

HELLE WØHLK JÆGER SØRENSEN (ERICHSEN & HORGEN A/S) OG  
IDA BRYN (ERICHSEN & HORGEN A/S)

# LECO

## Rehabilitering av kontorbygg til faktor 2 og 4

Prosjektrapport 72

2011



SINTEF Byggforsk

Helle Wøhlk Jæger Sørensen (Erichsen & Horgen A/S) og Ida Bryn (Erichsen & Horgen A/S)

# **LECO**

## **Rehabilitering av kontorbygg til faktor 2 og 4**

Prosjektrapport 72 – 2011

Prosjektrapport nr. 72

Helle Wøhlk Jæger Sørensen (Erichsen & Horgen A/S) og

Ida Bryn (Erichsen & Horgen A/S)

**LECO**

## **Rehabilitering av kontorbygg til faktor 2 og 4**

Emneord:

Energibruk, kontorbygg, energieffektiv rehabilitering

ISSN 1504-6958

ISBN 978-82-536-1199-0 (pdf)

ISBN 978-82-536-1200-3 (trykt)

38 eks. trykt av AIT AS e-dit

Innmat: 100 g munken polar

Omslag: 240 g trucard

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2011

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser.

Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Adr.: Forskningsveien 3 B  
Postboks 124 Blindern  
0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

[www.sintef.no/byggforsk](http://www.sintef.no/byggforsk)



## FORORD

Beregninger og vurderinger i dette notatet er en del av prosjektet ”LECO – Low Energy Commercial Buildings”. LECO har til formål å redusere energibruket i næringsbygninger basert på utvikling av viten, integrerte løsninger og teknologier.

Energibruken knyttet til yrkesbygg utgjorde ca. 36 TWh i 2007, hvilket tilsvarer ca. 45 % av energiforbruk i bygninger. Potensialet for energieffektivisering av denne del av byggemassen ved bruk av eksisterende teknologi antas å være 6,5 TWh innen 2020 [Lavenergiutvalget, juni 2009].

Målet i LECO beskrives ved følgende tre-trinns framgangsmåte:

- Faktor 2 reduksjon: Tiltak som reduserer energibruk med 50 %
- Faktor 4 reduksjon: Tiltak som reduserer energibruk med 75 %
- Faktor 10 reduksjon: Tiltak som reduserer energibruk med 90 %

LECO er oppdelt i task 1-6. Task 1 er avsluttet og munnet ut i rapporten ”LECO – Energibruk i fem kontorbygg i Norge – Befaring og rapportering”, Prosjektrapport 48 fra 2009 inneholdende analyse av i alt fem kontorbygg.

Task 2 vil munne ut i design guidelines som viser hvordan energibruken kan reduseres. I den tidligere rapporten ”LECO. Fra normbygg til faktor 10 – Mulig vei for å redusere energibruken med 90 % i et kontorbygg” er det etablert guidelines for hvordan man kan redusere energibruken med faktor 2, 4 og 10 ut fra et referansebygg med energibruk på 300 kWh/m<sup>2</sup>. Nærværende rapport går også under task 2 og har til hensikt å vise hvordan faktor 2 og 4 oppnås på to utvalgte cases med utgangspunkt i disse guidelines. Begge byggene har før rehabilitering et faktisk energibruk på ca. 300 kWh/m<sup>2</sup>. En av casene har tidligere vært omtalt i ”LECO – Energibruk i fem kontorbygg i Norge – Befaring og rapportering”.

Studien er utført av Helle Wøhlk Jæger Sørensen og internt kvalitetssikret av Ida Bryn. Tore Wigenstad, SINTEF Byggforsk har kvalitetssikret rapporten. Arbeidet avsluttet vinteren 2010.

*Erichsen & Horgen A/S*

*Erichsen & Horgen A/S*

---

Ida H. Bryn

---

Helle Wøhlk Sørensen

*SINTEF Byggforsk*

*SINTEF Byggforsk*

---

Kim Robert Lisø

---

Tore Wigenstad

LECO er et kompetanseprosjekt med brukermedvirkning (KMB). Prosjektet ledes av SINTEF Byggforsk og gjennomføres i samarbeid med SINTEF Energi AS, Erichsen & Horgen AS, Entra Eiendom AS, YIT AS, Entro AS, Hunter Douglas AS, Per Knudsen Arkitektkontor AS, Rambøll AS, Skanska AS, og OptoSense AS. Prosjektet ble igangsatt høsten 2008 og vil pågå til utgangen av 2011.

Vi takker prosjektets partnere og Norges forskningsråd for finansiering av prosjektet.



## INNHold

---

<i>Forord</i> .....	3
<b>1. Sammendrag</b> .....	7
<b>2. Innledning/hensikt</b> .....	8
<b>3. Presentasjon av cases</b> .....	9
3.1 Strandveien 18.....	9
3.2 Malmskriverveien 4 .....	12
<b>4. Metode</b> .....	16
4.1 Parametre .....	16
4.2 Beregningsverktøy .....	17
4.3 Beregningsmodeller .....	17
<b>5. etablering av referansemodell</b> .....	19
<b>6. Faktor 2</b> .....	21
<b>7. Faktor 4</b> .....	21
<b>8. Rehabilitering av Malmskriverveien 4</b> .....	22
<b>9. Diskusjon</b> .....	24
<b>A. Strandveien 18</b> .....	25
<b>B. Malmskriverveien 4</b> .....	26
<b>C. Underlagsrapport for Malmskriverveien 4</b> .....	27



## 1. SAMMENDRAG

Det overordnede formålet med prosjektet ”LECO – Low Energy Commercial Buildings” er å spare energi i næringsbygninger. Studien i denne rapporten beskriver hvordan resultater framkommet tidligere i LECO-prosjektet kan overføres til de to vurdere rehabiliteringsprosjektene, og hvilke energieresultater en oppnår.

Første utfordring er å analysere energibruk for hver av bygningene, slik at det kan etableres en beregningsmessig referansemmodell som er i overensstemmelse med virkelig energibruk. Med referansemmodellen på plass, kan virkningen av ulike effektiviseringstiltak så undersøkes.

Det er tidligere i LECO<sup>1</sup> etablert guidelines for hvordan en beregningsmessig kan redusere energibruken i næringsbygg. Ved å implementere disse i beregningsmodellene for de to vurderte byggene viser det seg at energibruket kan reduseres med faktor 2 og 4 med bare få avvik fra disse guidelines. Det er klart at realismen i disse tiltak må overveies for hvert enkelt tilfelle. Det kan bl.a. være bygningsfysiske årsaker til at flere tiltak ikke kan gjennomføres, eller eksempelvis fredningshensyn eller plassmangel for det enkelte bygget.

I løpet av studien er det funnet fram til at noe av det som i dag gir et høyt energibruk og som man ser bort i fra i dagens beregninger etter NS3031, er tekniske rom så som serverrom. Her er mengden av utstyr eskalert de senere år og dermed stiller dette også krav til et stort kjølebehov i disse rommene.

Et annet problem er hvordan byggene styres og driftes. Det er for Malmskriverveien sett eksempel på at et ventilasjonsaggregat, som drifter hovedparten av bygget, må kjøre i døgndrift på grunn av at et enkelt lokale var i bruk hele døgnet. Ved bedre planlegging og styring kunne dette ekstra energibruk vært unngått.

På Strandveien 18 er det også sett at det er flere regulatorer i samme rom som kan motvirke hverandre og derved blir det et overforbruk av både varme og kjøling.

Generelle guidelines må derfor kombineres med enkeltvurdering av det aktuelle bygget for å finne tiltak som gir det mest effektive energireduksjon for akkurat dette bygget.

