
- Elektriske installasjoner i konstruksjonene som kabelføringer og rør
- Skjulte ventilasjons- og viftekanaler
- Karmer rundt vinduer og dører
- Etasje- og veggskiller
- Fasadeoverganger

Termografi kan ikke benyttes alene som beslutningsgrunnlag for videre tiltak (1). For å kunne trekke konklusjoner må det i tillegg til termografering, foretas lufthastighetsmålinger, fuktighetsmålinger og studering av konstruksjonstegninger. I denne rapporten vil de termografiske bildene kun bli sammenlignet med fasaden både via tegninger og egne observasjoner.

Det er hovedsakelig to faktorer som påvirker termogrammet mest, omgivelsestemperatur og emisjonsfaktor. Emisjonsfaktor har en verdi mellom 0 og 1 og må være kjent for å få frem riktig temperatur på overflaten. Blanke flater gir lav emisjonsfaktor, mens ru og grove flater gir høy emisjonsfaktor. Dette skyldes at en høyere andel av strålingen mot blanke flater enten transmitteres eller reflekteres i forhold til strålingen mot ru flater (21). På bygningsmaterialer ligger emisjonsfaktoren på mellom 0,85 og 0,95 (2).

Ved bygningstermografering er det primært variasjonene i varmebildet som har størst interesse for å påvise svikt. Det er derfor variasjonene i farger som gir tilstrekkelig grunnlag for vurderingene ved siden av kunnskap om ytre påvirkninger som påvirker resultatet av målingene. Eksakt emisjonsfaktor er derfor av mindre betydning om man ikke skal finne eksakt overflatetemperatur. I denne målingen ble det brukt den forhåndsinnstilte emisjonsfaktoren 1, og er ikke korrekt i forhold til veggens virkelig emisjonsfaktor. For å få en mer korrekt overflatetemperatur burde emisjonsfaktoren vært satt til

nærmere 0,9 (2). Hvis man bruker litt mer avanserte termokameraer kan man justere emisjonsfaktoren og bearbeide bildet etter at det er blitt tatt. Kameraet som ble brukt ved denne målingen hadde ikke den applikasjonen og bildet kunne således ikke bli redigert.

For å påvise kuldebroer eller svikt i isolasjonen bør det være minimum 10 til 15 °C i temperaturforskjell mellom ute og inne. Ved mindre temperaturforskjeller vil temperaturforskjellen bli liten mellom det som er isolert på riktig måte og det som ikke har riktig utførelse, at ytre forstyrrelser kan få stor innvirkning på måleresultatet (2).

Uteklimaet utgjør en sentral del av ytre forstyrrelser. Hurtige endringer i vær - og temperaturforhold kan være uheldig, spesielt når man har tyngre veggkonstruksjoner som akklimatiserer seg sent. Hvis de er under akklimatisering under målingen vil de utgjøre en feilkilde ved vurderingene (2). Spesielt på vårdager har man ofte store temperaturforskjeller natt og dag og med høy solbelastning på deler av fasaden. Dette gir usikre målinger, og som prinsipp skal ikke termografering utføres når en fasade har vært påvirket av solen i forkant og under øvelsen.

På dagen denne målingen ble utført var en typisk vårdag med solbelastning om dagen og lave temperaturer om natten. Dette kan ha påvirket målingene i negativ retning og gjort resultatene noe usikre, og det bør derfor tas med i betraktningene når man vurdere resultatet. Spesielt vil murveggen ha en noe høyere temperaturverdi enn hva den ville hatt under ideelle forhold. Det må også tillegges at målingene ble utført nærmere midnatt og at fasadene har fått litt tid på å akklimatisere seg.

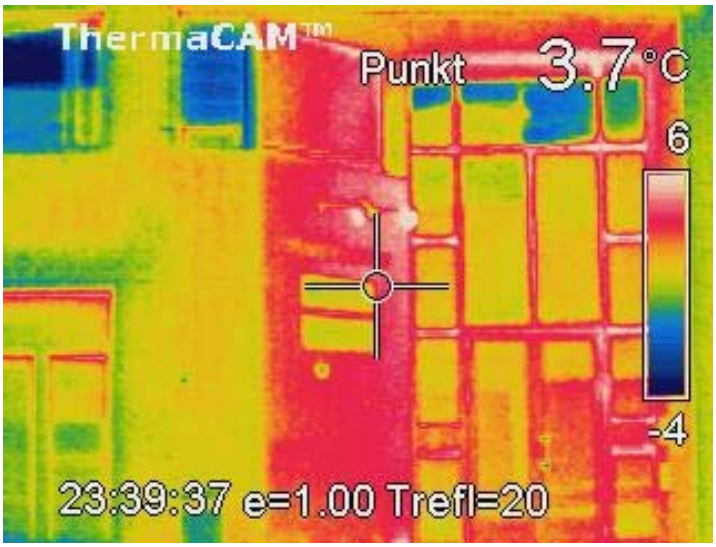
Denne målingen ble utført utvendig av praktiske årsaker, og det har både negative og positive sider. Det positive er at byggtermografi fra utvendig side gir en rask og god oversikt over store flater og kuldebroer via etasjeskiller kan påvises. Det negative er klimatiske påvirkninger som regn, sol vind. I tillegg vil det normalt foreligge en lavere det en lavere varmeovergangsmotstand på veggens utvendige side enn innvendig. Dette medfører at temperaturforskjellen blir mindre på den kalde veggflaten enn på den varme ved endring av veggens varmemotstand. Man får altså et dårligere og mindre nyansert bilde ved utvendig termografering (2).

Som nevnt over benyttet termokameraet en fargeskala for å illustrere temperaturforskjellene på fasaden. Denne fargeskalaen er ikke konstant og varierer således fra bildet til bilde, og det er derfor viktig å hele tiden benytte fargeskalaen til høyre i hvert bilde for å se hvilken strålingstemperatur et element har. Fordelen ved å la kameraet justere bredden på skalaen automatisk er at skalaen vil dekke hele spekteret av temperaturer på termogrammet og nivået vil bli middeltemperaturen i termogrammet. Ulempen er at bildene vil bli vanskeligere å sammenligne med hverandre.

### *Resultater*

Figur 19 inngangsparti i vestre fasade

Figurene over og under viser inngangspartiet. Som fargeskalaen i figuren under viser, er de varmeste partiene markert med hvitt/rødt, mens det kalde er markert med blått. Figuren under viser at de varmeste punktene er konsentrert rundt inngangspartiet, og man kan tydelig se at aluminiumsprofilene er merket med rødt. Det er naturlig siden aluminium har en høy varmeledningsevne. I tillegg til aluminiumsprofilene, er veggen til venstre for inngangspartiet også merket med rødt. Dette kan skyldes at den absorberer litt av varmestrålingen fra inngangspartiet, og samtidig har en lavere view factor til omgivelsene (20). Blir vinkelen mellom flaten og siktelinjen liten vil kameraet registrere sterkere reflekser fra omgivelsene (2). Emisjonsfaktoren blir også påvirket av flatens vinkel i forhold til kameraet. For å få riktig analyse må ikke vinkelen overstige 50 grader, øker den utover dette vil emisjonsfaktoren gradvis minske helt ned til 0 (2).



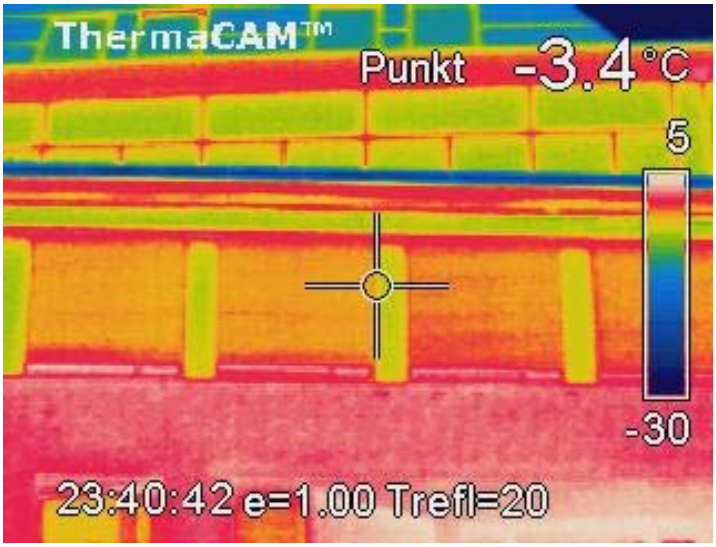

Figur 20 IR-bilde av inngangsparti i vestre fasade

I tillegg kan man se at det er et rødt skjær over butikkvinduet til dagligvarebutikken, og det kan skyldes dårlig tetting. Temperaturforskjeller som har sammenheng med luftlekkasjer og isoleringsfeil, vil normalt ha kraftigere overganger og karakteristisk form som ikke er symmetriske. Disse

karakteristiske mønstrene er de samme enten utvendig eller innvendig byggtermografi som blir utført (2).

Figur 21 Øvre del av vestre fasade nærmest syd

Figurene over og under viser partiet rett over inngangspartiet, og termogrammet viser at den varmeste delen er den over inngangspartiet. Et annet moment er at utstikkene markerer seg som varmere enn den øvrige fasaden, noe som kan tyde på at det er en mulig kuldebro. I tillegg så ser man vindusrammene er typiske kuldebroer, og at det er en varmelekkasje i øverst i det ene takvinduet(nummer tre fra høyre). Som figuren under viser har taket en lavere overflatetemperatur enn resten av fasaden, dette trenger ikke nødvendig være tilfelle siden vinkelen i forhold til termograførens posisjon kan ha blitt for stor.

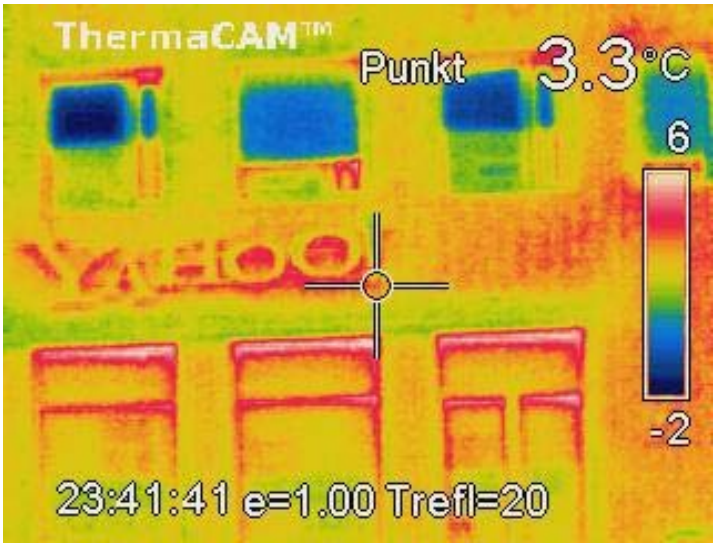



Figur 22 IR-bilde av øvre del av vestre fasade nærmest syd

Man bør merke seg at fargekontrastene her er blir annerledes enn ved det forrige eksempelet, grunnet at den kalde nattehimmelen kommer med i termogrammet.

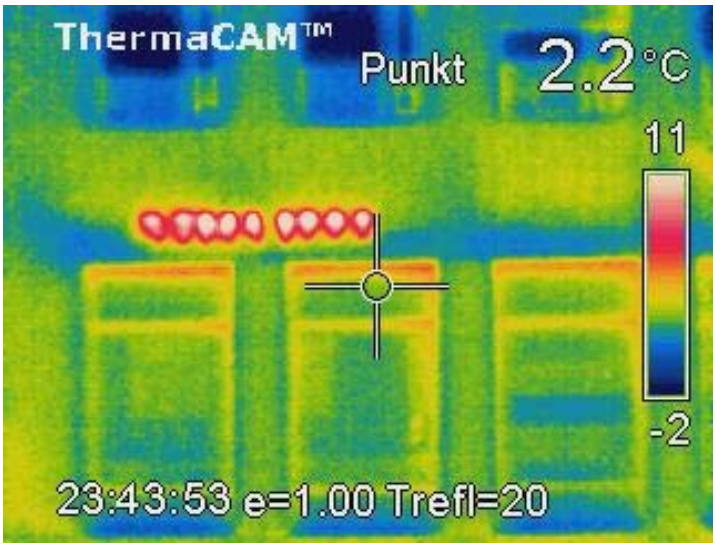
Figur 23 Nedre del av vestre fasade, midtre del

De tre neste figurene viser nedre del av vestre fasade til venstre for inngangspartiet. Som påvist tidligere er det en varmelekkasje ved losholten og toppkarmen i vinduene i nederste etasje. Vinduene i annen etasje skiller seg mindre ut, bortsett fra et punkt i øvre høyre hjørne. Det blå feltet på vinduene skyldes de utvendige persiennene som naturlig nok har en lavere overflatetemperatur enn resten av bygningen. Blanke eller oksiderte overflater som glass har en høy refleksjonsandel, og derved lav emisjonsfaktor, vil være vanskelige å analysere med hjelp av termografi. Således vil termogrammene ikke gi et tilstrekkelig godt bilde av glassets isolasjonsegenskap.




Figur 24 IR-bilde av nedre del av vestre fasade

I figur over og under kan man også se at det er et varmere felt under hvert vindu i annen etasje. Det skyldes radiatorplassering som blir plassert under vinduer for å motvirke kaldras. Både varmeovner og radiatorer som står på, vil kunne synes gjennom konstruksjonen og fremkommer tydelig ved utvendig termografi og kan se ut som kuldebro (2). Dette vil også oppstå ved eventuelle varmtvannsføringer eller elektriske installasjoner i fasaden. Fargekontrastene fra figur 6 og 7 skyldes at lysskiltet i figur 7 er mye varmere og dermed forskyver fargeskalaen.

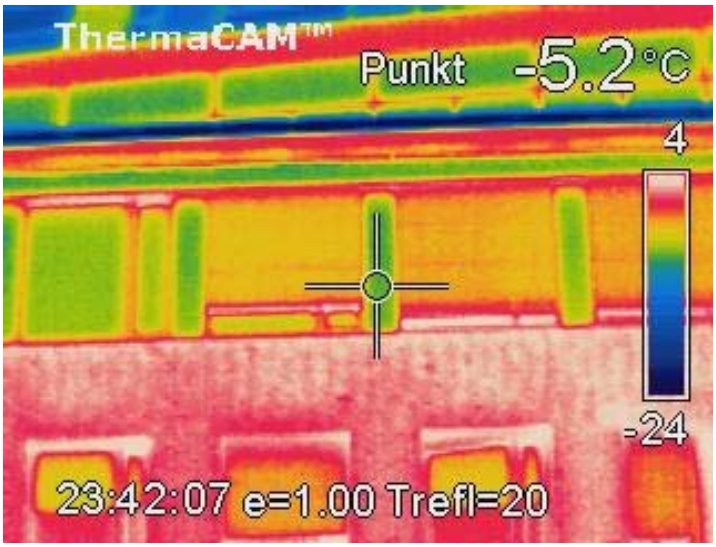



Figur 25 IR-bilde av nedre del av vestre fasade

Tente lyskilder som i termogrammet ovenfor vil også påvirke overflaten. Disse bør helst slås av i god tid eller man må registrere forholdet (2). Dette ble vanskelig å få gjennomført ved denne målingen så man må ta utgangspunkt i at lyskilden vil påvirke resultatet. Hvor stor grad den påvirker er vanskelig å si men tar man utgangspunkt i det blå feltet til høyre for lyskilden kan det s ut som at påvirkningen ikke er veldig stor.

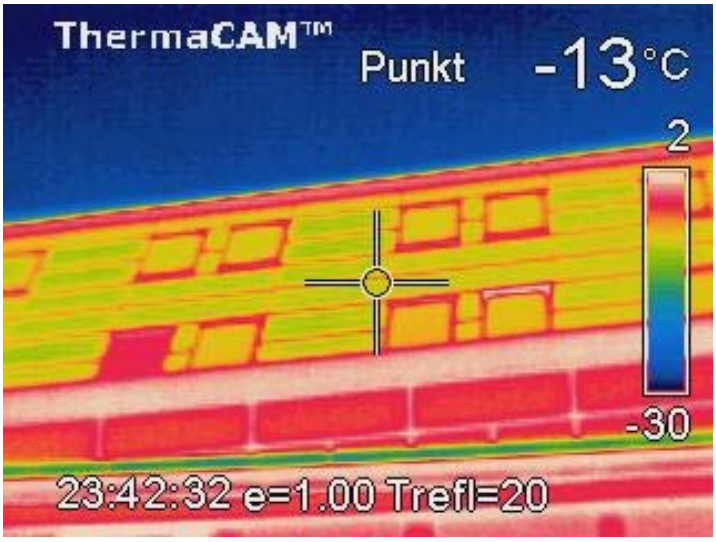
Figur 26 Øvre del av vestre fasade, midtre del

De fire neste figurene tar for seg øvre del vestfasaden. Første figuren under viser området rett over det store lysskiltet, og har det høyre hjørnet i vinduene i annen etasje som varmeste punkt. Som vi kan se av fargeskalaen er dette to grader kaldere enn for øvre del av vinduet i første etasje. Figuren under viser videre at tettfeltet mellom vinduene isolerer bra.



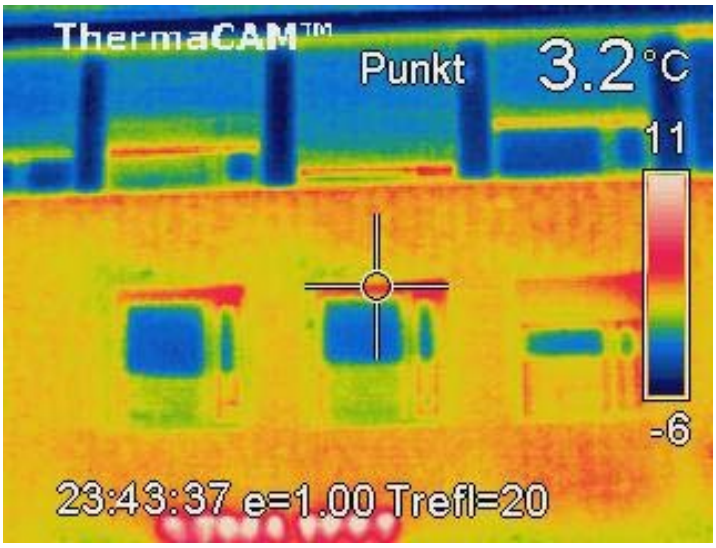

Figur 27 IR-bilde av midtre del av vestre fasade, og er partiet rett over lysskiltet

For Figur 27 IR-bilde av midtre del av vestre fasade, og er partiet rett over lysskiltet blir kontrastene kraftigere grunnet nattehimmelen. De varmeste områdene er sprossene i vindusfeltet og tettfeltet rett over vinduet. Taket virker å være godt isolert.




Figur 28 IR-bilde av øvre del av vestre fasade, midtre del

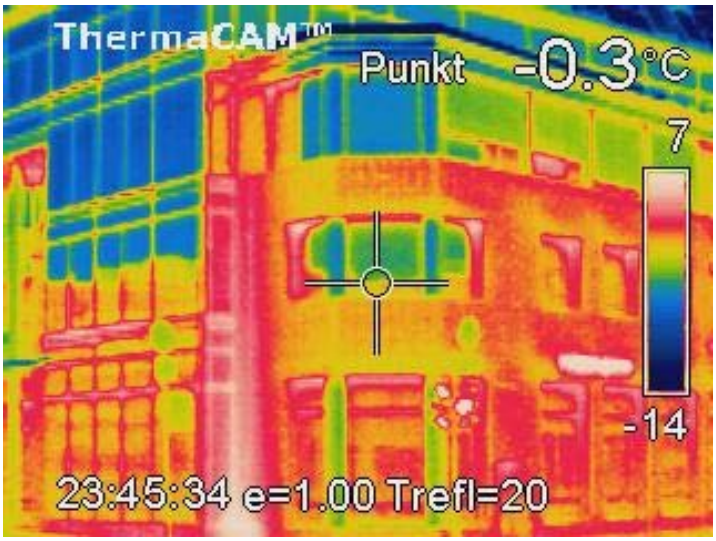
I Figur 28 IR-bilde av øvre del av vestre fasade, midtre deler det mye likt som i Figur 24 IR-bilde av nedre del av vestre fasade og Figur 25 IR-bilde av nedre del av vestre fasade. Varme punkter rett under vinduene, og liten varmelekkasje gjennom tettfeltene.




Figur 29 IR-bilde av midtre del av vestre fasade, og er partiet rett over lysskilt dagligvarebutikk

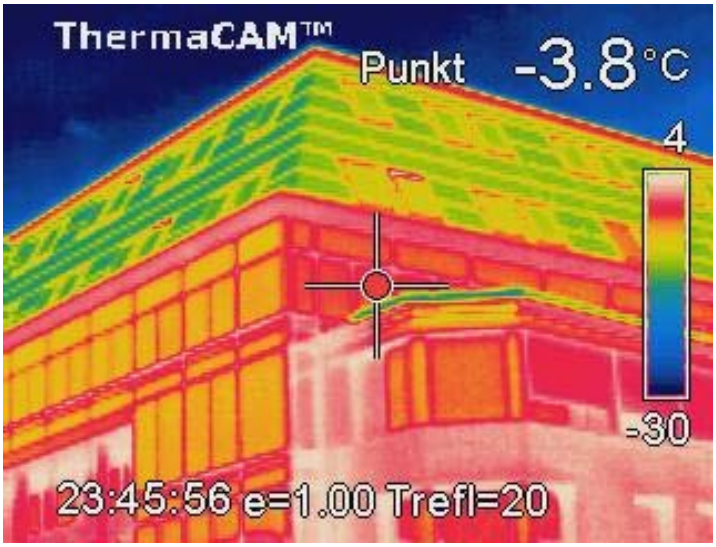
Figur 30 Nordvestre hjørnet av fasaden

De neste figurene tar for seg hjørnet mellom nord- og vestfasaden. I figur under kan man se en varmelekkasje i overgangen mellom glassveggen og murveggen, men under befaringen var det ingenting som tydet på utettheter. Ellers ser man at bildet har de samme karakteristiske varmetapen som de øvrige figurene, det vil si under vinduet og toppkarmen. Det bør tillegges at vinkelen mellom termograføren og vest- og nordfasaden er for stor til at termogrammet kan vektlegges for disse fasadene, og at termogrammet primært er ment for den nordvestre fasaden.




Figur 31 IR-bilde av nedre del av nordvestre hjørne

Sammenligner man figuren over og under kan man se at det varmeste punktet på figur over(7 °C) er tre grader varmere enn på figuren under(4 °C). Det varmeste punktet i figur under øverste del av skjøtet mellom murveggen og glassveggen, mens det varmeste i figuren over nederste del av skjøten, men temperaturforskjellen er ikke såpass høy at man kan trekke noen konklusjoner. Ellers kan man legge merke til at enkelte av takvinduene har høyere i temperatur ved toppkarmen enn de øvrige takvinduene.

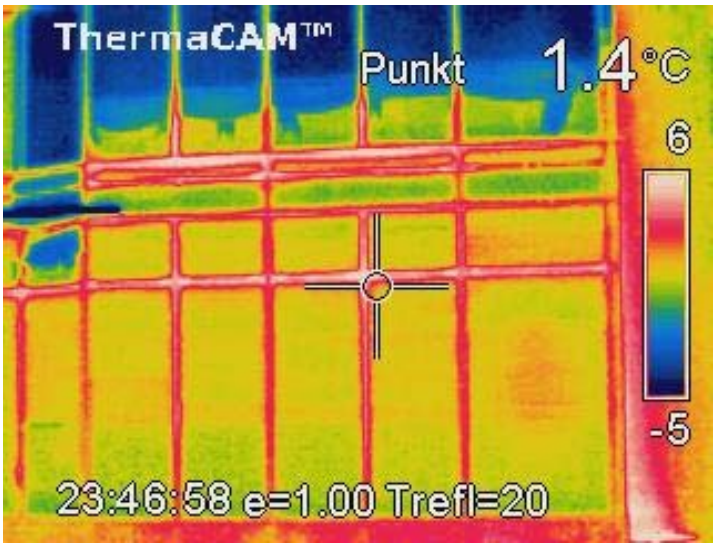



Figur 32 IR-bilde av øvre del av nordvestre hjørne

I figuren over kan man legge merke til at hjørnet har en høyere temperatur enn den øvrige veggen, og det skyldes at konstruksjonen normalt har en lavere U-verdi i disse punktene.

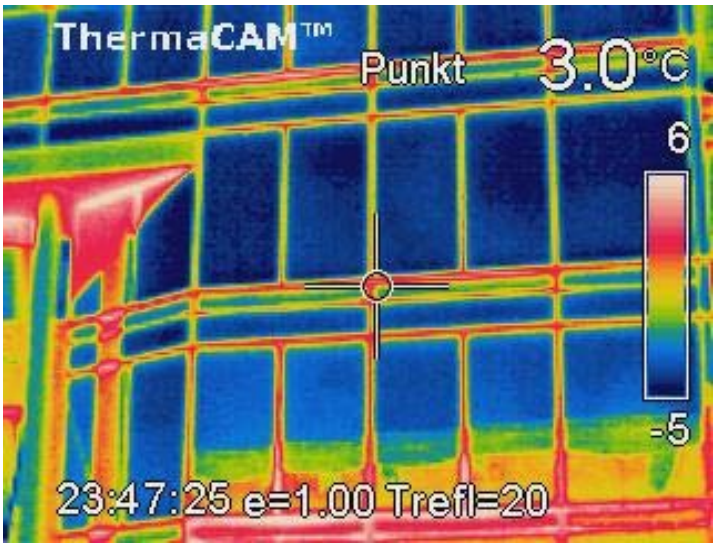
Figur 33 Nedre del av nordre fasade lengst mot vest

De neste figurene tar man for seg nedre del av glassveggen på nordfasaden. Fra figurene ser man igjen de klassiske varmetapene rundt vinduene. I tillegg kan man gjenkjenne varmelekkasjen fra figur tidligere nedi høyre billedkant i figur under.




Figur 34 IR-bilde av nedre del av nordre fasade lengst mot vest

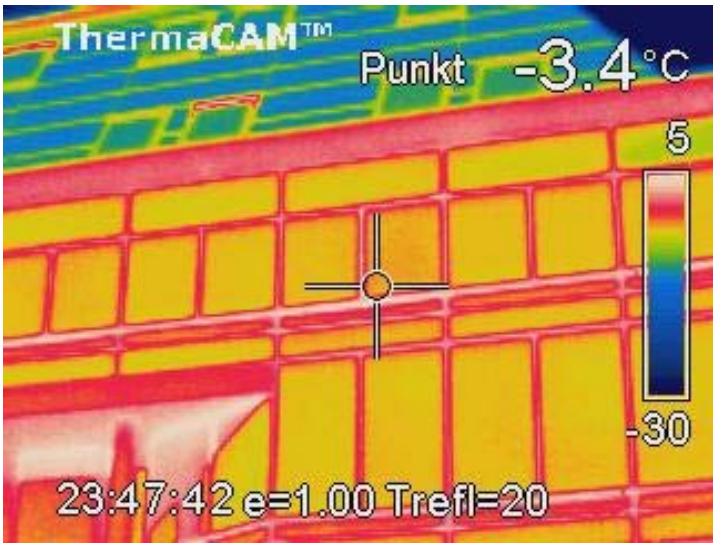
I figuren under kan man se et varmt område i glassveggen, rett under gesimsen. Slike utstikk er ofte med å øke ytterarealet og dermed forårsake en økning i varmetapet.




Figur 35 IR-bilde av midtre del av nordre fasade lengst mot vest

Figur 36 Øvre del av nordre fasade lengst mot vest

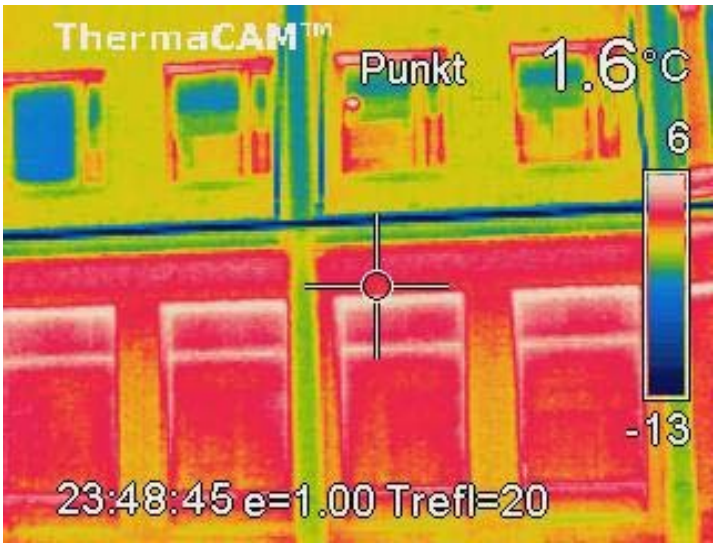
Mye av de samme kan man finne igjen i de neste figurene, som er øverste del av samme veggparti. Vindusrammene fungerer som små kuldebroer, og enkelte av takvinduene har små varmelekkasjer ved overkarmen.




Figur 37 IR-bilde av øvre del av nordre fasade lengst mot vest

Figur 38 Nedre del av nordre fasade, midtre del

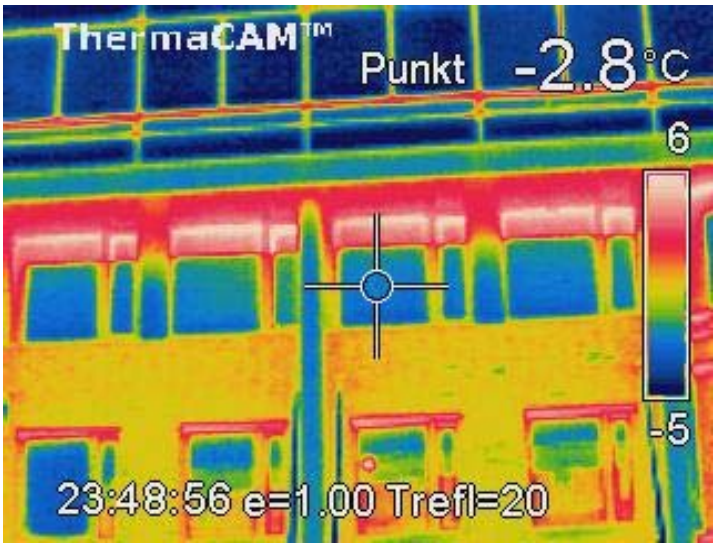
I figur de neste figurene kan se at varmetapet i glassveggen er større enn for veggen. Det røde feltet over vinduet kan skyldes at utstikket i veggen sperrer for varmestigningen fra vinduet, og at det på den måten blir en oppsamling av varmere luft i det området. Ellers ser man igjen det sedvanlige varmetapet ved overkarmen i vinduene.



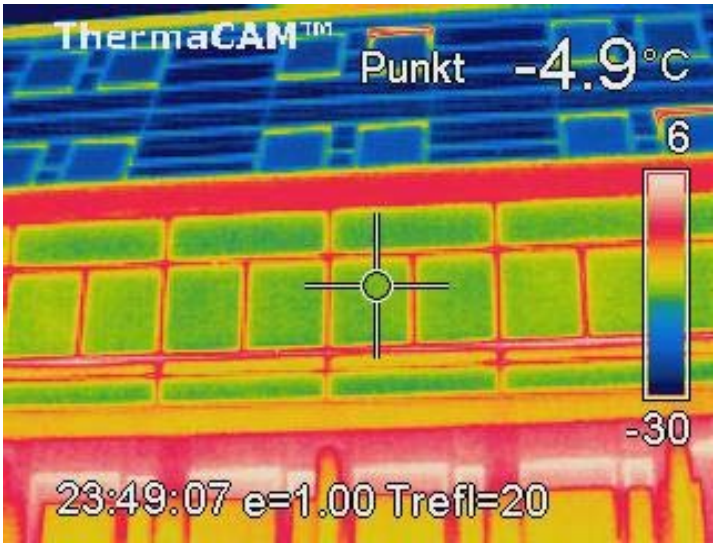
Figur 39 IR-bilde av nedre del av nordre fasade, midtre del

Figur 40 Øvre del av nordre fasade, midtre del

I de tre neste figurene tar for seg den øvre delen av veggpartiet, og fra IR-bildene kan man se at det igjen er et varmt område under gesimsen, som skyldes allerede årsaker nevnt ovenfor. I tillegg ser man de vanlige varmetapene i overkarmen på vinduene.