---

<sup>1</sup> ”LECO. Fra normbygg til faktor 10 – Mulig vei for å redusere energibruken med 90 % i et kontorbygg” Prosjekt-rapport 51. SINTEF Byggforsk 2010



## 2. INNLEDNING/HENSIKT

Studien tar utgangspunkt i to kontorbygg i Bærum kommune som begge har et energibruk på rundt 300 kWh/m<sup>2</sup> pr. år og derfor er det potensial for energireduksjon. Byggene er benevnt Strandveien 18 (S18) og Malmskriverveien 4 (M4).

For begge byggene er det faktiske energibruk blitt sammenlignet med det beregnede energibruk. Både det netto energibehovet som beregnes etter NS3031 og det energibruk som med valgte beregningsverktøy kan beregnes ut fra realistisk bruk og driftstider.

Et av problemene som har vist seg er at beregnet levert energi til et bygg nesten aldri stemmer overens med faktisk energibruk. Dette er bl.a. på grunn av at flere energiposter ikke tas med i vanlige energiberegninger opp mot TEK07 og TEK10 og derfor ikke er lagt til rette for i de vanlige beregningsverktøyene. Disse postene omfatter bl.a. energibruk til tekniske rom så som serverrom som både har et høyt strømforbruk sammen med et stort kjølebehov. Dessuten er energiposter som omfatter utendørs energibruk ikke tatt med i beregninger. Driften av byggene er også av stor betydning. De beregningsverktøyer som benyttes i dag forutsetter optimal drift av bygget, mens dette ikke alltid er tilfellet i virkeligheten.

I beregning av energibruk for cases herunder er det tilstrebet å tilpasse beregningsmodellene så de passer overens med det faktiske bygget. Det er her valgt å se bort ifra energi til nevnte poster som serverrom og utendørs energibruk.

### 3. PRESENTASJON AV CASES

Det er i denne undersøkelsen tatt utgangspunkt i to cases; Strandveien 18 (S18) og Malmskriverveien 4 (M4) i Bærum kommune. Det er begge kontorbygg, som har et energibruk på rundt 300 kWh/m<sup>2</sup> pr. år og derfor er det potensial for energireduksjon.

I dette avsnittet gis en kort beskrivelse av byggene. Strandveien 18 er før nevnt i LECO<sup>2</sup>. Det henvises til denne for ytterligere informasjon om dette bygget. De viktigste data er også gitt i vedlegg A. Malmskriverveien er beskrevet i flere detaljer i vedlegg B.

Nøkkeltall for byggene er gitt i Tabell 2.1. Til tross for at de er bygget med 25 års mellomrom har disse byggene altså nesten samme energibruk. Varmetapstallet for S18 er dog bedre og bygget er mer kompakt enn M4. Derfor er det sannsynlig at det ikke er bygningskroppen som gjør at S18 har så høyt et energibruk, men at det snarere er bruken og driften av bygget.

	S18	M4
Byggeår	1996	1971
Oppvarmet bruksareal [m <sup>2</sup> ]	15.600	4.031
Varmetapstall uten ventilasjon [W/m <sup>2</sup> K]	0,78	0,95
Varmetapstall med ventilasjon [W/m <sup>2</sup> K]	1,09	1,77
Fasadeareal pr. oppvarmet volum [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,17	0,19
Surface-to-volume ratio [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,26	0,33
Samlet glass/vindu/dør-areal pr. oppvarmet BRA [%]	18,8	13,4
Klimaskall pr. oppvarmet BRA [%]	70,9	88,2

**Tabell 2.1: Nøkkeltall for S18 og M4.**

#### 3.1 Strandveien 18

Bygget er fra 1996 og er plassert på Lysaker brygge i Bærum kommune. Bygget er et kontorbygg på i alt syv etasjer (inkl. underetasje) hvorav mezzaninplan hovedsakelig består av fellesareal for brukere med resepsjon, kjøkken/kantine og datahall. Herover er fem etasjer med kontorer. Underetasjen, som ligger i kaiplan, består av åpen garasje, lager, rom til driftspersonale og tekniske rom. Totalt har bygget et areal på 16.980 m<sup>2</sup> hvorav 15.600 m<sup>2</sup> er oppvarmet areal. Bygget består i hovedsak av to hus som knyttes sammen av en lysgård med åpent plan i hele byggets høyde og glassfasade mot nord og øst, hvor også inngangene befinner seg.

<sup>2</sup> ”LECO – Energibruk i fem kontorbygg i Norge – Befaring og rapportering”, Prosjektrapport 48. SINTEF Byggforsk 2009.

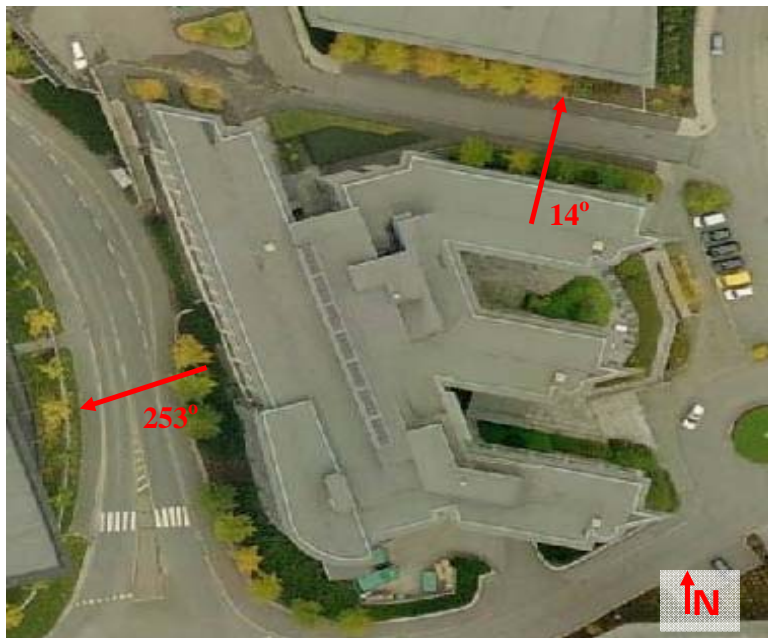


**Figur 2.1:** Nordfasade av Strandveien 18 på Lysaker brygge.



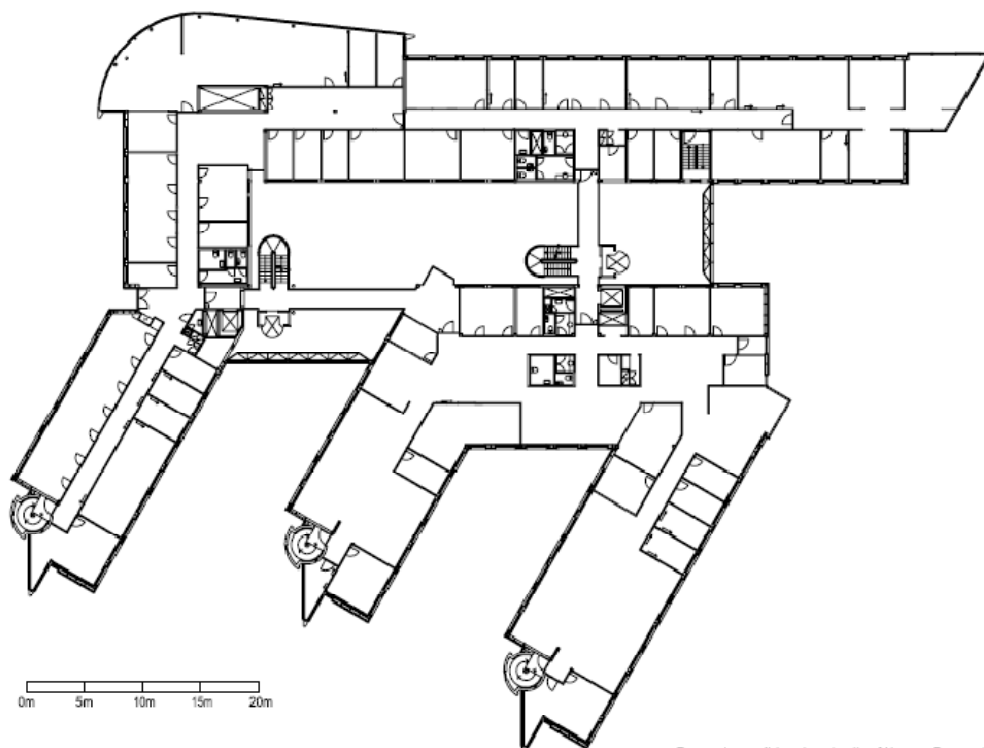
**Figur 2.2:** Østfasaden av Strandveien 18.