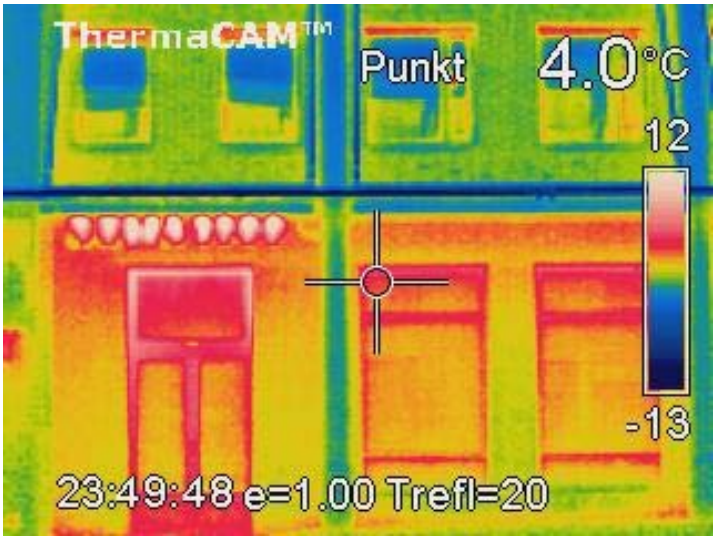

Figur 41 IR-bilde av midtre del av nordre fasade, midtre del



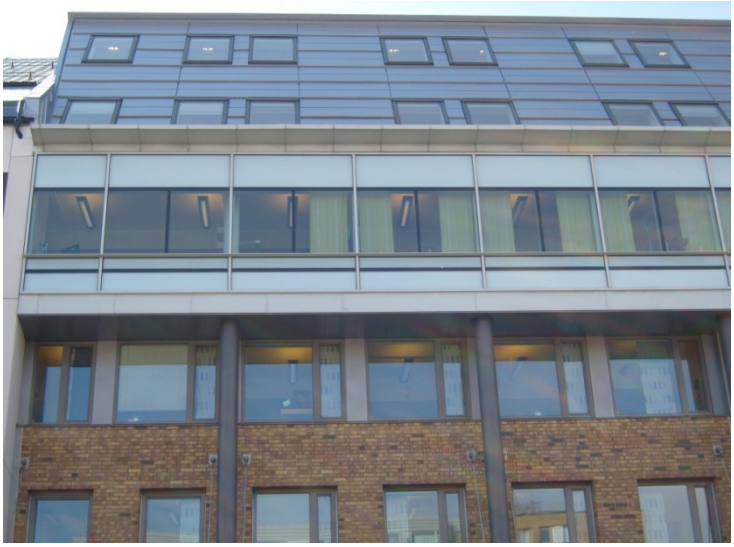

Figur 42 IR-bilde av øvre del av nordre fasade, midtre del

Figur 43 Nedre del av nordre fasade lengst mot øst

I de to neste figurene blir det mye det samme som i figurene vist tidligere, men her blir det vanskeligere å se kontrastene på grunn av varmen fra skiltlyset. Det er en varmeoppsamling under uthenget mellom første og annen etasje, og oppunder toppkarmen på vinduene i annen etasje.

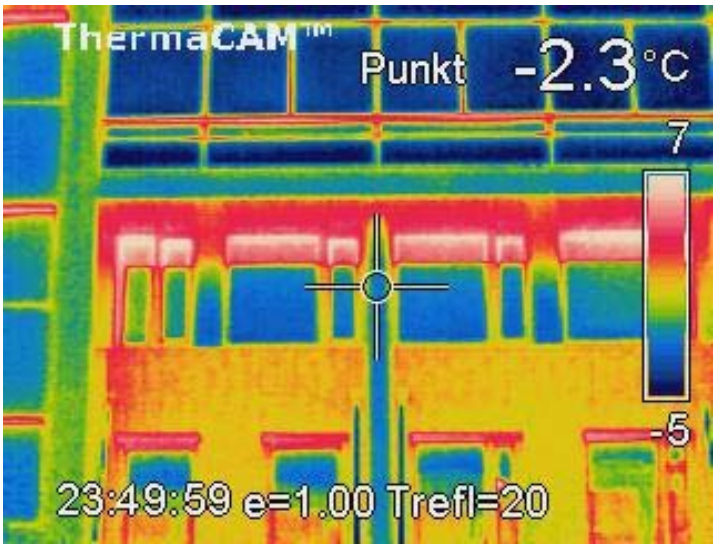



Figur 44 IR-bilde av nedre del av nordre fasade lengst mot øst



Figur 45 Øvre del av nordre fasade lengst mot øst

Det samme er tilfellet for den øvre delen av fasaden, hvor man får en varmeoppsamling oppunder gesimsen.



Figur 46 IR-bilde av øvre del av nordre fasade lengst mot øst

### *Oppsummering*

Utbytte av de termografiske målingene blir begrenset siden man ikke får påvist luftlekkasjer. I tillegg ble ikke målingen utført under ideelle forhold, siden det var høy solbelastning på den ene fasaden tidligere på dagen. Termografering bør helst foregå på senhøsten eller vinterstid, og målingen bør utføres innendørs med et påtrykt undertrykk, da vil man kunne påvise både luftlekkasjer og svikt i isolasjonen, men på grunn av tidsmessige og paktiske årsaker ble målingene utført utendørs på våren.

De termografiske målingene viser ingen klare tegn til byggefeil, og det er kun typiske kuldebroer som vindus- og dørkarmer, og da er spesielt overkarmen i vinduene i første etasje spesielt utsatt. I tillegg er det er mye varmeoppsamling under de ulike innhukkene i fasaden.

## Beregnet U-verdier

U-verdiene ble beregnet i simuleringsprogrammet VIP+, ved hjelp av byggdetaljer fra tegningene fra arkitektkontoret. Programmet legger til en faktor i hver beregning for å kompensere for kuldebroer, derfor er det ikke tatt hensyn til kuldebroverdier i tabellen nedenfor.

YV2 og YV5 er de mest dominerende veggtypene på bygget i tillegg til store glassfasader.

Tabell 1 U-verdier

| Materiale | Tykkelse [mm] | U-verdi [W/(m²K)] |
|---|---|---|
| **YV1** | | |
| Gipsplate | 13 | |
| Mineralull 36 | 150 | |
| Gu-plate | 9 | |
| Aluminiumsbeslag | 5 | |
| | | 0,235 |
| **YV2** | | |
| Gipsplate | 15 | |
| Mineralull 36 | 150 | |
| Mineralull 36 | 50 | |
| Teglsten | 100 | |
| | | 0,188 |
| **YV3** | | |
| Gipsplate | 15 | |
| Mineralull 36 | 150 | |
| Mineralull 36 | 50 | |
| LECA | 150 | |
| | | 0,142 |
| **YV4** | | |
| Gipsplate | 15 | |
| Mineralull 36 | 200 | |
| GU-plate | 9 | |
| Kryssfiner | 19 | |
| Aluminiumsbeslag | 5 | |
| | | 0,177 |
| **YV5** | | |
| Tettfelt med glass | | 0,18 |
| **Tak 1** | | |
| Gipsplate | 15 | |
| Gipsplate | 15 | |
| Hulldekke betong | 100 | |
| Mineralull 36 | 300 | |
| Aluminiumsbeslag | 5 | |
| | | 0,124 |
| **Tak 2** | | |
| Gipsplate | 16 | |
| Mineralull 36 | 98 | |
| Mineralull 36 | 100 | |
| Mineralull 36 | 50 | |
| Aluminiumsbeslag | 5 | |
| | | 0,149 |

Alle ytterveggstypene kommer under gjeldende krav fra TEK (22), bortsett fra YV1 som er et felt plassert under beslaget mellom 2. og 3. etasje. U-verdi beregningen for dette feltet er noe usikkert pga av et stort luftlag under beslaget, og det kan settes tvil til om beregningen for dette feltet er riktig.

Det fantes ingen opplysninger om kjellergulvet og de vil derfor bli satt til Enova sine informative verdier for bygg som er bygget etter 97 (10).

**Tabell 2 U-verdi vinduer**

| Vindustype | U-verdi [W/(m²K)] | Solfaktor | Glassandel % |
|---|---|---|---|
| Lys- og varmeregulerende | 1,4 | 0,4 | 80 % |

Tekniske spesifikasjoner for vinduene er bedømt etter en innvendig og utvendig befaring ble det brukt samme type glass i samtlige vinduer, men med varierende størrelse. Vinduskarmene var laget av aluminium, og hele fasaden bortsett fra nordfasaden hadde utvendige lyse persienner med en avskjermingsfaktor på 0,15 (18).

## Fasadearealer

Veggarealene som er vist under er beregnet ut i fra fasadetegninger (se vedlegg) og plantegninger (19). I beregningene har man regnet skråveggene på taket som vegger, med tilhørende glassareal.

Tabell 3 Vegg- og vindusareal

| Veggareal: | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Orientering** | **[m²]** | **[m²]** | **[m²]** | **[m²]** | **[m²]** | **[m²]** | **[m²]** |
| | **1 etg** | **2 etg** | **3 etg** | **4 etg** | **5 etg** | **6 etg** | **Total** |
| **Vest** | 114,65 | 75,99 | 85,89 | 81,90 | 84,70 | 72,80 | 515,93 |
| **Øst** | 0,00 | 24,45 | 24,44 | 24,30 | 28,61 | 26,78 | 128,58 |
| **Nord** | 120,71 | 92,68 | 92,62 | 80,40 | 74,11 | 69,39 | 529,91 |
| **Syd** | 117,52 | 88,91 | 93,53 | 87,75 | 76,63 | 74,78 | 539,12 |
| **Total** | 352,88 | 282,03 | 296,48 | 274,35 | 264,06 | 243,74 | 1713,54 |
| **Glassareal:** | | | | | | | |
| **Orientering** | **[m²]** | **[m²]** | **[m²]** | **[m²]** | **[m²]** | **[m²]** | **[m²]** |
| | **1 etg** | **2 etg** | **3 etg** | **4 etg** | **5 etg** | **6 etg** | **Total** |
| **Vest** | 44,68 | 27,39 | 45,17 | 46,73 | 18,79 | 15,03 | 197,78 |
| **Øst** | 0,00 | 7,16 | 7,16 | 7,16 | 1,88 | 3,76 | 27,12 |
| **Nord** | 67,17 | 41,41 | 47,94 | 41,18 | 16,91 | 15,03 | 229,65 |
| **Syd** | | 15,68 | 15,68 | 15,68 | 11,58 | 13,15 | 71,78 |
| **Total** | 111,84 | 91,63 | 115,96 | 110,75 | 49,17 | 46,98 | 526,33 |
| **Veggareal ÷ Glassareal:** | | | | | | | |
| **Orientering** | **[m²]** | **[m²]** | **[m²]** | **[m²]** | **[m²]** | **[m²]** | **[m²]** |
| | **1 etg** | **2 etg** | **3 etg** | **4 etg** | **5 etg** | **6 etg** | **Total** |
| **Vest** | 69,97 | 48,60 | 40,72 | 35,18 | 65,91 | 57,77 | 318,15 |
| **Øst** | 0,00 | 17,29 | 17,28 | 17,14 | 26,73 | 23,02 | 101,46 |
| **Nord** | 53,54 | 51,27 | 44,68 | 39,22 | 57,20 | 54,35 | 300,27 |
| **Syd** | 117,52 | 73,23 | 77,85 | 72,07 | 65,05 | 61,63 | 467,34 |
| **Total** | 241,03 | 190,40 | 180,53 | 163,61 | 214,89 | 196,76 | 1187,22 |

Vestfasaden og nordfasaden har høyest andel glass. Det siste kan gi problemer med kaldras vinterstid hvis man sitter tett opptil vinduet, men samtidig får man en fordel om sommeren med mindre solinnstråling og følgelig lavere kjølebehov. Et stort glassareal på vestfasaden, fremfor sør- og østfasaden, er en god løsning siden majoriteten av solinnstrålingen vil komme ettermiddag/kveld, hvor tilstedeværelsen er liten.

At østfasaden er forholdsvis liten i forhold til de øvrige fasadene skyldes at majoriteten til den fasaden grenser til bygget ved siden av og således ikke vil ha noe varmetap av betydning.

Av verdiene fra tabell 3 og 5 kan man se at vindusareal utgjør 13 % av bruttoareal, og således er innenfor det veiledende kravet på at vindusareal ikke skal utgjøre mer enn 20 % av bruttoareal.

Tabell 4 Areal kjellervegg og tak

| Tak areal: | |
|---|---|
| **Orientering** | **[m²]** |
| **Tak over 1. etg** | 77,09 |
| **Tak over møterom** | 32,04 |
| **Tak over gesims** | 41,73 |
| **Tak over 6. etg** | 228,16 |
| **Total** | 379,02 |
| **Veggareal Kjeller:** | |
| **Kjeller** | 357,43 |
| **Underkjeller** | 67,27 |

For kjeller ligger samtlige av etasjens vegger under bakkenivå.

## Personbelastning, utstyr og belysning

I en bygning får man en del passiv oppvarming fra personer og elektriske installasjoner i bygget. En person avgir en varmeffekt på ca 120 W, og multipliserer man det med antall personer i bygget vil det utgjøre et betydelig varmetilskudd. For lysarmaturer og annet elektrisk utstyr vil all elektrisk effekt gå over til varme til omgivelsene.

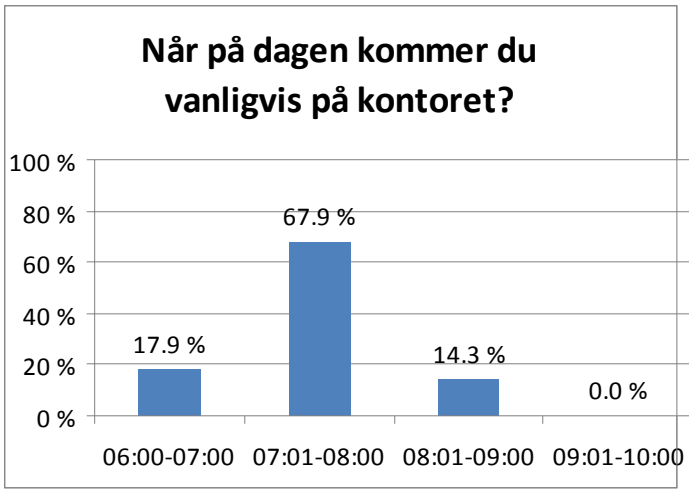
### Personbelastning

En bygnings energibehov og faktisk energibruk er sterkt knyttet opp mot brukernes adferd i bygget. Både tilstedeværelse og aktivitetsform er parametere som har stor betydning for belastningen på det tekniske anlegget i form av temperturstyring og ventilasjon.

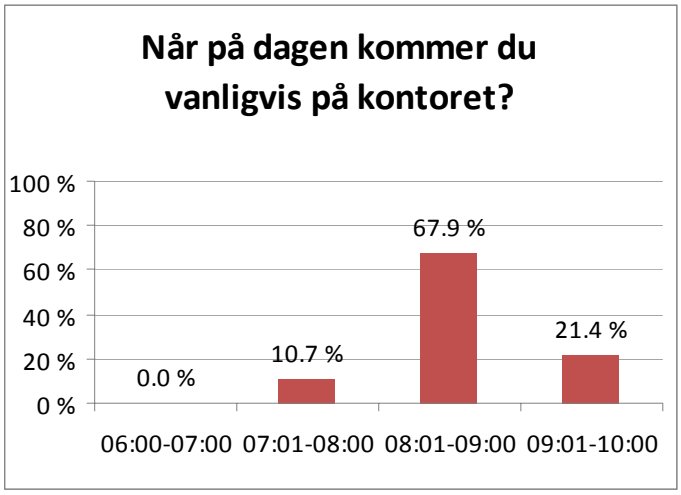
For å få en bedre oversikt over brukeradferden i en bygning vil man normalt installere såkalte tilstedeværelsessensorer som registrerer tilstedeværelse i den aktuelle sonen og lagrer den i en historisk database. Dette kontorbygget er inndelt i cellekontorer og det ville være naturlig å plassere en sensor på hvert kontor og på den måten få registrert brukeradferden på hver arbeidspult. Av praktiske årsaker lot dette seg ikke gjøre for dette prosjektet, så det ble i stedet foretatt en frivillig og anonym spørreundersøkelse for hver av det to leietagerne. Responsen på spørreundersøkelsen var på henholdsvis 60 % for den kommunale etaten og 74 % hos IT-bedriften, noe som må sies å være ganske bra for å kunne gi et anslag på tilstedeværelsen i kontorlokalene.

Spørreundersøkelsen var delt opp i ni spørsmål som enkelt skulle svare med avkrysning, klokkeslett og ja og nei. Hoveddelen av spørsmålene var knyttet opp til tilstedeværelsen på arbeidsplassen, men et noen av spørsmålene omhandlet også den opplevde kvaliteten på inneklimaet.

Figur 47 Tidspunkt for når de ansatte kommer på jobb, kommunal etat

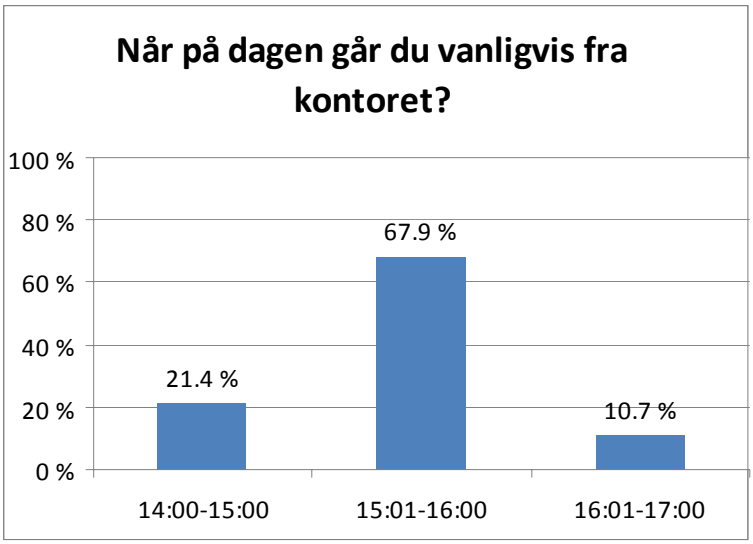



Figur 48 Tidspunkt for når de ansatte kommer på jobb, IT-bedrift

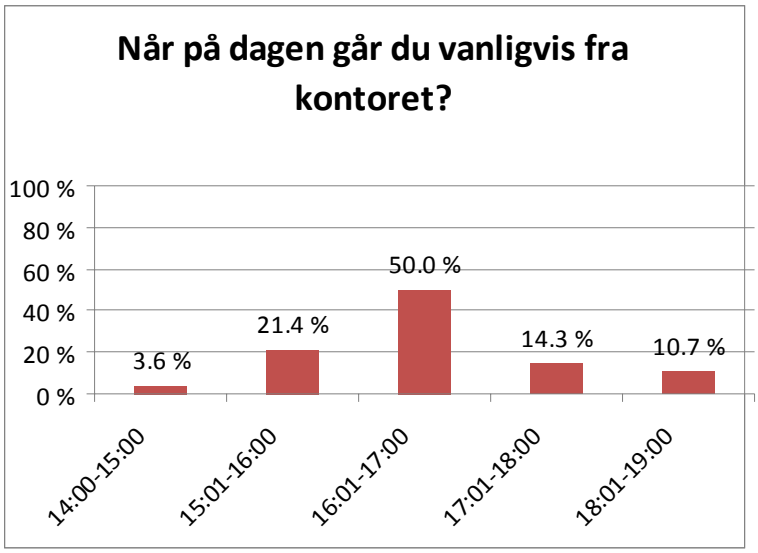



Det første spørsmålet gikk ut på når den enkelt kom på jobben. Fordeling for de to bedriftene var som figurene viser veldig like, men for IT-bedriften var den forskjøvet en time ut på dagen. De ansatte for den kommunale etaten kom litt tidligere på dagen, mens de ansatte i IT-bedriften kom litt ut på dagen.

Figur 49 Tidspunkt for når de ansatte går fra jobb, kommunal etat

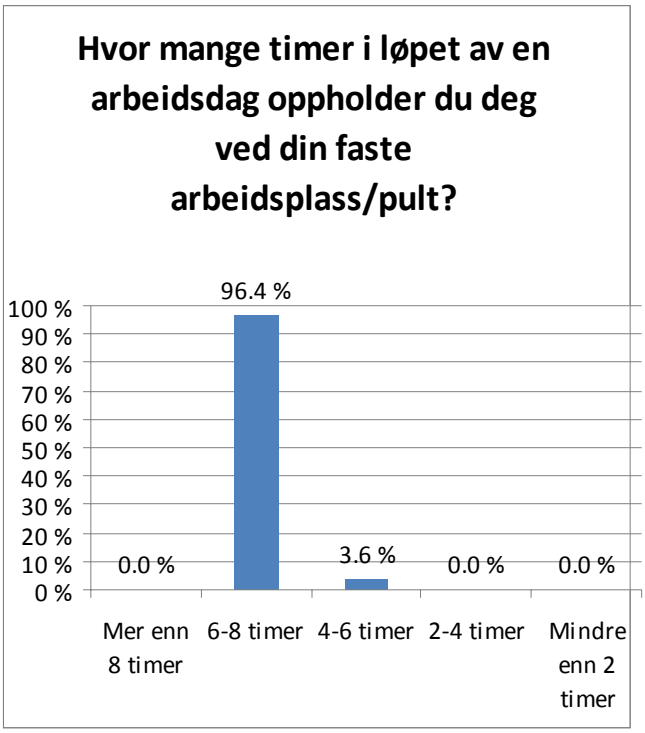



Figur 50 Tidspunkt for når de ansatte går fra jobb, IT-bedrift

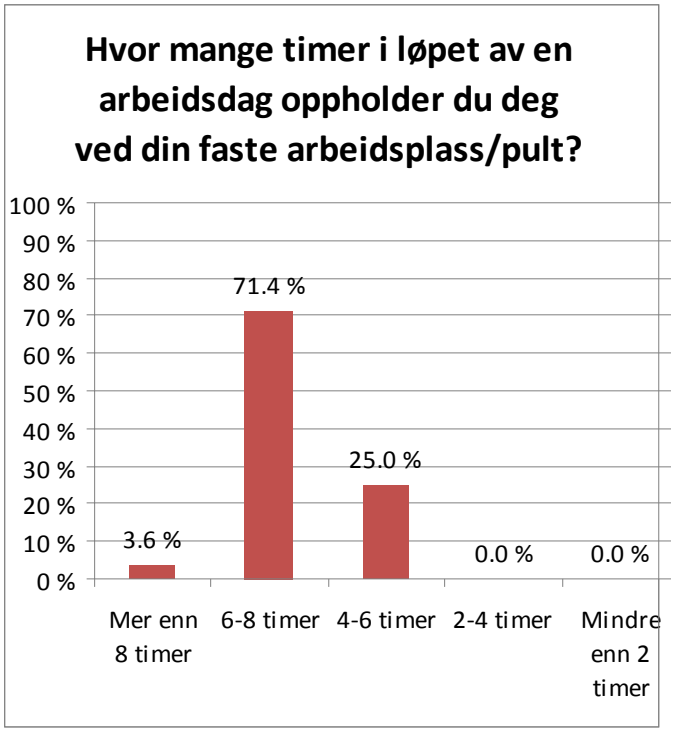



Det andre spørsmålet gikk ut på når de vanligvis gikk hjem fra jobb. For den kommunale etaten gikk de fleste hjem til ”vanlig” tid, med en typisk arbeidstid fra 08:00 til 16:00. I IT-bedriften var det mer varierende svar, og som figuren over viser gikk majoriteten hjem mellom 16:00 og 17:00, men tidspunktene kunne variere helt fra 14:00 til 19:00.

Figur 51 Hvor lenge hver ansatt oppholder seg ved sin faste plass, kommunal etat



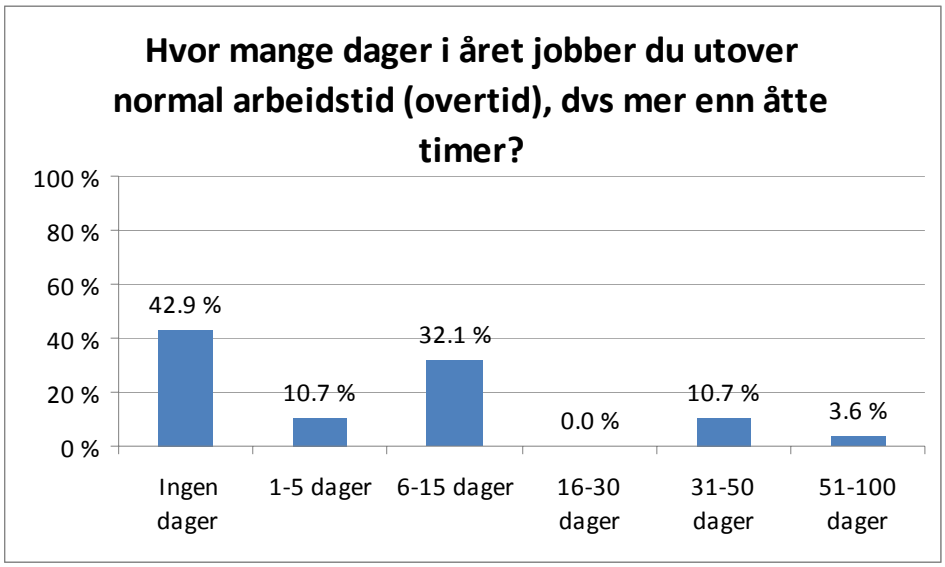

Figur 52 Hvor lenge hver ansatt oppholder seg ved sin faste plass, IT-bedrift



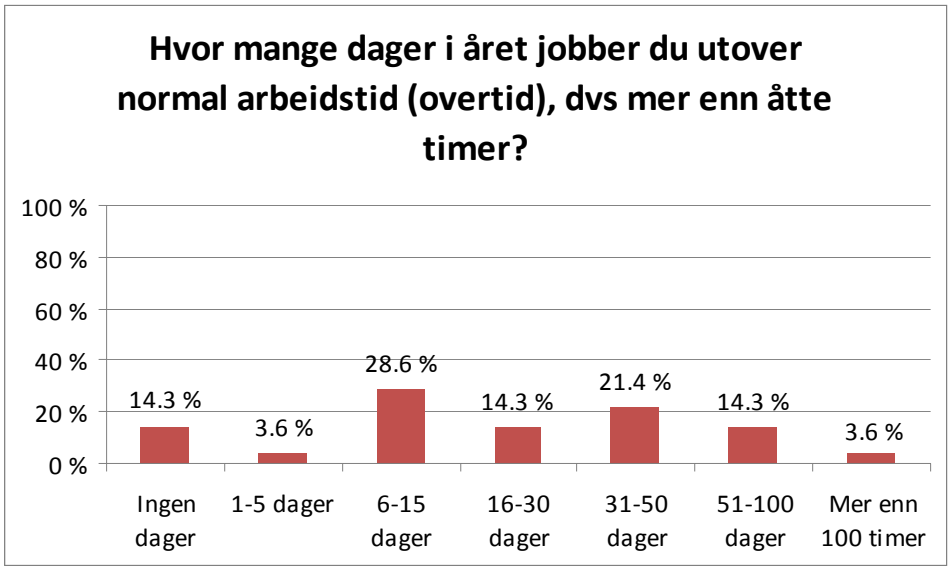

Det tredje spørsmålet gikk ut på hvor lenge man oppholdt seg på sin arbeidsplass i løpet av en vanlig arbeidsdag. Meningen er å få en oversikt over om den enkelte person befinner seg ved arbeidspulten, eller om han eller hun er mye vekke fra arbeidsplassen grunnet for eksempel møtevirksomhet eller befaringer. Om mange personer var vekke i arbeidstiden ville for eksempel ventilasjonsbehovet være langt mindre enn hvis alle var til stedet i lokalet.

Svarene fra spørreundersøkelsen var litt ulike for de to bedriftene. Mens de ansatte ved den kommunale etaten hadde et mer statisk arbeidsmiljø, hvor de kom tidlig på jobben og stort sett satt i ro og jobbet ved den faste pulten sin frem til de gikk hjem midt på ettermiddagen, hadde de ansatte i IT-bedriften et mer dynamisk miljø hvor de i større grad forflytter seg rundt i lokalet.

Figur 53 Hvor mange dager i året hver ansatt jobber overtid, kommunal etat

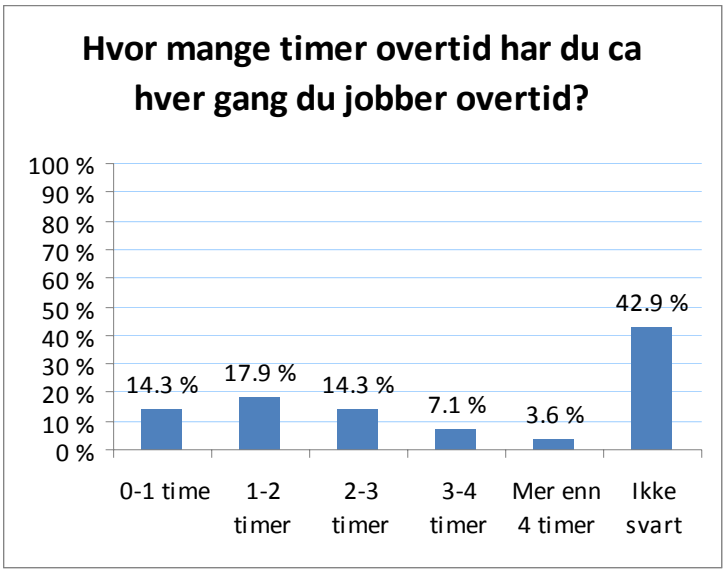



Figur 54 Hvor mange dager i året hver ansatt jobber overtid, IT-bedrift

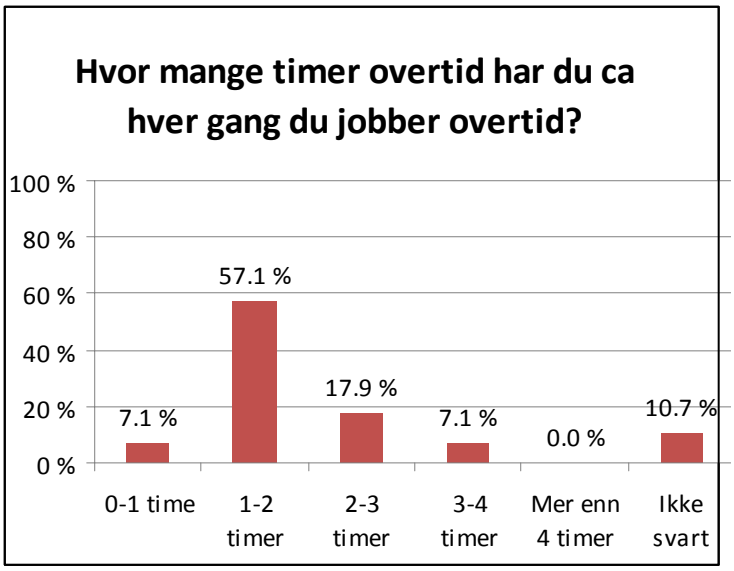



Den femte spørsmålet gikk ut på hvor mange dager i året hver enkelt ansatt jobbet utover normal arbeidstid som er ca åtte timer. Dette for å kartlegge behovet for å kjøre anlegget utover normal driftstid. Svarene var veldig ulike for de to bedriftene, og visere forskjellene i bedriftskulturen for de to leietagerne. Den kommunale etaten hadde en klar majoritet som jobbet lite eller ingen overtid, mens IT-bedriften hadde en klart større spredning i svarene med en relativt stor andel som jobbet en del utover normal arbeidstid.

Figur 55 Hvor mange timer man vanligvis jobber overtid, når man jobber overtid, kommunal etat




Figur 56 Hvor mange timer man vanligvis jobber overtid, når man jobber overtid, IT-bedrift

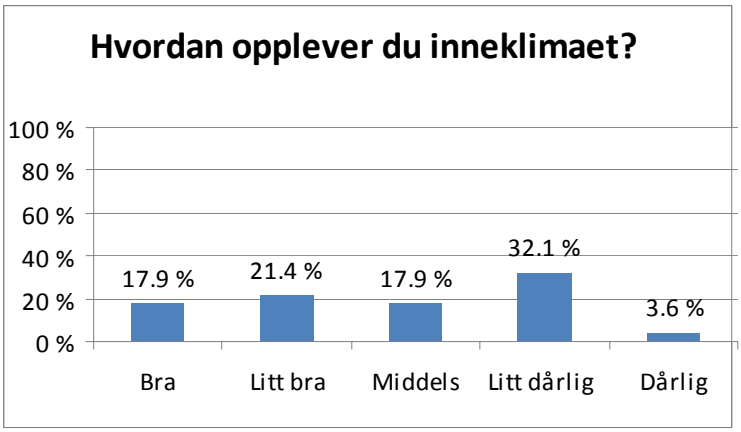



For å få en oversikt over hvor mange timer ut over normal brukstid personbelastningen var når de ansatte jobbet overtid, var det viktig å spørre om hvor mange timer de ca jobbet ut over normal arbeidstid når de jobbet overtid.