Byggets utforming kan best beskrives som et E, se Figur 2.3. Det vil si at flere av fasadene skjærer for hverandre.



Figur 2.3: Orientering for de primære fasader [www.gulesider.no].

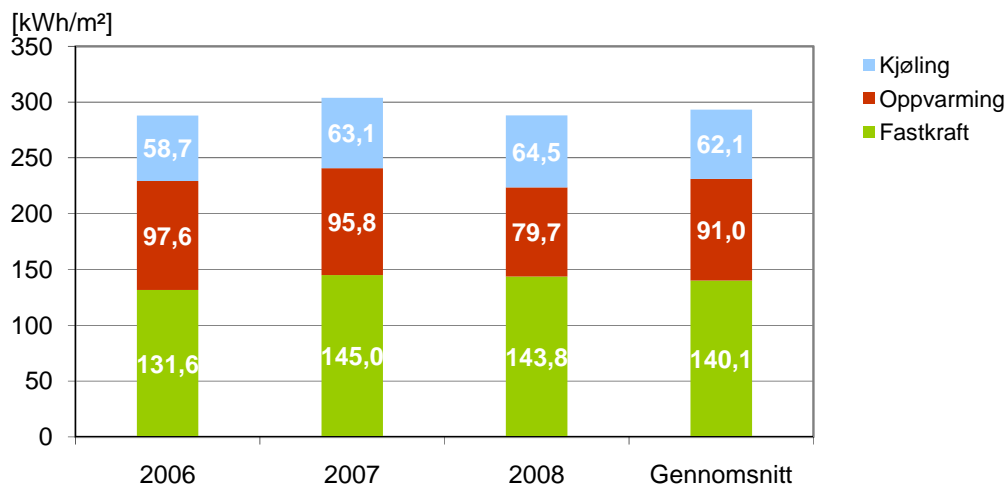
Kontorene er i hovedsak bygd etter samme mønster. Kontorene er cellekontorer beliggende på hver sin side av en korridor. I enden av korridoren er det fellesareal med kaffekroker og møtelokaler. Noen av cellekontorene er senere lagt sammen til åpne landskaper.



Bygget er ikke kontrollmålt av Roar Jør

Figur 2.4: Typisk plantegning for Strandveien 18, plan 2.

Det årlige forbruk er for 2006, 2007 og 2008 satt opp i Figur 2.5. Her ses det at forbruket har vært ca. 293 kWh/m<sup>2</sup>, hvilket er ca. 80 % høyere enn rammekravet for et kontorbygg i dag (165 kWh/m<sup>2</sup>). Det temperaturkorrigerede forbruk er for 2006-2008 gjennomsnittlig 306 kWh/m<sup>2</sup>. Dette er 30 % større enn landsgjennomsnittet for de kontorbygg som er med i Enova sin statistikk, som for 2007 er funnet til 233 kWh/m<sup>2</sup><sup>3</sup>.



**Figur 2.5: Faktisk energibruk for Strandveien 18, ikke graddagskorrigert.**

Sees det på de siste tre årene har det temperaturkorrigerede forbruket vært 306 kWh/m<sup>2</sup> i gjennomsnitt. Forutsetningene bak energirammene i TEK07 er at ca. 50 % av energien brukes på fastkraft, ca. 36 % på oppvarming og ca. 15 % på kjøling. I dette tilfelle brukes det gjennomsnittlig ca. 48 % av energien på fastkraft, ca. 31 % på oppvarming og ca. 21 % på kjøling, det vil si at især energi til kjøling er høyere enn forutsetninger for energirammen, men her er det heller ikke medtatt lokal romkjøling.

	2006	2007	2008	Gjennomsnitt
Kjøling	58,7	63,1	64,5	62,1
Oppvarming	97,6	95,8	79,7	91,0
Fastkraft	131,6	145,0	143,8	140,1
Faktisk forbruk i alt	<b>288</b>	<b>304</b>	<b>288</b>	<b>293</b>
Temperaturkorrigert forbruk	<b>303</b>	<b>318</b>	<b>297</b>	<b>306</b>

**Tabell 2.2: Faktisk forbruk og temperaturkorrigert forbruk. Alle verdier i kWh/m<sup>2</sup>.**

### 3.2 Malmskriverveien 4

Bygget er fra 1971 og er plassert på Malmskriverveien 4 i Sandvika i Bærum kommune. Bygget er et kontorbygg på i alt seks etasjer inklusiv kjeller. Som det framgår av Figur 2.6 er Malmskriverveien bygget sammen med Malmskriverveien 6. Det er valgt å se bort fra nr. 6 da dette er et bygg som skal rives. Nr. 6 har tidligere vært brukt til parkering, gymsal og kantine.

Malmskriverveien 4 er benevnt Politihuset og består i hovedsak av kontorarealer på alle plan. På plan 1 er det videre hovedinngang og arrestceller. På kjellerplan er det dessuten tekniske rom og tilfluktsrom. To-

<sup>3</sup> Enovas Byggstatistikk 2007 [Enova, 2008].

talt har bygget et areal på 4.224 m<sup>2</sup> hvorav 4.031 m<sup>2</sup> er oppvarmet areal.



Figur 2.6 Malmskriverveien 2, 4 og 6.

Bygget er orientert slikt at langfasadene vender mot nordøst og sørvest, se Figur 2.7.

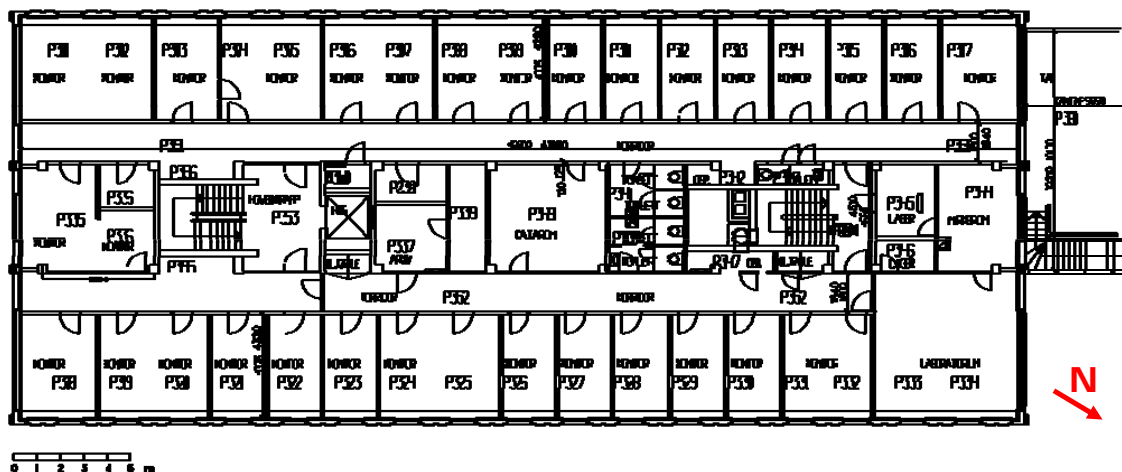


Figur 2.7: Orientering for nordøstfasaden [www.gulesider.no].