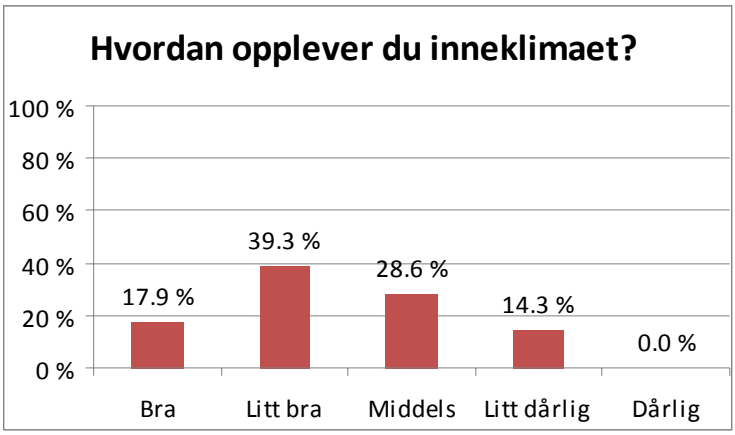
Ser man bort fra dem som ikke jobbet overtid (søyle: ikke svart), så ser man at for begge bedrifter jobber de flest mellom 1 og 2 timer når de jobber overtid. Dette resultatet er særlig interessant for IT-bedriften som kjører ventilasjonsaggregatet døgnkontinuerlig, slev om denne spørreundersøkelsen viser at det ikke er behov for akkurat det.

To ting som spørreundersøkelsen ikke gir svar på er om man oppholder seg på kontoret eller jobber hjemme, når man jobber overtid. I tillegg tar heller ikke spørreundersøkelsen høyde for hvor mange reisedøgn hver enkelt ansatt har. Således kan belastningen på kontorlokalene være mindre enn det spørreundersøkelsen gir uttrykk for.

Figur 57 Hver ansatt sin vurdering av inneklimaet, kommunal etat



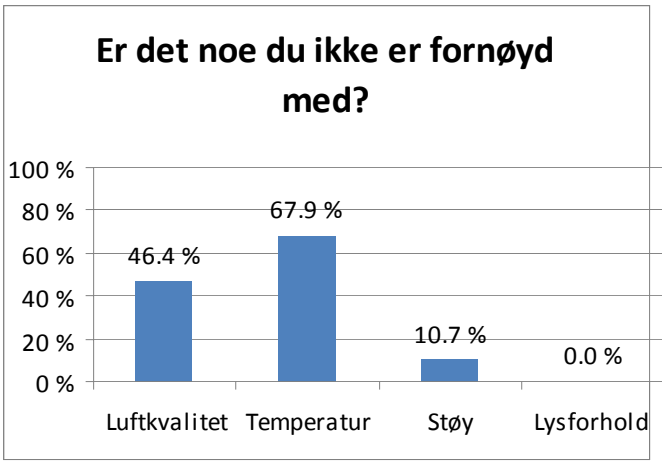

Figur 58 Hver ansatt sin vurdering av inneklimaet, IT-bedrift



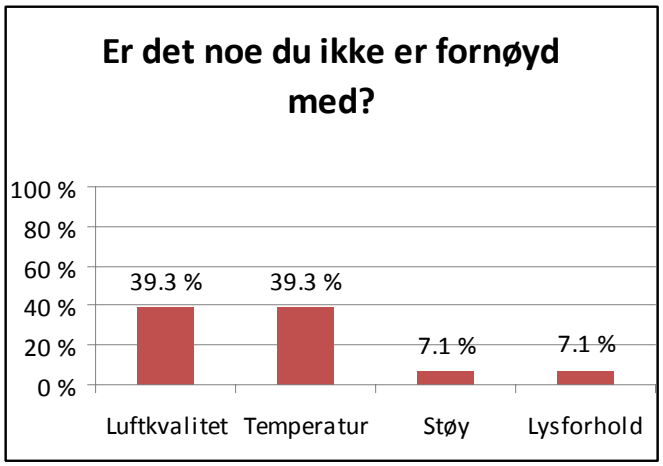

HVAC-anlegg utgjør en stor del av et kontorbyggs energibehov, og skal man utføre sparetiltak hos bedriften bør man først forhøre seg om brukerne er fornøyde. Derfor ble det stilt tre spørsmål som omhandlet nettopp inneklimaet i bygget.

Det første spørsmålet gikk ut på hvordan brukerne opplevde inneklimaet. Det er et veldig subjektivt spørsmål, siden det ofte er stor forskjell på folks forskjellig terskel for hva dem karakteriserer som et bra inneklima. En person kan for eksempel klassifisere et velfungerende anlegg som middels bra, mens en annen kan si det er veldig bra, selv om de egentlig opplever inneklimaet av samme kvalitet. Årsaken til det kan være at de legger listen for hva som er bra på et helt forskjellig nivå. Det er likevel interessant å merke seg forskjellen i besvarelsene på de to bedriftene, hvor IT-bedriften virker mer fornøyd enn den kommunale etaten. Den kommunale bedriften kjører en høyere romtemperatur, og dette kan føre til at romluften kan oppleves som tung.

Figur 59 Hvilen kategori av inneklimaet man ikke er fornøyd med, kommunal etat



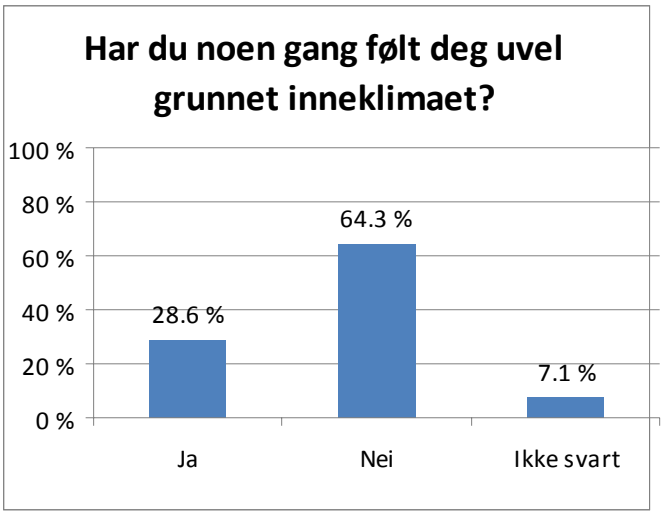

Figur 60 Hvilken kategori av inneklimaet man ikke er fornøyd med, IT-bedrift



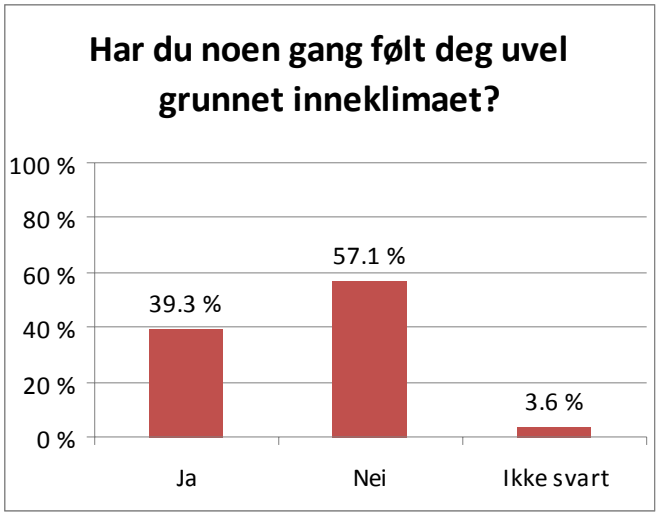

Det første oppfølgingsspørsmålet gikk ut på å kartlegge hva brukeren var misfornøyd med. Hos den kommunale etaten var det et flertall som var misfornøyde med temperaturen. Noen kommenterte at det var for kaldt om sommeren og for varmt om vinteren, men siden kun et fåtall kommenterte akkurat det, er det vanskelig å trekke noen bastante konklusjoner ut av det. Hos begge leietagerne var det få som uttrykte misnøye med støyen, til tross for at bygget ligger ved en meget trafikkert veistrekning.

Luftkvaliteten var det mange som var misfornøyde med både hos den kommunale etaten og hos IT-bedriften. Tallet var litt høyere hos den kommunale etaten, og det kan skyldes at lufttemperaturen er noe høyere der, enn hos IT-bedriften.

Figur 61 Prosentvis oversikt over hvor mange som har følt seg uvel grunnet inneklimaet, kommunal etat




Figur 62 Prosentvis oversikt over hvor mange som har følt seg uvel grunnet inneklimaet, IT-bedrift




I det andre oppfølgingsspørsmålet, og siste spørsmålet i spørreundersøkelsen, ble deltagerne spurt om de noen gang hadde blitt dårlig av det de opplevde som et dårlig inneklima. Der var det, spesielt hos IT-bedriften, overraskende mange som svarte ja.

Av de som kun var misfornøyd med enten det termiske eller det akustiske miljøet, var det ingen som svarte ja på det siste spørsmålet. Da var det en langt tydelige korrelasjon mellom de som svarte ja på det siste spørsmålet, og de som ikke var fornøyd med luftkvaliteten eller lysforholdene.

Som nevnt tidligere i rapporten, er svarene man får i slike undersøkelser veldig subjektive, og personavhengig. Dette kommer frem i den undersøkelsen når de ansatt ved IT-bedriften virket mest fornøyd med inneklimaet i spørsmål 7, mens de samtidig hadde flere personer som hadde følt seg uvel i arbeidstiden på grunn av for dårlig inneklima. En annen faktor er at undersøkelsen ikke gir svar på hvor mange ganger deltagerne har blitt dårlig. For eksempel ved anleggsstans på grunn av vedlikehold vil luftkvaliteten bli merkbart dårligere, og sannsynligheten for at folk vil føle seg uvel øke, men samtidig trenger ikke det å bety at luftkvaliteten er dårlig ellers i året.

Det har så langt kun vært et tilfelle hvor en av brukerne i bygget har blitt sykemeldt grunnet inneklimaet. Det var en ansatt i den kommunale etaten som hadde tydelige symptomer på såkalt "Sick Building Syndrome" (3), med rennende nese, hodepine, tørre slimhinner og rødsprengte øyne. Det ble da utført testing av luftkvaliteten i lokalet, uten at det gav noen indikasjoner på at luftkvaliteten ikke holdt høy nok standard (4).

### Varmetilskudd fra personer

Varmetilskudd per person er satt til 120 W (8), og fra spørreundersøkelsen ble det opplyst at det var 38 personer med kontorplass i IT-bedriften, mens det var 47 personer i med kontorplass i lokalene til den kommunale etaten. For dagligvarebutikken er det brukt normative verdier for forretningsbygg som er på 10 W/m² (7).

### Utstyr

For å finne beregnet energibehovet til kjøle- og frysedisker i dagligvarebutikken ble det tatt utgangspunkt i erfaringsverdier fra en Fakta-butikk i Beder (Danmark) (9). Referanseprosjektet er ikke nødvendigvis reelt i forholdt til kjøle- og frysediskene i dagligvarebutikken, men det vil gi en pekepinn på energibehovet.

For å beregne arbeidet tar man utgangspunkt i en carnot-prosess, og bruker beregningsmetoden under for å beregne det elektriske arbeidet som måtte tilføres.

Det ble benyttet følgende dimensjonerende ytelser:

- Kjøledisk: Kuldeytelse = 21 KW, fordampningstemperatur = 259 K
- Frysedisk: Kuldeytelse = 10 kW, fordampningstemperatur = 241 K
- Kondenseringstemperatur = 300 K
- Carnotvirkningsgrad = 0,5

$$\varepsilon_C = \frac{T_C}{T_H - T_C}$$

$T_H =$ Kondenseringstemperatur

$T_C =$ Fordampningstemperatur

Benyttet carnotvirkningsgrad til å beregne reell kuldefaktor

$$\eta_C =\sim 0,4 - 0,6 = \frac{\varepsilon_V}{\varepsilon_C}$$

$\eta_C$ er carnotvirkningsgrad for $CO_2$ som arbeidsmedium

$\varepsilon_V$ er reell kjølefaktor

$\varepsilon_C$ er carnot kjølefaktor

Tilført arbeid blir da:

$$W = \frac{Q_0}{\varepsilon_V}$$

$Q_0$ er dimmensjonerende kuldeytelse

Nødvendig tilført effekt kjøledisk = 6,65 kW

Nødvendig tilført effekt frysedisk = 4,90 kW

For kontorbedriftene vil det bli brukt normtall fra Enova (10).

Effektbehov kontorbygg = 14 W/m2

## Belysning

Energibruk til belysning avgjøres hovedsakelig av to faktorer, tilgang på dagslys og sonens/lokalets bruksformål. Som nevnt består denne bygningen av en dagligvarebutikk og to kontorbedrifter, hvor dagligvarebutikken har et annet behov for belysning enn kontordelen.

For å beregne energibruk til belysning i kontorlokalene vil det bli brukt normtall fra Enova for kontorbygg bygget etter 1997 i Midt-Norge kyst (10). Enova oppgir ikke noen verdier for belysning i dagligvarebutikker, og derfor vil det bli benyttet nominelle verdier for belysning i forretningsbygg fra NS 3031 (7), selv om det er beregnet for Osloklima.

Kontorbygg: 13 W/m2

Forretningsbygg: 15 W/m2

For å beregne energibehovet og energibruken til belysning mer eksakt bør man bruke anbefalte metode fra NS-EN 15193 (11), som er vist nedenfor.

Total estimert energi til belysning:

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t} \; [kWh]$$

der

$W_{L,t}$ = Lysenergien som er påkrevd for å oppfylle det gjeldende kravet til illuminans for rommet.

$$W_{L,t} = \sum \frac{\{(P_n \times F_c) \times (t_D \times F_o \times F_D) + (t_N \times F_O)\}}{1000} [kWh]$$

der

$P_n$ = Totalt installert lysffekt i et rom eller sone [W]

$F_c$ = Konstant illuminansfaktor, den forteller hvor stor andel av lyset som benyttes effektivt

$t_D$ = Antall timer lysanlegget opererer samtidig som dagslyset

$F_o$ = Brukeravhenghetsfaktor

$F_D$ = Dagslysavhenglhetsfaktor

$t_N$ = Operative timer utenfor dagslyssonen

$W_{P,t}$ = Lys til nødlys og andre "unødvendige" belysningsprosjekter

$$W_{P,t} = \frac{\Sigma\left\{\left[P_{Pc} \times \left[t_y - (t_D + t_N)\right]\right] + (P_{em} \times t_{em})\right\}}{1000} [kWh]$$

der

$P_{Pc}$= Totalt installert effekt til alle kontrollsystemer i luminans i rom og soner hvor lamper ikke operer [W]

$t_y$ = Antall timer i året => 8760 h

$P_{em}$ = Totalt installert lyseffekt for alle nødlys i rom/sone

$t_{em}$ = Antall timer nødlyset lader seg

I eksisterende bygg kan ofte det parasittiske energiforbruket ikke være kjent, og vanskelig å finne. I så tilfelle kan det settes til følgende data:

$$W_P = 6\left[\frac{kWh}{m^2 \text{år}}\right]$$

I eksisterende bygninger hvor effektbruken til belysningen ikke er kjent kan man telle lyskildene i den aktuelle sonen manuelt og multiplisere det med effekten:

$$* P_t = (\text{the lamp rated power}) \times (\text{number of lamps in the luminare})$$

Det er viktig å ta hensyn til hvilken type belysningskilde som er blitt brukt og hvilken type forkobling eventuelle lysrør bruker. Konvensjonelle lysrør har en høyere effektbruk en elektronisk forkoblede lysstoffrør, men det første er alternativet er ofte benyttet grunnet lavere investeringskostnader.

## Gulvareal og luftmengder

Gulvareal og luftmengder er beregnet ut i fra plantegninger, med anviste tilluft- og avtrekksmengder.

**Tabell 5 Gulvareal og luftmengder**

| Gulvarealer | | | |
|---|---|---|---|
| | **Areal [m²]** | **Luftmengde [m³/h]** | **Luft/areal [(m³/h)/m²]** |
| **Underkjeller** | 26,06 | 400 | 15,3 |
| **Kjeller** | 621 | 2000 | 3,2 |
| 1 etg. Butikk | 598,41 | 9000 | 15,0 |
| 1 etg. Heis | 5,64 | 0 | 0,0 |
| 1 etg. Trapperom | 54,88 | 0 | 0,0 |
| **Total** | 658,93 | 9000 | 13,7 |
| 2. etg. Kontor | 525,88 | 4910 | 9,3 |
| 2 etg. Heis | 5,64 | 0 | 0,0 |
| 2 etg. Trapperom | 50,32 | 0 | 0,0 |
| **Total** | 581,84 | 4910 | 8,4 |
| 3. etg. Kontor | 551,88 | 4880 | 8,8 |
| 3. etg. Heis | 5,64 | 0 | 0,0 |
| 3. etg. Trapperom | 24,32 | 0 | 0,0 |
| **Total** | 581,84 | 4880 | 8,4 |
| 4. etg. Kontor | 502 | 5050 | 10,1 |
| 4. etg. Heis | 5,64 | 0 | 0,0 |
| 4. etg. Trapperom | 34,24 | 0 | 0,0 |
| **Total** | 541,88 | 5050 | 9,3 |
| 5. etg. Kontor | 436,72 | 4223 | 9,7 |
| 5. etg. Heis | 5,64 | 0 | 0,0 |
| **Total** | 442,36 | 4223 | 9,5 |
| 6. etg. Kontor | 327,54 | 3400 | 10,4 |
| **Total** | 327,54 | 3400 | 10,4 |
| **Total** | 3781,45 | 33863 | 9,0 |

Totalt brutto areal er beregnet til 3781 m², som er litt mindre enn det oppgitte arealet fra EOS-loggen på 3946 m² (14). Hva som utgjør feilmarginen er usikkert, men en forklaring kan være at arealet til dagligvarebutikken som ligger inne i nabobygget er tatt med i det største arealet.

Luftmengdene til dagligvarebutikken ligger på 15 m³/(h·m²), om man ser bort fra fellesarealet, som er over minimumskravet (7) til foretningsbygg på 13 m³/(h·m²). For kontorlokalene ligger luftmengdene på mellom 9 og 11 m³/(h·m²), og over minimumskravet på 7 m³/(h·m²).

## Energibehov for snøsmelteanlegg

For et Osloklima vil effektbehovet for et snøsmelteanlegg ligge typisk i området 200-250 W/m² (25).

Tar man da utgangspunkt i at anlegget går for fullt fra midten av november til midten av mars vil få et totalt antall driftstimer på 2904 timer. Noe som gir et årlig energibehov på 181 500 kWh/år.

Hvor vidt effekt og antall driftstimer stemmer overens med virkeligheten er veldig usikkert, men resultatet gir en pekepinn på hvilken størrelsesorden det totale energibehovet til et snøsmelteanlegg kan komme opp i.

## Energibehov til varmt tappevann

Til å beregne energibehovet til varmt tappevann blir det benyttet normative verdier for varmtvann fra Enøk normtall for kontorbygg og lager, bygget i Midt-Norge kyst etter 1997. Bygget ble som tidligere nevnt bygget i Trondheim i 2003 etter gjeldende forskrifter fra 97, og energimålingene som er blitt gjort er basert på Trondheimsklima. For dagligvarebutikken ble lager brukt som referanse, med den årsak at det var den kategorien som kan best sammenlignes med en dagligvarebutikk når det gjelder energibruk til det området.

Følgende verdier vil bli benyttet:

Kontorbygg: 10 kWh/(m2år)

Lager (dagligvarebutikk): 4 kWh/(m2år)

## Beregnet SFP-faktor

For å beregne SFP-faktor benyttes følgende formel:

$$SFP = \frac{\sum P}{\dot{V}} \left[ kW / m^3 / s \right]$$

der

$\sum P =$ summen av alle vifteeffekter, kW

$\dot{V} =$ totalt sirkulert luftmengde netto, [m$^3$/s]

Til å beregne SFP-faktorene til de tre aggregatene ble det benyttet maksimalt dimensjonert luftmengde for aggregatet og maksimal elektrisk effekt over viftene. Dette vil ikke gi den korrekte SFP-faktoren til aggregatet siden verken anlegget eller viften kjører på maksimal belastning, men siden det ikke foreligger noe data over effektbruken til viften vil de overnevnte parametrene bli brukt.

**Dagligvarebutikk:**

Dimensjonert luftmengde aggregat: 13 500 m3/h

Maksimal effekt tilluftsvifte: 7.5 KW

Maksimal effekt avtrekksvifte: 7.5 kW

**SFP = 4 kW/(m3/s)**

**IT-bedrift:**

Dimensjonert luftmengde aggregat:18400 m3/h

Maksimal effekt tilluftsvifte: 7.5 kW

Maksimal effekt avtrekksvifte: 7.5 kW

**SFP = 2.9 kW/(m3/s)**

**Kommunal etat:**

Dimensjonert luftmengde aggregat: 15 000 m3/h

Maksimal effekt tilluftsvifte: 7.5 KW

Maksimal effekt avtrekksvifte: 7.5 kW

**SFP = 3.6 kW/(m3/s)**

Alle de tre verdiene er relativt høye og godt over den veiledende verdien fra NS 3031 på 2 kW/(m3/s), og med tanke på at det ikke var de korrekte innparametre som ble brukt i beregningen så gir denne beregningen neppe korrekt verdi for de tre ventilasjonsanleggene.

For utregning av energi til viftedrift i bygget ble det brukt følgende formel:

$$E_{fan,i} = \frac{\dot{V}_{on} SFP_{on} t_{i,on} + \dot{V}_{red} SFP_{red} t_{i,red}}{3600} \left[ kWh \right]$$

$t_{i,on}$ er antall timer i driftstiden i måned $i$, i h;

$t_{i,red}$ er antall timer utenfor driftstiden i måned $i$, i h;

$SFP_{on}$ er spesifikk vifteeffekt relatert til luftmengder i driftstiden, i kW/(m$^3$/s);

$SFP_{red}$ er spesifikk vifteeffekt relatert til luftmengder utenfor driftstiden, i kW/(m$^3$/s);

$\dot{V}_{on}$ er luftmengde i driftstiden, i m$^3$/h;

$\dot{V}_{red}$ er luftmengde i driftstiden, i m$^3$/h.

$$E_p = \dot{V}_w SFP t_{dr} \left[ kWh \right]$$

$\dot{V}_w$ er sirkulert vannmengde gjennom pumpen, i l/s

$SFP$ er spesifikk pumpeeffekt, i kW/(l/s)

$t_{dr}$ er antall driftstimer i året for pumpe, i h

For beregning av energi til pumper kan man bruke veiledende verdier for SFP og sirkulert vannmengde NS 3031 (5):

## Beregnet bruk av fjernvarme

Bygningen benytter, som nevnt tidligere, fjernvarme til oppvarming av ventilasjon, romoppvarming, varmt tappevann og fortausvarme. Til beregning av levert energi til de nevnte formålene minus fortausvarme ble det benyttet følgende formel.

$$E_{del,dh} = \frac{Q_{H,nd} f_{H,dh} + Q_{W,nd} f_{W,dh}}{\eta_{dh}} [kWh]$$

der

$f_{H,dh}$ er andel av nettoenergibehov for romoppvarming og ventilasjonsvarme som dekkes av fjernvarmebasert varmesystem;

$f_{W,dh}$ er andel av netto energibehov for oppvarming av tappevann som dekkes av et fjernvarmebasert varmesystem;

$\eta_{dh}$ er årsgjennomsnittlig virkningsgrad for det fjernvarmebaserte varmesystemet;

$Q_{H,nd}$ er energibehov til romoppvarming og ventilasjonsvarme;

$Q_{W,nd}$ er energibehov til oppvarming av varmt tappevann;

Årsgjennomsnittlig virkningsgrad er på 0,88 for dette bygget (6).

## Driftstider

Driftstider har stor påvirkning på energibruken til nye bygninger, og unødvendige lange driftstider utgjør en viktig årsak til at energibruken ikke går ned i moderne kontorbygg (27).

Dette bygget har hovedsakelig tre forskjellige ventilasjonsanlegg, et for hver leietager. Hvert av disse ventilasjonsanleggene har forskjellige driftstider styrt etter leietagerens ønske.

IT-bedriften kjører døgnkontinuerlige med en konstant luftmengde, med frekvensomformeren på ca 72 %.

Dagligvarebutikken har en mer begrenset driftstid knyttet opp mot butikkens åpningstider. Anlegget går med konstant luftmengde fra:

Mandag – fredag: 07:00-22:00
Lørdag: 08:00-20:00

For den kommunale etaten er det litt annerledes, noe som hovedsakelig skyldes en feil i anlegget.

Tar man utgangspunkt i tirsdag som startdag, så starter anlegget kl 03:00 på redusert drift for så å starte for fullt fra kl 07:00. Kl 17:00 går den igjen over til redusert drift, før den stenger helt kl 18:00. Denne prosessen gjentar seg selv frem til fredag kl 17:00, hvor den i stedet for å gå i redusert drift, kjører for fullt frem til kl 17:00 mandag ettermiddag. Etter dette kjører den som vanlig redusert drift frem til kl 18:00, for så å starte opp igjen kl 03:00 tirsdag morgen.

Oppsummert:
Tirsdag - fredag: 03:00-07:00 redusert drift
Tirsdag - torsdag 07:00-17:00 full drift
Mandag - torsdag 17:00-18:00 redusert drift
Fredag – mandag: døgnkontinuerlig full drift fra 07:00 til 17:00

Den døgnkontinuerlig driften fra fredag til mandag skyldes feil i anlegget, og den ble oppdaget først nylig. Fra de historiske dataene i METASYS kan man se at feilen har foregått over langt tid (12), og den vil derfor bli tatt hensyn til når man skal beregne energibruken til bygget.

Både IT-bedriften og den kommunale etaten har som nevnt tidligere installerte timere i hver etasje for å kunne utvide driftstiden ved utvidet brukstid, ved for eksempel overtid. Dette er kun aktuelt for den kommunale etaten siden IT-bedriften kjører døgnkontinuerlig.

Når det gjelder belysning har man ingen automatisering og man må derfor slå på og slukke dem manuelt. Derfor er det vanskelig å fastslå bestemt driftstider for belysningen, bortsett fra dagligvarebutikken hvor belysningen følger butikkens åpningstider.

Bygget har ingen form for termostatstyrt nattsenking om natten når det gjelder oppvarmingen, bortsett fra at pumpene går for halv drift utenfor driftstiden.

## Simuleringer

Til å beregne energibruken i bygget vil det bli brukt et simuleringsverktøy som heter FRES. FRES er utviklet ved NTNU og kjøres i Matlab.

FRES er et dynamisk simuleringsverktøy med flere begrensinger som gjør det vanskelig å gjøre eksakte beregninger. I FRES må hvert bygg beregnes som det er rektangulært, noe det sjeldent er, og man har kun to forskjellige driftsbetingelser. I dette bygget varierer, som vist tidligere, driftsbetingelsene for hver etasje. Derfor vil det bli kjørt egne simuleringer for hver etasje, bortsett fra underkjeller som utgjør en så liten del av byggets totalareal at den vil bli kjørt sammen med hovedkjeller.

Bygget har som tidligere nevnt avtrekkskompensert tilluft hvor temperaturen på tilluften styres av en kompenseringskurve som harmonere med temperaturen på avtrekket. En slik funksjon lar seg ikke gjennomføre i FRES, og tilluften må dermed bli satt til en konstant verdi. Dette vil komme til å utgjøre en feil ved beregning av energibehovet, og som det er vanskelig å anta størrelsesordenen på.

Bidrag på tilluftstemperaturen fra viften på 1 °C og maks virkningsgrad til gjenvinneren på 75 % er fast for samtlige simuleringer.

Infiltrasjonsraten vil bli satt fast til 0,2 for samtlige simuleringer bortsett fra kjelleretasjen.

Ingen av etasjene har nattsenkingsfunksjon på romtermostaten, og alle romtermostater vil således ha en konstant verdi alle dager i året.

Resultatet for energibehov for varmtvann, vifter og pumper er ikke beregnet i simuleringsprogrammet. FRES regner ut et energibehov til viftene, men det bruker en SFP-faktor på 4,8 som er langt høyere enn dette anleggets SFP-faktor.

### Kjeller

Det målte arealet på kjeller og underkjeller ble målt til henholdsvis 621 og 26 m², men siden programmet kun beregner grunnflater som rektangulære og at kjelleren er veldig ujevnt varmet opp ble arealet satt til 625 m².

Tall for effektbelastninger i kjelleretasjen er veldig vanskelig å fastslå siden det ikke finnes noen normtall for slike deler av bygning. Det fører til at kjelleretasjer ofte blir neglisjert i beregningene, selv om alle kjellere i kommersielle bygg er oppvarmet og således har en signifikant energibruk.

I dette bygget vil effektbruken til lys bli satt til 3 W/m², som er begrunnet i en befaring av bygget hvor flere av lysene i kjelleretasjen sto på. Tar man i tillegg i betraktning at bygget ikke har noen rutiner for manuell slukking eller automatisering av belysningen er det rimelig å anta at driftstiden vil være døgnkontinuerlig.

For utstyr vil man ha en del spillvarme siden samtlige tekniske anlegg er plassert her, i tillegg til serverrommet til IT-bedriften som avgir mye varmet. Derfor vil utstyret i denne delen av bygget bli satt likt normative verdier for kontorbygg etter NS 3031 (7). Driftstiden vil bli satt lik belysningen.

For personbelasting er tilført effekt satt lik en person 120 W innenfor normal driftstid, i hverdager fra 7 til 17. Dette begrunnes med at det er garderober i denne etasjen, og at derfor antas at den er en person til stede hele tiden.

Når det gjelder ventilasjon blir kjelleretasjen forsynt av samme aggregat som IT-bedriften, og følger således samme driftsbetingelser. Settpunkttemperaturen settes derfor lik 19 °C.

Oppvarmingsbehovet i kjelleretasjen er lavt og termostattemperaturen for oppvarming og kjøling er derfor satt slik at energibruken skal bli lavest mulig i simuleringene. Oppvarming er satt fast til 15 °C for hele året. Et eventuelt kjølebehov er vanskelig å tallfeste siden det er kun et rom som har et kjølebehov, men det vil bli gjort et anslag på det etter simuleringene er gjort.

Maks effekt for oppvarming er satt til en fiktiv verdi som gjør at varmesentralen alltid har nok effekt til å varme opp lokalet. Det samme gjelder for varmebatteriet på ventilasjonen, selv om det ikke stemmer helt med virkeligheten.

ΔT over viften er satt til 1 °C, og viften er plasseringen er gjort som anvist i systembeskrivelsen til aggregatet (Figur 1 Ventilasjonsaggregat underkjeller, kjeller, 2.etg og 3.etg).

Virkningsgrad for varmegjenvinner er satt til 75 %.

Infiltrasjonen vil bli neglisjert siden bygget ikke grenser til friluft og ferdselen er såpass lav.

På grunn av begrensninger i programmet blir alle ytterveggene satt til å grense til friluft, noe som vil gi et noe uriktig bildet av varmetapet. For å kompensere for dette er U-verdien satt relativt lavt til 0,1 W/m²K.

Det foreligger ingen opplysninger om U-verdien til gulvet, og den vil derfor bli satt til 0,15 W/m²K som er i henholdt til byggforskriftene fra 97.

**Tabell 6 Energibudsjett kjelleretasje**

| Energipost | Energibehov [kWh/år] | Spesifikt energibehov [kWh/(m²·år)] | Energibruk [kWh/år] | Spesifikk energibruk [kWh/(m²·år)] |
|---|---|---|---|---|
| Romoppvarming | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Ventilasjonsvarme | 38,7 | 0,1 | 44,0 | 0,1 |
| Varmtvann | 2500,0 | 4,0 | 2840,9 | 4,5 |
| Vifter | 7540,0 | 12,1 | 7540,0 | 12,1 |
| Pumper | 14,5 | 0,0 | 14,5 | 0,0 |
| Belysning | 16425,0 | 26,3 | 16425,0 | 26,3 |
| Teknisk utstyr | 60225,0 | 96,4 | 60225,0 | 96,4 |
| Kjøling | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | | | | |
| Total | 86743,2 | 138,8 | 87089,4 | 139,3 |

Det er vanskelig å tolke energibruken til kjelleretasjen, siden man ikke har noen referanse på energibehovet, som man har med andre bygg. Det må likevel tas med siden det tilkoblet både varmesentral og ventilasjonsanlegg, i tillegg til at alle tekniske anlegg er installert her.