Figur 2.8: Foto av fasade; langsida og gavl [Helle Wøhlc Jæger Sørensen 4. februar 2010].

Etasjene er i hovedsak bygd etter samme prinsipp med kjernefunksjoner i midten og kontorer langs fasaden, men størrelsen av kontorene varierer fra etasje til etasje og fra område til område. Etter rehabiliteringen flytter det inn nye brukere i bygget og her vites det ikke ennå hvordan utformingen blir. Antatt fordeling i møtereferat fra prosjekteringsmøte nr. 5 18. mars 2010 er 50 % åpent kontorlandskap og 50 % cellekontor i plan 2-5.

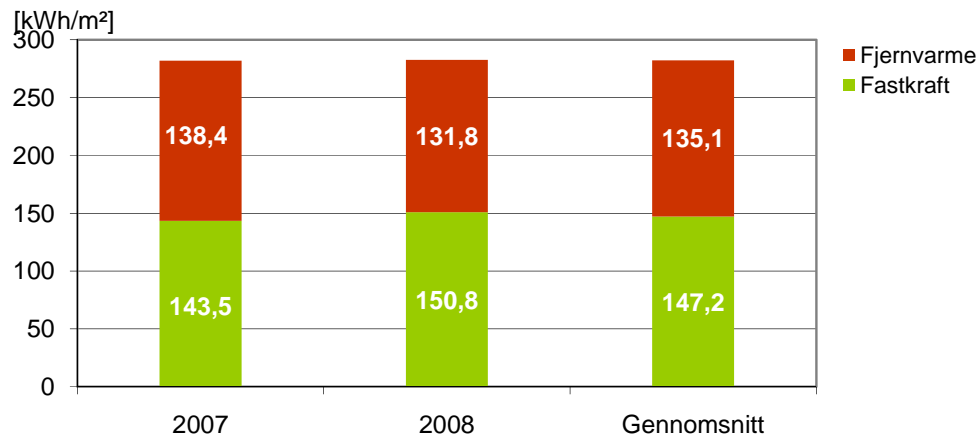


Figur 2.9: Typisk plantegning for Malmstriverveien 4, plan 3.

Malmstriverveien 4 er ikke et helt vanlig kontorbygg, idet politiet har vært brukere i bygget. De har hatt arrestceller på plan 1 og operasjonssentral på plan 2, hvor det har vært døgndrift.

Da befaringen ble gjort var brukerne allerede flyttet ut av bygget og derfor er det en gjort antakelser i forbindelse med personbelastning og teknisk utstyr.

Det årlige forbruk er for 2007 og 2008 satt opp i Figur 2.. Her ses det at forbruket har vært ca. 282 kWh/m<sup>2</sup>, hvilket er ca. 70 % høyere enn rammekravet for et kontorbygg i dag (165 kWh/m<sup>2</sup>). Det temperaturkorrigerte forbruk er for 2006-2008 gjennomsnittlig 299 kWh/m<sup>2</sup>. Dette er 28 % større enn landsgjennomsnittet for de kontorbygg som er med i Enova sin statistikk.



**Figur 2.10: Faktisk energibruk for Malmskriverveien 4, ikke graddagskorrigert.**

Sees det på de siste to årene bygget har vært i full bruk har det temperaturkorrigerte forbruket vært 299 kWh/m<sup>2</sup> i gjennomsnitt. Forutsetningene bak energirammene i TEK07 er at ca. 50 % av energien brukes på fastkraft, ca. 36 % på oppvarming og ca. 15 % på kjøling. I dette tilfelle brukes det gjennomsnittlig ca. 52 % av energien på fastkraft som også omfatter kjøling og ca. 48 % på fjernvarme. Det vil si at energi til fjernvarme er høyere enn forutsetninger for energirammen.

	2007	2008	Gjennomsnitt
Fjernvarme	138,4	131,8	135,1
Fastkraft	143,5	150,8	147,2
Faktisk forbruk i alt	283	282	282
Temperaturkorrigert forbruk	297	300	299

**Tabell 2.30: Faktisk forbruk og temperaturkorrigert forbruk. Alle verdier i kWh/m<sup>2</sup>.**



## 4. METODE

### 4.1 Parametre

De ulike parametre for beregningsmodellene er gitt i Tabell 3.1 både for utgangspunktet for de eksisterende byggene samt parametre anvendt for å oppnå faktor 2 og 4 for de to casene.

	Eksisterende bygg		Faktor 2		Faktor 4	
	S18	M4	S18	M4	S18	M4
U-verdi yttervegg [W/m <sup>2</sup> K]	0,30	0,61	<b>0,18</b>		<b>0,12</b>	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,20	0,29	<b>0,13</b>		<b>0,10</b>	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,15	0,46	<b>0,15</b>		<b>0,11</b>	
U-verdi vinduer/dører/glassfelt [W/m <sup>2</sup> K]	1,82	1,90	<b>1,20</b>		<b>0,80</b>	
Normalisert kuldebroverdi [W/K pr. m <sup>2</sup> ]	0,12	0,16	<b>0,06</b>		<b>0,03</b>	
Lekkasjetall ved 50 Pa [h <sup>-1</sup> ]	3,0	2,6	<b>1,5</b>		<b>0,6</b>	
Ventilasjonssystem	CAV		CAV		VAV	
Luftmengde i drift [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	7,1	7,2	<b>10,0</b>		<b>max 6,0/min 4,0</b>	
Luftmengde utenfor drift [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,0	3,3	0,0	<b>3,0</b>	0,0	<b>1,0</b>
SFP [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	3,0	3,0	<b>2,0</b>		<b>1,5</b>	
Temperaturvirkningsgrad på gjenvinner [%]	50	49	<b>80</b>		85	<b>82</b>
Lokal romkjøling	Ja (- i lysgård)	Ja (begrenset)	<b>Nei</b>		<b>Nei</b>	
Belysning [W/m <sup>2</sup> ]	10,0	12,0	<b>8,0</b>		<b>5,0</b>	
Teknisk utstyr [W/m <sup>2</sup> ]	5,7	15,0	5,7	<b>11,0</b>	5,7	<b>7,5</b>
Personer [W/m <sup>2</sup> ]	3,3	4,0	3,3	<b>4,0</b>	3,3	<b>4,0</b>
Solavskjerming	Manuell		Manuell		<b>Automatisert</b>	

**Tabell 3.1: Parametre brukt i beregningene. Verdier fra "LECO. Fra normbygg til faktor 10" er markert med fet.**

Parametrene for faktor 2 og 4 er i hovedsak hentet fra "LECO. Fra normbygg til faktor 10 – Mulig vei for å redusere energibruken med 90 % i et kontorbygg". Verdiene tatt fra denne er markert med fet i tabellen.

#### Intern belastning

Malmskriverveien har stått tomt en periode og derfor har det ikke vært mulig å bestemme laster fra teknisk utstyr og personbelastning. Disse er derfor skjønnsmessig satt ut ifra sammenligning mellom temperaturkorrigert faktisk energibruk og beregnet energibruk.

Belastningen for belysning og utstyr utenfor primær driftstid er satt til 10 % av belastningen innenfor. Dette er gjort for begge byggene da det heller ikke for Strandveien forventes at alt lys og utstyr skrues av på natten. For Malmskriverveien er det i tillegg antatt 10 % personbelastning utenfor drift.