Tabellen gir neppe et riktig svar på selve formålsfordelingen i denne etasjen, men det kan mulig gi et bilde av den totale energibruken for denne etasjen. Som nevnt tidligere har Yahoo et eget serverrom med et stort kjølebehov installert i kjelleren, men det er vanskelig å få beregnet det med dette simuleringsverktøyet. Ellers kan man registrere at energibruken for oppvarming er veldig liten i forhold til de elektriske installasjonene, og det skyldes at bidraget fra utstyret ble såpass høyt i denne beregningen.

**Tabell 7 Energibudsjett kjelleretasje etter redusering av driftstid**

| Energipost | Energibehov [kWh/år] | Spesifikt energibehov [kWh/(m²·år)] | Energibruk [kWh/år] | Spesifikk energibruk [kWh/(m²·år)] |
|---|---|---|---|---|
| Romoppvarming | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Ventilasjonsvarme | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Varmtvann | 2500,0 | 4,0 | 2840,9 | 4,5 |
| Vifter | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Pumper | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Belysning | 16425,0 | 26,3 | 16425,0 | 26,3 |
| Teknisk utstyr | 60225,0 | 96,4 | 60225,0 | 96,4 |
| Kjøling | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | | | | |
| Total | 79150,0 | 126,6 | 79490,9 | 127,2 |

I tillegg til å beregne energibruken etter dagens driftbetingelser, ble det gjort en simulering av energibruken med nye driftsbetingelser for IT-bedriften. Siden kjelleretasjen ligger på samme aggregat som IT-bedriften måtte man kjøre en ny beregning også på denne etasjen.

## Dagligvarebutikk 1 etasje

I første etasje ble bruttoarealet målt til659 m², men siden modulen i simuleringsprogrammet er rektangulært ble arealet satt 650 m². I simuleringene er det lagt vekk på å få arealet mest mulig likt med virkeligheten, og derfor er veggarealet gjort noe mindre enn hva tabellen tidligere i rapporten viser. Grunnarealet er ikke kvadratisk og den korteste lengden vil være den som grenser til nabobygget siden dette harmonerer best med de målte verdiene.

Bygget grenser har to frittstående fasader, nord- og vestfasaden, og to fasader som delvis grenser til andre oppvarmede bygninger. I dette simuleringsverkøyet må fasaden enten grense til nabobygget eller til friluft. For å kompensere for dette ble østfasaden satt til å grense til nabobygget, mens sørfasaden ble satt til å grense til friluft. Dette er begrunnet med at det er større andel av østfasaden som grenser til et nabobygg enn sørfasaden.

For vinduene er det brukt samme innparametre som tabellen i rapporten angir. Vinduene i 1 etasje har ingen utvendige persienner, men har en del hyller og vindusplakater som vil dempe solinnstrålingen noe, men siden det ikke finnes noen verdier for slike faktorer er det ikke tatt hensyn til det i simuleringene. Solavskjermingen vil derfor bli satt til 0,9 som er anbefalt fra NS 3031 (24).

Driftstidene for belysning og personer vil bli satt likt for ventilasjonsanlegget som er anvist tidligere i rapporten. For utstyr vil driftstidene være døgnkontinuerlige siden dette stort sett består av kjøle- og fryseanlegg. Driftstidene er for dagligvarebutikken er som nevnt tidligere 15 timer i hverdagene og 12 timer på lørdagen. Gjennomsnittlig hver uke blir det 14,5 timer per dag, men siden programmet bare vil ta inn heltallsverdier bil driftstiden satt til 15 timer hver dag.

For belysning, personbelastning og utstyr vil det bli brukt samme verdier som anvist tidligere i rapporten.

Luftmengder ventilasjon er satt til 9000 $m^3/h$ med en settpunkttemperatur på 20,5 °C.

Romtermostaten er satt til 21 °C for oppvarming og 24 °C for kjøling. Når det gjelder kjøling kan man ikke kjører simuleringer med kanalmonterte kjølebatterier, og det kan kun simuleres med lokale kjøleelementer. Noe som gjør man av og til vil kunne risikere å kjøre med en tilluftstemperaturen som er varmere enn innetemperaturen sommerstid.

Samtlige yttervegger har fått en U-verdi på 0,184 $W/m^2K$, som er midlingsverdi av de to mest dominerende fasadetypene YV2 og YV5. Sør- og vestfasaden har blitt tilegnet egenskapen ”tung” for å definere varmelagringsevnen i fasaden, som skyldes den dominerende bruken av teglstein. Sørfasaden har benyttet langt lettere bygningsmaterialer og får funksjonen ”middels”.

Glassarealet for hver fasade skal være identisk med målte verdier, noe som forårsaker at andel glass vil øke noe i forhold til andel andre bygningsmaterialer, og gi bygningen et større varmebehov.

Butikken har i tillegg til gjenvinneren tilført kondensasjonsvarme fra kjøl- og fryseanlegg. Dette vil helt klart gjøre behovet for ventilasjonsvarme langt mindre enn hva tilfelle ville vært hvis det ikke eksisterte en slik løsning, men på grunn av manglende informasjon om virkningsgrad og avgitt effekt fra kondensatorbatteriet er det vanskelig å ta det med i simuleringene. Det eneste man kan gjøre er å anslå at den reelle energibruken ville være lavere enn beregnet nedenfor.

**Tabell 8 Energibudsjett dagligvarebutikk**

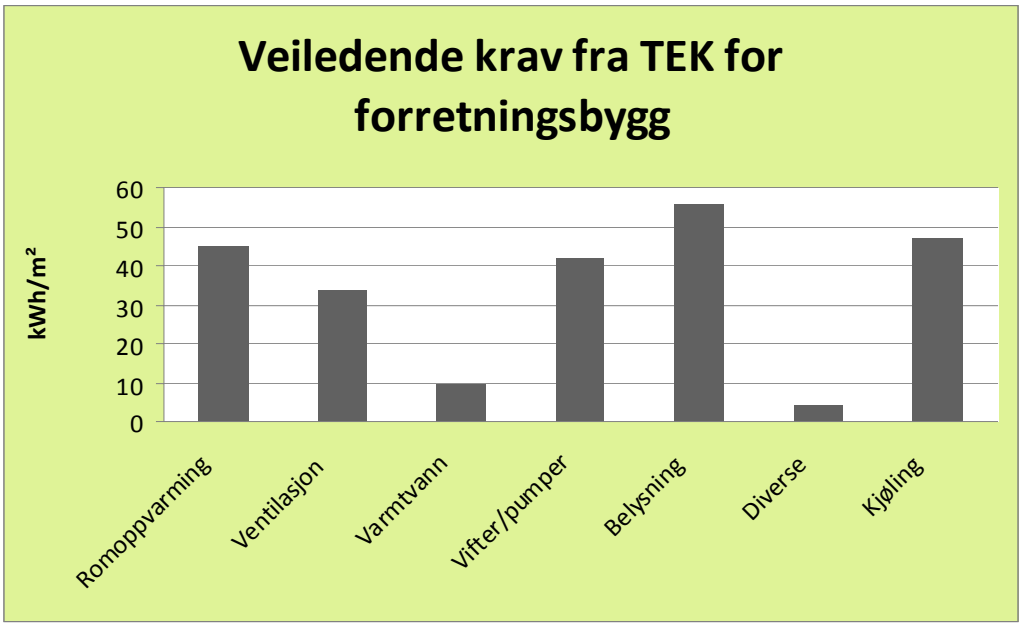
| Energipost | Energibehov [kWh/år] | Spesifikt energibehov [kWh/(m²·år)] | Energibruk [kWh/år] | Spesifikk energibruk [kWh/(m²·år)] |
|---|---|---|---|---|
| Romoppvarming | 21,0 | 0,0 | 23,9 | 0,1 |
| Ventilasjonsvarme | 9959,0 | 15,0 | 11317,0 | 17,1 |
| Varmtvann | 2652,0 | 4,0 | 3013,6 | 4,5 |
| Vifter | 45240,0 | 68,2 | 45240,0 | 68,2 |
| Pumper | 5495,0 | 8,3 | 5495,0 | 8,3 |
| Belysning | 43579,0 | 65,7 | 43579,0 | 65,7 |
| Teknisk utstyr | 101178,0 | 152,6 | 101178,0 | 152,6 |
| Kjøling | 69716,0 | 94,4 | 69716,0 | 94,4 |
| | | | | |
| Total | 277840,0 | 408,4 | 279562,5 | 411,0 |

Simuleringen for dagligvarebutikken viser at det primært er de elektriske installasjonen som krever mest energi, mens behovet for oppvarming er relativt lite. Det kan forklares med den store varmetilskuddet fra personer og elektriske installasjoner.

Sammenligner med den reelle elektrisitetsbruken for belysning og utstyr på 352 493 kWh, så viser det seg at simuleringene ikke har klart å gi et godt nok bilde av energibruken. Den mest sannsynlige forklaringen på det er at anslagene som er gjort med erfaringstallene for kjøle- og frysedisker i butikklokalet ikke samsvarte godt nok med verdiene for dette anlegget. Det samme gjelder for belysningen som sannsynligvis har en større elektrisitetsbruk enn det som kom frem i denne simuleringen.

Energibehovet for vifter og kjøling ligger godt over de veiledende kravene fra TEK og kan forklares med uriktige inputverdier. For vifter ble det brukt en SFP-faktor på 4,0 som man har liten garanti for at den er riktig siden den er beregnet med maks luftmengde og maks effekt. Når det gjelder kjøling blir dette nivået veldig høyt siden man ikke har noen form for utvendig solavskjerming og at bidraget fra utstyr og belysning vil påvirker kjølebehovet veldig i simuleringsprogrammet. I tillegg kan det diskuteres i at en infiltrasjonsrate på 0,2 er for lavt i en butikk med mye trafikk.

Figur 63 Veiledende krav fra TEK for forretningsbygg




Sammenlignet med veiledende krav fra TEK for forretningsbygg så ser man at dagligvarebutikken ligger godt innenfor kravene som baserer seg på oppvarming, men ligger godt over kravene når det gjelder elektrisitetsbruk. Samtidig kan man spørre seg hvor realistisk disse kravene er for dagligvarebutikker, da det er stor forskjell på elektrisitetsbehovet på en klesbutikk og en dagligvarebutikk.

## IT-bedrift 2. og 3. etasje

Bruttoarealet for IT-bedriften ble satt til 1176 m² noe som er litt større enn det målte arealet som er på 1164 m².

I motsetning til dagligvarebutikken har IT-bedriften utvendig solavskjermingen på alle fasadene bortsett fra nordfasaden. Grunnet begrensinger i simuleringsverktøyet ble samtlige fasader satt gitt en avskjermingsfaktor som angitt tidligere i rapporten.

Brukstiden for bygget er beregnet ut i fra spørreundersøkelsen tidligere i simuleringen, hvor alle deltakerne gav opplysninger på hvilke tidspunkter de var til stedet i bygget. Tilstedeværelsen ble satt til 7-19 med 80 % personbelasting. Bidraget fra datamaskiner og belysning ble satt høyt grunnet dårlig slukkerutiner blant de ansatte.

Øvrige innparametre ble satt i samsvar med angitte verdier fra SD-anlegget for å gi et mest mulig realistisk resultat.

**Tabell 9 Energibudsjett IT-bedrift**

| Energipost | Energibehov [kWh/år] | Spesifikt energibehov [kWh/(m²·år)] | Energibruk [kWh/år] | Spesifikk energibruk [kWh/(m²·år)] |
|---|---|---|---|---|
| Romoppvarming | 19053,4 | 16,4 | 21651,6 | 18,6 |
| Ventilasjonsvarme | 20814,3 | 17,9 | 23652,6 | 20,3 |
| Varmtvann | 11640,0 | 10,0 | 13227,3 | 11,4 |
| Vifter | 68895,5 | 59,2 | 68895,5 | 59,2 |
| Pumper | 5650,7 | 4,9 | 5650,7 | 4,9 |
| Belysning | 81148,8 | 69,7 | 81148,8 | 69,7 |
| Teknisk utstyr | 84794,6 | 72,8 | 84794,6 | 72,8 |
| Kjøling | 17382,4 | 14,9 | 17382,4 | 14,9 |
| | | | | |
| Total | 309379,7 | 265,8 | 316403,5 | 271,8 |

Energibudsjettet viser at IT-bedriften har et meget høyt bruk av energi til tekniske installasjoner som belysning og utstyr, i tillegg til en høy energibruk til viften. Dette har sammenheng med den døgnkontinuerlige driften, som bidrar til at elektriske installasjoner og viftebruk får lengre driftstid og en tilhørende økning i energibruken.

Fra målingene i EOS-loggen viser det seg at den virkelige elektriske energibruken er langt høyere enn det simuleringen kom frem til. Det må tillegges at IT-bedriften har et serverrom i kjelleretasjen som ligger på samme måler, men som ikke ble med i simuleringen grunnet manglende inndata. Det er derfor vanskelig å fastslå om det er dette som gjør at den beregnede energibruken ikke samsvarer bedre med den målte.

**Tabell 10 Energibudsjett IT-bedrift etter redusering av driftstid**

| Energipost | Energibehov [kWh/år] | Spesifikt energibehov [kWh/(m²·år)] | Energibruk [kWh/år] | Spesifikt energibruk [kWh/(m²·år)] |
|---|---|---|---|---|
| Romoppvarming | 1050,4 | 0,9 | 1193,6 | 1,0 |
| Ventilasjonsvarme | 3698,5 | 3,2 | 4202,8 | 3,6 |
| Varmtvann | 11640,0 | 10,0 | 13227,3 | 11,4 |
| Vifter | 30756,9 | 26,4 | 30756,9 | 26,4 |
| Pumper | 5487,7 | 4,7 | 5487,7 | 4,7 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Belysning | 81148,8 | 69,7 | 81148,8 | 69,7 |
| Teknisk utstyr | 84794,6 | 72,8 | 84794,6 | 72,8 |
| Kjøling | 51554,9 | 44,3 | 51554,9 | 44,3 |
| | | | | |
| Total | 270131,8 | 232,1 | 272366,7 | 234,0 |

Fo å redusere den høye energibruken til IT-bedriften ble driftstidene redusert fra døgnkontinuerlig til 15 timer fra 06:00 til 21:00 fem dager i uken. Spørreundersøkelsen som ble gjennomført vist ingen antydninger til at denne delen av bygget hadde et ventilasjonsbehov utover dette tidsrommet. Resultatet viste en klar reduksjon i energibruken til viftene som ble mer enn halvvert. Økningen i kjølebehov med et tilsvarende reduksjon i oppvarmingsbehov skyldes at driftstidene for utstyr og belysning ikke er redusert tilsvarende og når man fjerner ventilasjon samler det seg mye varme opp i løpet av natten som må kjøles ned dagen etter. Dette er ikke et realistisk alternativ siden den termiske tregheten i bygget ville ha gjort endringen mindre radikale enn det som skjedde i simuleringen.

## Kommunal etat 4., 5. og 6 etasje

For den kommunale etaten ble arealet i simuleringsprogrammet angitt til 1327,5 m², som er litt større enn det målte arealet på 1312 m².

Alle de tre fasadene har andel av tak som grenser til friluft, men grunnet begrensningene i simuleringsverktøyet er det bare femte etasje som har et varmetap gjennom via taket. Det igjen viktig å påpeke at simuleringsverkøyet kun kan regne på rektangulære bokser og at en forenkling som ble gjort med det var at skråtaket ble regnet som en vinkelrett vegg. Dette gjør at bygget får et større volum enn hva det har i virkeligheten. I tillegg får man mindre solbelastning siden man får en annen vinkel til solhøyden.

Den kommunale etaten har en høyere romtemperatur enn resten av bygget og er satt til 23 °C i denne simuleringen. Dette medfører et høyere oppvarmingsbehov enn det som er tilfelle for IT-bedriften.

På samme måte som for IT-bedriften er brukstiden bestem med hensyn på spørreundersøkelsen, og i motsetning til IT-bedriften har den kommunale etaten en langt kortere driftstid for utstyr og belysning noen man kan se på energibudsjettet.