#### Driftstider

Politihuset (Malmskriverveien) har hatt områder av bygget som har vært i bruk døgnet rundt. Dette har medført at ventilasjonsanleggene som betjener arresten har vært driftet døgntkontinuerlig. På grunn av døgnetbetjent operasjonssentral på plan 2 har ventilasjonsaggregatet, som betjener kontorer fra plan 2 til 5, kjørt på halv hastighet utenfor vanlig drift. Dette har ført til at energi til ventilasjon har vært unødvendig stor.

Brukstiden i politihuset har for mesteparten av bygget vært mandag til fredag kl. 7-17. Ventilasjons-

aggregatet som betjener kontorer på plan 2 til 5 er også blitt driftet med full hastighet på lørdager, hvilket kan tyde på at det har vært i bruk da også. På bakgrunn av dette er det blitt beregnet en ekvivalent driftstid for ventilasjonsanlegget.

For Strandveien er situasjonen en annen. Her er vanlig kontordrift fra 8-16. Driftspersonalet har informert om at ventilasjonen startes kl. 7 på hverdager og slukkes helt kl. 16. Bygget driftes ikke i helgen.

Driftstider for interne laster og ventilasjon er gitt i tabellen under.

	<b>S18</b>	<b>M4</b>
Belysning	Kl. 7.00-17.00	Kl. 6.00-18.00
Teknisk utstyr	Kl. 8.00-16.00 Kl. 7.00-16.00 i lysgård	Kl. 7.00-17.00
Personer	Kl. 8.00-16.00	Kl. 7.00-17.00
Ventilasjon	Kl. 7.00-16.00	Kl. 5.30-19.00

**Tabell 3.2: Driftstider brukt i beregningene.**

Det er for begge bygg regnet med en driftstid på 5 dager i uken i 52 uker i året.

### **Energiforsyning**

Begge byggene er tilknyttet fjernvarme og Strandveien er også tilknyttet fjernkjøling. Det forventes at fjernkjøling har samme systemvirkningsgrader som fjernvarme. Det er regnet med systemvirkningsgrader som vist i Tabell 3.3.

	<b>S18</b>	<b>M4</b>
Romoppvarming	0,88	0,88
Ventilasjonsvarme	0,84	0,84
Tappevan, fjernvarme	0,88	0,88
Tappevann, el	0,90	-
Romkjøling	0,88	2,4
Ventilasjonskjøling	0,84	2,4

**Tabell 3.3: Anvendte systemvirkningsgrader i beregningene.**

## **4.2 Beregningsverktøy**

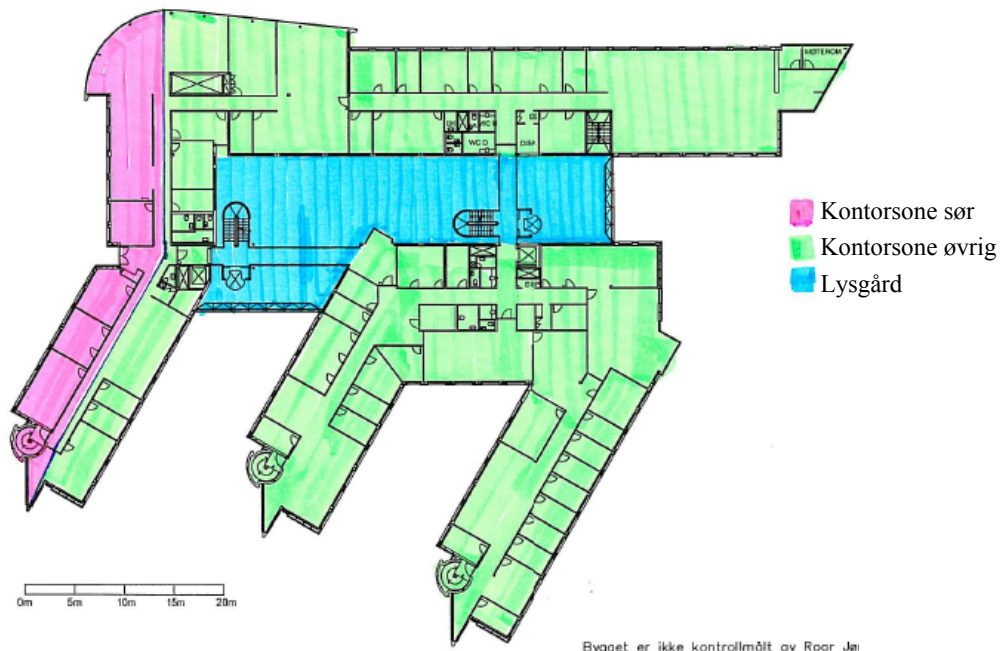
Beregningene er utført med det norske beregningsverktøyet SIMIEN (SIMulering av Inneklima og ENergi i Bygninger), som er utviklet av ProgramByggerne. Dette er et verktøy for dynamisk beregning av bygningers effekt- og energiforbruk og termisk komfort. SIMIEN bygger på den dynamiske beregningsmetoden beskrevet i NS3031:2007. Programmet er validert iht. NS-EN 15625:2007 til å ha nøyaktighetsgrad iht. klasse B.

Det er utført en dynamisk beregning for bestemmelse av bygningens energiytelse, hvor det beregnes med en oppløsning på 15 minutter basert på timedata.

## **4.3 Beregningsmodeller**

Beregningsmodellene som er brukt i denne studien er basert på alle de kjente data om bygget. Der det er ikke er mulig å framskaffe verdier er det gjort antakelser. Det vil si det så vidt mulig er regnet med virkelige laster samt virkelige driftstider.

I beregningsmodellen for Strandveien er bygget delt inn i tre soner, se Figur 3.1. Malmskriverveien er beregnet som 1 sone.



**Figur 3.1** Soneinndeling av Strandveien 18.

Ved simuleringer i SIMIEN er det funnet at beregningsmodellene ikke passer helt overens med virkeligheten. Byggene bruker derved bl.a. energi på poster som ikke fanges opp i modellen. Dette kan være energi til serverrom som vanligvis sees bort fra i energiberegninger, når forskriftskrav legges til grunn.

SIMIEN er også basert på at byggene reguleres optimalt. Her er det for Strandveien sett at det er flere regulatorer i ett rom (opp til 16 stk i et åpent kontorlandskap). Det er sannsynlig at disse kan motvirke hverandre og dette vil føre til et merforbruk av både varme og kjøling.

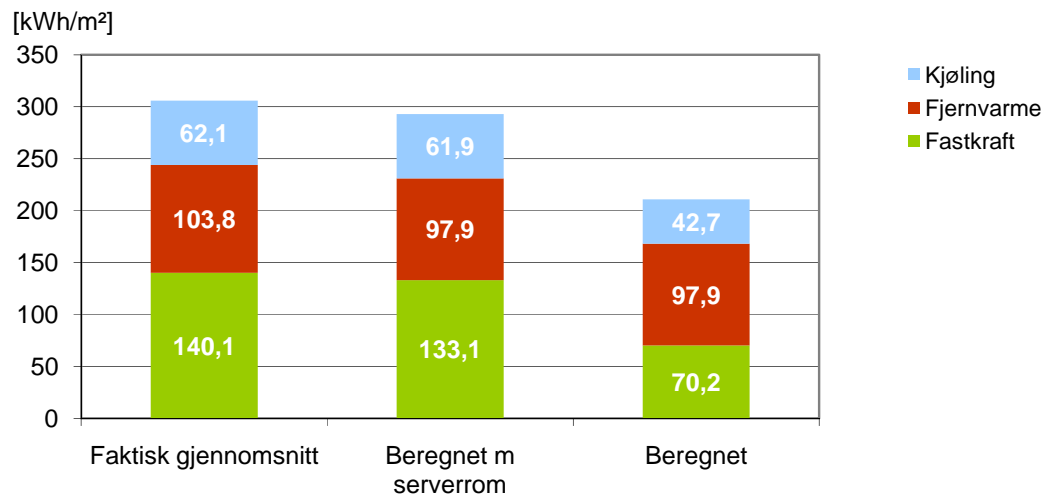
## 5. ETABLERING AV REFERANSEMODELL

Første trinn er å etablere en modell av bygget og dets drift slik at en oppnår samsvar mellom målt verdi og beregning. Når et slikt samsvar er etablert kan en gå videre med beregning av tiltak avhengig av aktuell energiambisjon. Her energireduksjon tilsvarende faktor 2 og 4.

Det er jobbet videre med beregningsmodellen for Strandveien 18 presentert i ”LECO – Energibruk i fem kontorbygg i Norge – Befaring og rapportering”, Prosjektrapport 48 fra 2009. Det er bl.a. blitt endret på setpunkttemperaturene for romkjøling og oppvarming idet det er mistanke om at dødbåndet mellom kjøling og oppvarming ikke er særlig optimalt på grunn av flere regulatorer i samme rom. Det ble også tidligere antatt at lyset var slukket uten for drift, men her er det antatt at denne er på 10 % utenom vanlig drift.

### Strandveien 18

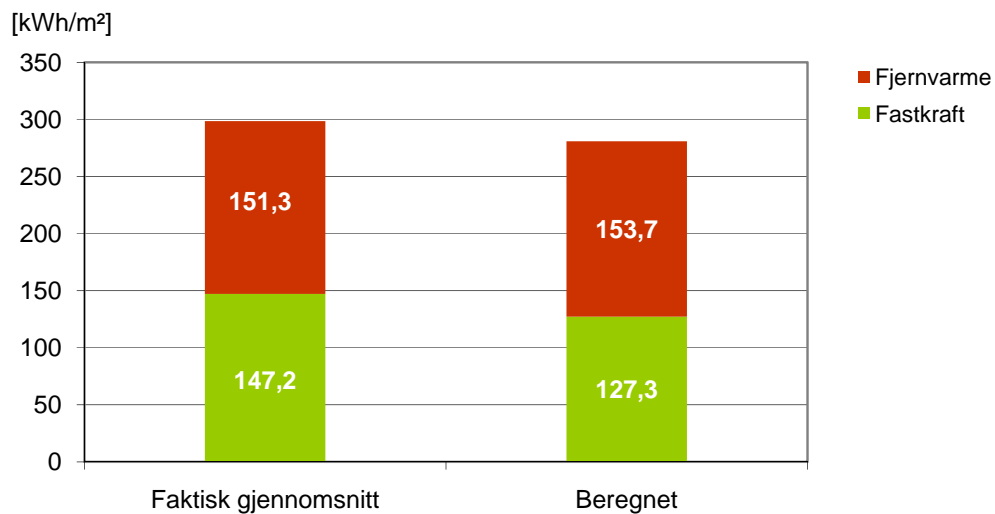
For Strandveien 18 viser beregningsmodell med tillegg for forventet energi til serverrom m.m. god overensstemmelse med faktisk temperaturkorrigert energibruk for bygget, se Figur 4.1. Referansen for dette bygget blir heretter på 212,5 kWh/m<sup>2</sup> når det sees bort ifra serverrom m.m.



Figur 4.1: Temperaturkorrigert faktisk energibruk for S18 samt beregnet levert energi med og uten serverrom (referanse).

#### Malmskriverveien 4

Beregningsmodellen for Malmskriverveien 4 er på samme måten blitt tilpasset. Her vites det ikke om det har vært serverrom eller andre energitunge tekniske rom i bygget. Som det sees av Figur 4.2 er det god sammenheng mellom energipostene for fjernvarme, mens beregningsmodellen undervurderer energien til fastkraft. I dette tilfellet omfatter fastkraften også kjøling og det er ikke så gjennomskuelig hva energien brukes til. Beregnet levert energi på 280,9 kWh/m<sup>2</sup> brukes i det etterfølgende som referanse.



**Figur 4.2: Temperaturkorrigert faktisk energibruk for M4 samt beregnet levert energi (referanse).**

## 6. FAKTOR 2

Parametrene for faktor 2 gitt i Tabell 3.1 er satt inn i beregningsmodellene og resulterende energireduksjon er blitt beregnet for begge byggene, se Tabell 5.1 og Tabell 5.2.

Strandveien	Referanse	Faktor 2 tiltak	Reduksjon [%]	Faktor
Netto energibehov [kWh/m <sup>2</sup> ]	193,6	100,2	48,2	1,9
Leverert energi [kWh/m <sup>2</sup> ]	212,5	106,9	49,7	2,0

**Tabell 5.1** Energireduksjon for S18 ved implementering av faktor 2 tiltak.

Malmskriverveien	Referanse	Faktor 2 tiltak	Reduksjon [%]	Faktor
Netto energibehov [kWh/m <sup>2</sup> ]	272,5	138,2	49,3	2,0
Leverert energi [kWh/m <sup>2</sup> ]	280,9	137,2	51,1	2,0

**Tabell 5.2** Energireduksjon for M4 ved implementering av faktor 2 tiltak.

Det er altså mulig å oppnå faktor 2 for begge byggene for de gitte parametre.

Dersom en skal halvere det virkelige energiforbruket på bygget må en også gjøre tiltak på løsninger til servere og kjøling av serverrom. Tilsvarende må det gjøres tiltak utomhus. Dette er ikke inkludert i denne studien.

## 7. FAKTOR 4

Parametrene for faktor 4 gitt i Tabell 3.1 er satt inn i beregningsmodellene og resulterende energireduksjon er blitt beregnet for begge byggene, se Tabell 6.1, Tabell 5.1 og Tabell 6.2.

Strandveien	Referanse	Faktor 4 tiltak	Reduksjon [%]	Faktor
Netto energibehov [kWh/m <sup>2</sup> ]	193,6	50,5	74	3,8
Leverert energi [kWh/m <sup>2</sup> ]	212,5	53,4	75	4,0

**Tabell 6.1** Energireduksjon for S18 ved implementering av faktor 4 tiltak.

For Strandveien 18 er det nødvendig med en bedre temperaturvirkningsgrad på gjenvinner enn den som beskrives i "LECO. Fra normbygg til faktor 10 – Mulig vei for å redusere energibruken med 90 % i et kontorbygg". Det er derfor benyttet 85 % i stedet for 82 %.

Malmskriverveien	Referanse	Faktor 4 tiltak	Reduksjon [%]	Faktor
Netto energibehov [kWh/m <sup>2</sup> ]	272,5	70,6	74	3,9
Leverert energi [kWh/m <sup>2</sup> ]	280,9	68,9	75	4,1

**Tabell 6.2** Energireduksjon for M4 ved implementering av faktor 4 tiltak.

Det sees at for Malmskriverveien 4 er det enklere å oppnå faktor 4. Ved bruk av oppgitte parametre oppnås faktor 4,1.

## 8. REHABILITERING AV MALMSKRIVERVEIEN 4

Det er planer om å rehabilitere Malmskriverveien 4 og prosjektgruppen har sett på hvilke tiltak som er realiserbare for bygget. Samtidig planlegges det et nytt påbygg, med tingrettssaler, se Figur 7.1. Dette betyr at bygningsformen endres en smule. Utførte beregninger har vist at dette ikke gir utslag i resulterende energibruk. Vinduene skiftes også til vinduer som er høyere. Det vil si at glassmengden øker.