Som nevnt tidligere i rapporten ble det oppdaget en feil i SD-anlegget som gjorde at det kjørte for fullt i helgene. Fo å ta hensyn til denne utvide driftstiden ble driftstidene for ventilasjonsanlegget satt til å gjelde fra 03:00 til 20:00 alle dager i uken, slik at man fikk samme antall driftstimer som i virkeligheten. I tillegg ble det tatt hensyn til at anlegget kjører på redusert drift fra 03:00 til 07:00 og fra 17:00 til 18:00 alle hverdager, ved at en time med halv drift ble en halv time med full drift.

Tabell 11 Energibudsjett kommunal etat med feil i SD-Anlegg

| Energipost | Energibehov [kWh/år] | Spesifikt energibehov [kWh/(m²·år)] | Energibruk [kWh/år] | Spesifikk energibruk [kWh/(m²·år)] |
|---|---|---|---|---|
| Romoppvarming | 90209,5 | 68,8 | 102510,8 | 78,1 |
| Ventilasjonsvarme | 20108,6 | 15,3 | 22850,7 | 17,4 |
| Varmtvann | 13120,0 | 10,0 | 14909,1 | 11,4 |
| Vifter | 80397,5 | 61,3 | 80397,5 | 61,3 |
| Pumper | 8756,3 | 6,7 | 5495,0 | 6,7 |
| Belysning | 53981,9 | 41,1 | 53981,9 | 41,1 |
| Teknisk utstyr | 58082,8 | 44,3 | 58082,8 | 44,3 |
| Kjøling | 30783,3 | 23,5 | 30783,3 | 23,5 |
| | | | | |
| Total | 355439,9 | 270,9 | 369011,1 | 283,7 |

Av energibudsjettet ser man at man har et klart høyere oppvarmingsbehov enn hva som er tilfelle for IT-bedriften, og det skyldes at termostaten for romtemperaturen er satt høyere.

Energibehovet til viftene er nesten like stort som for IT-bedriften noe som skyldes feilen i SD-anlegget, og det viser hvor store konsekvenser små feil i tekniske anlegg kan få for energibruken.

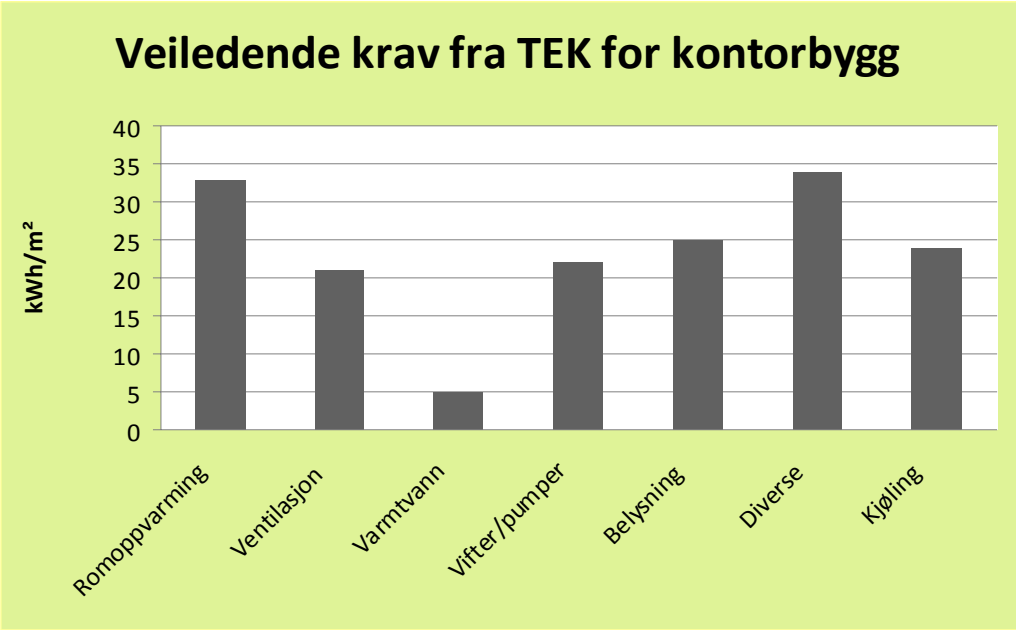
Energibruken til utstyret og belysning på 85,4 kWh er høyere sammenlignet med den målte energibruken på 58 689 kWh. Det kan enten bety at driftstiden er for lang i forholdt tilden virkelige driftstiden eller at installert effekt til belysning og utstyr er mindre enn angitt.

Tabell 12 Energibudsjett kommunal etat uten feil i SD-anlegg

| Energipost | Energibehov [kWh/år] | Spesifikt energibehov [kWh/(m²·år)] | Energibruk [kWh/år] | Spesifikt energibruk [kWh/(m²·år)] |
|---|---|---|---|---|
| Romoppvarming | 75301,1 | 57,4 | 85569,4 | 65,2 |
| Ventilasjonsvarme | 15631,9 | 11,9 | 17763,5 | 13,5 |
| Varmtvann | 13120,0 | 10,0 | 14909,1 | 11,4 |
| Vifter | 41187,3 | 31,4 | 41187,3 | 31,4 |
| Pumper | 8732,1 | 6,7 | 8732,1 | 6,7 |
| Belysning | 53981,9 | 41,1 | 53981,9 | 41,1 |
| Teknisk utstyr | 58082,8 | 44,3 | 58082,8 | 44,3 |
| Kjøling | 19545,0 | 14,9 | 19545,0 | 14,9 |
| | | | | |
| Total | 285582,0 | 217,7 | 299771,1 | 228,5 |

Setter man driftstidene for simuleringen lik det som er ment for den delen av bygget, får man nesten halvert energibruken til vifter. I tillegg får man en reduksjon i ventilasjonsvarme, romoppvarming, og kjølebehov. Totalt ble energibruken 70 kWh høyere årlig som en konsekvens av denne feilen, og er en ganske signifikant andel av denne etasjens energibruk.

Figur 64 Veiledende krav fra TEK for kontorbygg




For IT-bedriften ligger den godt over kravene for vifter, belysning og utstyr. Dette skyldes i all hovedsak de lange driftstidene. Korter man ned på driftstidene vil man ligge langt nærmere kravet for vifter enn det tilfellet er i dag.

For den kommunale etaten ligger de over på kravet for oppvarming, vifter, belysning og teknisk utstyr. Verdiene for teknisk utstyr har man sette over ikke samsvarer med de virkelige verdiene og skal være lavere, noe som kan bety at bedriften kommer innenfor kravet. For oppvarming skyldes det høye tallet at de har romtermostaten over det som er normal for kontorbygg, og energi til vifter har sammenheng med feilen på anlegget som gjøre at driftstiden blir mye lengre enn hva den egentlig skal være. Det ser man igjen når ser på energibehovet til viftene etter at feilen er rettet opp, som viser et større samsvar mellom TEK sine krav og beregnet energibehov.

## Levert energi

Den leverte energien til anlegget er beregnet ut i fra NS 3031, og viser hvor mye av energien som kommer fra elektrisitet og hvor mye som kommer fra fjernvarme.

Tabell 13 Levert energi til bygningen før tiltak

| Energivare | Levert energi [kWh/år] | Spesifikk levert energi [kWh/(m²·år)] |
|---|---|---|
| Elektrisitet | 836025,1 | 221,1 |
| Fjernvarme | 216041,5 | 57,1 |
| Totalt levert energi | 1052066,6 | 278,2 |

Den beregnede bruken av elektrisitet stemmer godt overens med den målte energien som er på 875 350 kWh, altså ca 40 000 kWh høyere enn den beregnede. Med tanke på at det var såpass stort sprik mellom den beregnede energibruken og den målte energibruken ve de andre målerne kan mye tyde på at det beregnede energibruken til kjøling og vifter er en del mindre enn hva som er kommet frem til i simuleringene.

For fjernvarmen er differansen på 170 000 kWh som samsvarer bra med den beregnede energibehovet til snøsmelteanlegget på 181 500 kWh.

Tabell 14 Levert energi til bygningen etter tiltak

| Energivare | Levert energi [kWh/år] | Spesifikk levert energi [kWh/(m²·år)] |
|---|---|---|
| Elektrisitet | 777129,9 | 205,511094 |
| Fjernvarme | 198238,2 | 52,42385376 |
| Totalt levert energi | 975368,1 | 257,9 |

Sumerer man opp effekten av de to foreslåtte tiltakene får man en total nedgang i energibruken på over 75 000 kWh årlig og som i tillegg til det rent energimessige også vil utgjøre en betydelige økonomisk gevinst.

# Løsninger

## Behovsstyring

For å redusere energibruken kan det være fornuftig å ta i bruk behovsstyrte løsninger for å få ned energibruken. Behovsstyring er først og fremst aktuelt i forhold til belysning og ventilasjon.

### Ventilasjon

Behovsstyring av ventilasjon kan deles opp i to grupper VAV – Variabel Air Volume og DCV – Demand Controlled Ventilation (28).

Med VAV kan et ventilasjonsanlegg som betjener flere lokaler eller soner som hver for seg styres manuelt eller via bevegelsesføler (PIR-føler). Ventilasjonsanleggets effekt er helt variabel, det vil si trinnløst fra minimum til maksimum.

Med DCV kan ventilasjonsanlegget betjene flere lokaler eller soner, hvor tilluften styres via enten en $CO_2$ føler eller en temperaturføler. Ventilasjonsanleggets effekt vil være helt variabel, det vil si trinnløst fra minimum til maksimum

### Belysning

For belysning er det vanligvis tre styringsnivåer som er aktuelle:

- Tid
- Dagslys
- Tilstedeværelse

Ved tid er det enkelt å beregne potensialet siden det er snakk om bestemte tider.

Den dagslysbaserte styringen er mer komplisert fordi sparepotensialet avhenger av så mange parametre. Teoretiske beregninger av sparepotensialet i ulike typer bygninger viser at kontorbygg kan ha et sparepotensial på opp til 8 %. At det ikke er høyere skyldes at folk tar igjen gardiner og persienner på grunn av at det blir for varmt og for sterkt lys. Dette gjelder vanlig arbeidstid og breddegrad 60 grader nord (29).

Tilstedeværelsessensorer er ofte den mest effektive løsningen for kontorer siden regulerer seg for når folk faktisk er til stedet. Spesielt i dette bygget som har mange cellekontorer vil tilstedeværelsessensorer være en god løsning for å få redusert energibruken.

## SD-Anlegg

En utvidelse av SD-anlegget kan være å integrere belysning og øvrige elektriske installasjoner i SD-anlegget. På den måten vil man få en bedre oversikt over energibruken i bygget og således en sterkere kontroll over faktorene som påvirker byggets energibruk.

## Konklusjon

De viktigste faktorene som påvirker energibruken i dette bygget kan summeres i fem punkter:

1. Driftstid: Fra energibruken til IT-bedriften så man at den døgnkontinuerlige driften av ventilasjonsanlegget har stor påvirkning for denne delen av byggets energibruk. En redusering av ukentlige driftstimer fra 168 til 75 timer ville gitt en besparelse i energibruken på 70 kWh.

2. Brukstid: Bruken av lys og utstyr henger i stor grad sammen med brukstiden av lokalet. I samtlige lokaler i bygget har de manuelle bryter for avslukking, og man har ingen garanti for at enkeltpersoner slukker lyset når han eller hun forlater lokalet. Lang brukstid på lys og utstyr gir ikke bare et høyt elektrisitetsbehov, men det bidrar også til at bygget får et høyere kjølebehov enn nødvendig sommerstid.

3. Solavskjerming: Kjøling er en stor energipost i mange nye kontorbygg, og vesentlig årsak til det er for dårlig solavskjerming. I dette bygget har de på samtlige solutsatte fasader installert utvendige lyse persienner. Dette gir en minimal solbelastning på lokalet og er en viktig årsak til at kjølebehovet er forholdsvis lave for kontorlokalene.

4. Romtemperatur: En økning i romtemperaturen vil gi et betraktelig høyere oppvarmingsbehov vinterstid og forlenge fyringssesongen. For den kommunale etaten viste det seg at de fikk et langt høyere oppvarmingsbehov enn IT-bedriften som skyldes at den kommunale etaten har satt en høyere settpunkt på romtermostaten enn det IT-bedriften hadde.

5. Styring. Et SD-anlegg er et bra verktøy for å få en bedre oversikt over energipostene i et bygg, men feil kan oppstå innenfor automatikken og da er det viktig at det er mulig å fange inn disse komplikasjonene på en enkel måte. Ved gjennomgang av de reelle driftstidene ble det oppdaget driftstidene til den kommunale etaten gikk lang utover det som var programmert inn i SD-anlegget. Denne feilen førte til at energibruken i bygget var 50 kWh høyere enn det den ville vært hvis feilen ikke eksisterte. Gode rutinekontroller er derfor viktig for å kunne kontrollere at energibruken holder seg på et lavest mulig nivå.

For å optimalisere energibruken i forhold til brukstiden anbefales det at IT-bedriften redusere driftstiden sin og starter å bruke timere når man har behov for en utvidet drift ved overtid. Spørreundersøkelsen viste ingen klare tegn på at tilstedeværelsen til de ansatte gjorde det nødvendig å ha på anlegget døgnet rundt.

Et annet alternativ kan være å benytte seg av seg av en mer behovsstyrt løsning som styres av enten tilstedeværelse eller $CO_2$ nivå, men dette er en lang mer kostbar investering.

For belysning kan det være fornuftig å gå over til tilstedeværelsessensorer som automatisk slår av lyset når brukeren har vær vekke fra kontoret i en viss periode. I tillegg kan belysningen implementeres i SD-anlegget og overstyres via tidsinnstillinger.

# Referanser


1. **Karlsen, P.K.** *Termografi Kapittel 2.* s.l. : Informasjonsselskapet Verdi AS. ISBN-13: 978-82-8193-015-5.

2. —. *Termografi Kapittel 3.* s.l. : Informasjonsselskapet Verdi AS. ISBN-13: 978-82-8193-015-5.

3. **Indoor Air Facts No. 4 (revised) Sick Building Syndrome** : http://www.epa.gov/iaq/pubs/sbs.html.

4. **Christiansen, A.** Johnson Controls Norway AS

5. **Standard Norge.** *NS 3031:2007 Tillegg I*

6. **Standard Norge.** *NS 3031:2007 Tillegg B*

7. **Standard Norge.** *NS 3031:2007 Tillegg A*

8. **Enøk i bygninger.** *Kapittel 4*

9. **Eikevik, T.** *Kjøle- og fryseanlegg med CO2 (R744) som kuldemedium*

10. **Enova.** *Manual for Enøk Normtall*. ISBN: 82-92502-07-6

11. **Standard Norge**. *NS-EN 15193:2007 Bygningers Energiytelse: Energikrav i lysanlegg*

12. **Johnson Controls.** *METASYS SD-anlegg*

13. **Jonson Controls.** *METASYS Drift og vedlikeholdsmanual SD-anlegg Reginagården*

14. **Entro Energi AS.** *EOS-loggen*

15. **Veiledning til teknisk forskrift**

16. **Spørreundersøkelse vedrørende tilstedeværelse i kontrobygget**

17. **Økobygg.** *Bygg for framtiden – med intelligente styringssystemer*. ISBN: 82-91359-32-6

18. **Inneklima.com.** *Solavskjerming. Solskjerming*: http://www.inneklima.com/index.asp?document=19&context=

19. Arbeidstegninger VVS

20. **Incropera, F.P. DeWitt, D.P.** *Fundamentals of Heat and Mass Transfer Chapter 13*. ISBN: 0-471-38650-2

21. **Incropera, F.P. DeWitt, D.P.** *Fundamentals of Heat and Mass Transfer Chapter 12*. ISBN: 0-471-38650-2

22. **Statens bygningstekniske etat.** *Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk (TEK).* http://www.lovdata.no/for/sf/kr/tr-19970122-0033-015.html#8-2

23. **Tyholt, M. Lien, A.G. Dokka, T.H.** *Kartlegging av mekanisk kjøling i nye kontor_ og forretningsbygg*. Trondheim : Sintef Bygg og Miljø Arkitektur og byggteknikk, 2001. ISBN: 82-14-01919-2

24. **Standard Norge.** *NS 3031:2007 kapittel 6*

25. **Variant VVS.** *Gatevarme og snøsmelteanlegg*. http://www.variantvvs.no/snosmelt.htm

26**. Bakke, J.V.** *Legionærsyken, legionella og kjøletårn.*

27. **Grung, K.** *Prosjektoppgave Lavenergi i næringsbygg*: 2007

28. **Sørensen, H.H.** *Behovsstyrt ventilasjon*

29. **Bjørset, H.H. Hansen, E.H.** *Lysteknikk*. ISBN: 82-7610-011-2