**Figur 7.1** Skisse av Malmskriverveien 4 innsendt til rammesøknad.

Det har vært vurdert både utvendig og innvendig etterisolering av yttervegg og det er regnet på flere alternativer i prosessen. Det ser ut som om at valget faller på utvendig etterisolering, da dette er mest lønnsomt.

Den eksisterende del av bygget er beregnet etter både TEK07 og SINTEF-rapporten ”Kriterier for passivhus- og lavenergibygge – Yrkesbygg” prosjektrapport 42, 2010. I disse beregninger er det brukt driftstider og setpunkttemperaturer i henhold til TEK07. Øvrige anvendte parametre er gitt i Tabell 7.1.

	Eksisterende bygg	TEK07	SINTEF 42
U-verdi yttervegg, langvegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,63	0,18	0,18
U-verdi yttervegg, gavlvegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,63	0,12	0,12
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,29	0,10	0,10
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,46	0,38	0,38
U-verdi vinduer/dører/glassfelt [W/m <sup>2</sup> K]	1,90	0,86	0,86
Normalisert kuldebroverdi [W/K pr. m <sup>2</sup> ]	0,16	0,04	0,04
Lekkasjetall ved 50 Pa [h <sup>-1</sup> ]	2,6	0,6	0,6
Ventilasjonssystem	CAV	VAV	VAV
Luftmengde i drift [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	7,2	7,0	6,0
Luftmengde utenfor drift [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	3,3	2,0	1,0
SFP [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	3,0	1,6	1,6
Temperaturvirkningsgrad på gjenvinner [%]	49	85	85
SPP, varme [kW/(l/s)]	0,5	0,3	0,3
SPP, kjøling [kW/(l/s)]	0,6	0,4	0,4
Lokal romkjøling	Ja (begrenset)	Nei	Nei
Belysning [W/m <sup>2</sup> ]	12,0	3,5	5,0
Teknisk utstyr [W/m <sup>2</sup> ]	15,0	11,0	6,0
Personer [W/m <sup>2</sup> ]	4,0	4,0	4,0
Solavskjerming	Manuell	Automatisert	Automatisert

**Tabell 7.1 Vurderte tiltak for M4.**

Forskjellen på parametre for TEK07 og SINTEF 42-beregningen er verdiene for luftmengder og interne laster.

Gjennomføres alle de vurderte tiltak oppnås det en faktor 3,2 reduksjon av energibruket etter NS3031. Beregnes det etter SINTEF 42 oppnås en faktor 3,8, se Tabell 7.2 og Tabell 8.3.

Malmskriverveien	Referanse	Vurderte tiltak	Reduksjon [%]	Faktor
Netto energibehov [kWh/m <sup>2</sup> ]	272,5	87,6	68	3,1
Levert energi [kWh/m <sup>2</sup> ]	280,9	87,2	69	3,2

**Tabell 7.2 Energireduksjon for M4 ved implementering av rehabiliteringstiltak etter TEK07.**

Malmskriverveien	Referanse	Vurderte tiltak	Reduksjon [%]	Faktor
Netto energibehov [kWh/m <sup>2</sup> ]	272,5	73,2	73	3,7
Levert energi [kWh/m <sup>2</sup> ]	280,9	73,1	74	3,8

**Tabell 8.3 Energireduksjon for M4 ved implementering av rehabiliteringstiltak etter SINTEF 42.**



## 9. DISKUSJON

Hovedparten av beregningene som er gjort i denne rapporten er basert på guidelines fra "LECO. Fra normbygg til faktor 10 – Mulig vei for å redusere energibruken med 90 % i et kontorbygg", hvor nær sagt alle mulige tiltak er listet opp og beregningsmessig implementert. I konkrete case er det naturlig nok ikke alle tiltak som uten videre kan implementeres. Hvert bygg må vurderes særskilt og det må i tillegg til resultat av hvert enkelt tiltak, gjøres kost–nytte analyser av disse, slik at tiltakene kan rangeres, grupperes og danne underlag for beslutning.

De bygningsfysiske tiltak på byggene må vurderes av en bygningsfysiker. Det er nemlig ikke alltid det rent praktisk er mulig å eksempelvis etterisolere yttervegger da man derved flytter nullpunktet i konstruksjonene. Det må derfor gjøres bygningsfysiske undersøkelser av byggets tilstand. Det er også ofte forbundet med komplikasjoner å etterisolere gulv, da man herved minimerer innvendig høyde på nederste etasje.

De installasjonstekniske gode løsninger med god virkningsgrad på gjenvinner og SFP-faktor er ofte plasskrevende og derfor er dette heller ikke alltid praktisk mulig.

Belysningen er en av de ting som er enklere å endre på og her er det ofte en del å spare ved å anvende lavenergibelysning samt styring. Styringen kan bestå av dagslysstyring hvor den kunstige belysning dempes hvis det er lyst i rommet fra dagslys. Den kan også være basert på tilstedeværelse, slik at lyset automatisk går av når lokalene er tomme.

Energien til teknisk utstyr er tett knyttet til bruken av bygget. Noen virksomheter har energitunt utstyr som er nødvendig i arbeidsøyemed. Her blir det så mye mer viktig å velge lavenergiprodukter eller i alle fall bruk av energisparefunksjoner. Det sees også at energi til tekniske rom så som serverrom har vokst ganske mye over de siste årene.

Det er viktig for energibruket hvordan bygget driftes. Regulatorer som motvirker hverandre samt feil innregulering av installasjoner er noe som gir et unødvendig høyt energibruk. På Malmskriveveien har det også i en årrekke vært unødvendig stor drift på ventilasjonsaggregatet som betjener plan 2 til 5 idet et av rommene har vært i bruk på plan 2. Dette kunne ha vært unngått med en løsning med regulerbar og variabel luftmengde for de ulike rommene.

## A. STRANDVEIEN 18

Størrelser		Inndata	Dokumentasjon
Arealer [m <sup>2</sup> ]	Yttervegger	4 048	Målt på tegning
	Tak	2 302	Målt på tegning
	Gulv	1 774	Målt på tegning
	Vinduer, dører og glassfelt	2 937	Målt på tegning
Oppvarmet bruksareal (BRA) ( $A_{\text{B}}$ ) [m <sup>2</sup> ]		15 600	Data fra EOS-logg
Oppvarmet luftvolum ( $V$ ) [m <sup>3</sup> ]		42 323	Målt på tegning
Varmegjennomgangskoeffisient for bygningsdeler [W/m <sup>2</sup> K] (U-verdi)	Yttervegger	0,30	Antatt
	Tak	0,20	Antatt
	Gulv	0,15	Antatt
	Vinduer, dører og glassfelt	1,82	Antatt 1,5 for glass og 2,0 for karm
Areal for vinduer, dører og glassfelt i forhold til oppvarmet bruksareal (%)		18,8	Beregnes på basis av verdiene her ovenfor
Normalisert kuldebroverdi ( $\psi'$ ) [W/m <sup>2</sup> K]		0,12	Antatt
Lekkasjetall ( $n_{50}$ ) [h <sup>-1</sup> ]		3	Antatt
Årsgjennomsnittlig virkningsgrad ( $\eta$ ) for varmegjenvinner [%]		50	Data fra FDV
Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, i driftstiden [kW/(m <sup>3</sup> /s)]		3,0	Antatt
Gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde ( $V$ ) i driftstiden [m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )]		7,1	Data fra FDV
Ventilasjonsluftmengde ( $V$ ) utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )]		0	Data fra drift
Tilluftstemperatur i driftstiden vinter/sommer [°C]		19,5/18	Data fra drift
Tilluftstemperatur utenfor driftstiden vinter/sommer [°C]		-	Anlegg slukket
Årsgjennomsnittlig systemeffektfaktor for oppvarmings-systemet [-]		0,87	Vektet veiledende verdi for fjernvarme, NS3031
Årsgjennomsnittlig systemeffektfaktor for kjølesystemet [-]		0,87	Veiledende verdi for fjernvarme, NS3031
Spesifikk pumpeeffekt (SPP) romopvarming [kW/(l/s)]		0,5	Veiledende verdi NS3031
Spesifikk pumpeeffekt (SPP) romkjøling [kW/(l/s)]		0,6	Veiledende verdi NS3031
Spesifikk pumpeeffekt (SPP) varmebatteri [kW/(l/s)]		0,5	Veiledende verdi NS3031
Spesifikk pumpeeffekt (SPP) kjølebatteri [kW/(l/s)]		0,6	Veiledende verdi NS3031
Spesifikt effektbehov til belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]		10,0	Basert på befaring
Spesifikt effektbehov til utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]		5,7	Basert på befaring
Total solfaktor ( $g_t$ ) for vinduer		0,40	Data fra FDV
Total solfaktor ( $g_t$ ) for vinduer og glassfelt sammen med solavskjerming		0,18	Utvendig solavskjerming antatt solfaktor på 10 % for S, Ø og V
Avskjermingsfaktor for horisont, bygninger vegetasjon for ulike orienteringer		0,88	Skjønnnet ut fra tegninger

## B. MALMSKRIVERVEIEN 4

Størrelser		Inndata	Dokumentasjon
Arealer [m <sup>2</sup> ]	Yttervegger	1543	Målt på tegning
	Tak	729	Målt på tegning
	Gulv	741	Målt på tegning
	Vinduer, dører og glassfelt	541	Målt på tegning
Oppvarmet bruksareal (BRA) ( $A_n$ ) [m <sup>2</sup> ]		4031	Målt på tegning
Oppvarmet luftvolum (V) [m <sup>3</sup> ]		10902	Målt på tegning
Varmegjennomgangskoeffisient for bygningsdeler [W/m <sup>2</sup> K] (U-verdi)	Yttervegger	0,61	Antatt, basert på simpel beregning
	Tak	0,29	Som over
	Gulv	0,46	Som over
	Vinduer, dører og glassfelt	1,9	Data fra Multiconsult
Areal for vinduer, dører og glassfelt i forhold til oppvarmet bruksareal (%)		13,4	Beregnes på basis av verdiene her ovenfor
Normalisert kuldebroverdi ( $\psi'$ ) [W/m <sup>2</sup> K]		0,16	Data fra bygningsfysiker
Lekkasjetall ( $n_{50}$ ) [h <sup>-1</sup> ]		2,6	Data fra bygningsfysiker
Årsgjennomsnittlig virkningsgrad ( $\eta$ ) for varmegjenvinner [%]		49	Data fra FDV
Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, i driftstiden [kW/(m <sup>3</sup> /s)]		3,0	Data fra FDV
Gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde (V) i driftstiden [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]		7,2	Data fra FDV
Ventilasjonsluftmengde (V) utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]		3,3	Data fra FDV
Tilluftstemperatur i driftstiden vinter/sommer [°C]		20/17,5	Data fra drift
Tilluftstemperatur utenfor driftstiden vinter/sommer [°C]		20/17,5	Data fra drift
Årsgjennomsnittlig systemeffektfaktor for oppvarmings-systemet [-]		0,86	Vektet veiledende verdi for fjernvarme, NS3031
Årsgjennomsnittlig systemeffektfaktor for kjølesystemet [-]		2,4	Veiledende verdi for kjøling, NS3031
Spesifikk pumpeeffekt (SPP) romopvarming [kW/(l/s)]		0,5	Veiledende verdi NS3031
Spesifikk pumpeeffekt (SPP) romkjøling [kW/(l/s)]		0,6	Veiledende verdi NS3031
Spesifikk pumpeeffekt (SPP) varmebatteri [kW/(l/s)]		0,5	Veiledende verdi NS3031
Spesifikk pumpeeffekt (SPP) kjølebatteri [kW/(l/s)]		0,6	Veiledende verdi NS3031
Spesifikt effektbehov til belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]		12,0	Basert på befarung
Spesifikt effektbehov til utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]		15,0	Antatt
Total solfaktor ( $g_t$ ) for vinduer		0,70	Antatt
Total solfaktor ( $g_t$ ) for vinduer og glassfelt sammen med solavskjerming		0,42	Utvendig solavskjerming antatt solfaktor for SØ og SV
Avskjermingsfaktor for horisont, bygninger vegetasjon for ulike orienteringer		0,69	Skjønnnet ut fra tegninger

**C. UNDERLAGSRAPPORT FOR MALMSKRIVERVEIEN 4**

# Beskrivelse av Malmskriverveien 4 i Bærum kommune

<b>BESKRIVELSE AV MALMSKRIVERVEIEN 4 I BÆRUM KOMMUNE</b> .....	<b>1</b>
<b>1 MALMSKRIVERVEIEN 4 I BÆRUM KOMMUNE</b> .....	<b>2</b>
1.1. GENERELL BESKRIVELSE .....	2
1.1.1 Adresse .....	4
1.1.2 Beliggenhet .....	4
1.1.3 Eie- og driftsforhold .....	5
1.1.4 Byggets historikk.....	6
1.2. BYGNINGSTEKNISK .....	6
1.2.1 Grunnforhold .....	6
1.2.2 Byggemetode.....	6
1.2.3 Fasader .....	11
1.2.4 Gulvarealer og romvolum .....	12
1.3. VVS-TEKNISK .....	13
1.3.1 Energiforsyning .....	13
1.3.2 Oppvarming .....	13
1.3.3 Varmtvann.....	13
1.3.4 Ventilasjon .....	13
1.3.5 Kjøling.....	14
1.3.6 Inneklima.....	14
1.3.7 Effekt-energibruk pumper-vifter. (SFP-SPP).....	14
1.3.8 Reguleringsteknisk.....	15
1.4. ELEKTROTEKNISK .....	15
1.4.1 Lys og lysstyring .....	15
1.5. ANNET.....	15
1.5.1 Diverse infrastruktur .....	15
1.5.2 Kantine/kjøkken .....	15
1.6. BRUKERTEKNISK.....	15
1.6.1 IT-installasjoner .....	16
1.6.2 Brukerstyring .....	16
1.6.3 Energioppfølging .....	16
1.7. REGISTRERT LEVERT ENERGI .....	16
1.8. NETTO ENERGIBEHOV .....	19
1.8.1 Beregnet netto energibehov (driftsbetingelser iht. NS3031) .....	19
1.8.2 Beregnet netto energibehov (reelle driftsbetingelser).....	19
1.8.3 Avvik mellom normverdi i NS 3031:2007 og reelle driftsbetingelser .....	21

# 1 Malmskriverveien 4 i Bærum kommune

## 1.1. Generell beskrivelse

Bygget er plassert på Malmskriverveien 4 i Sandvika i Bærum kommune. Bygget er et kontorbygg på i alt seks etasjer inklusiv kjeller. Som det framgår av Figur 1.2 er Malmskriverveien bygget sammen med Malmskriverveien 6. Det er valgt å se bort fra nr. 6 da dette er et bygg som skal rives. Nr. 6 har tidligere vært brukt til parkering, gymsal og kantine.

Malmskriverveien 4 er benevnt Politihuset og består i hovedsak av kontorarealer på alle planer. På plan 1 er det her ut over hovedinnngang og arrestceller. På kjellerplan er det dessuten tekniske rom og tilfluktsrom. Totalt har bygget et areal på 4.224 m<sup>2</sup> hvorav 4.031 m<sup>2</sup> er oppvarmet areal.

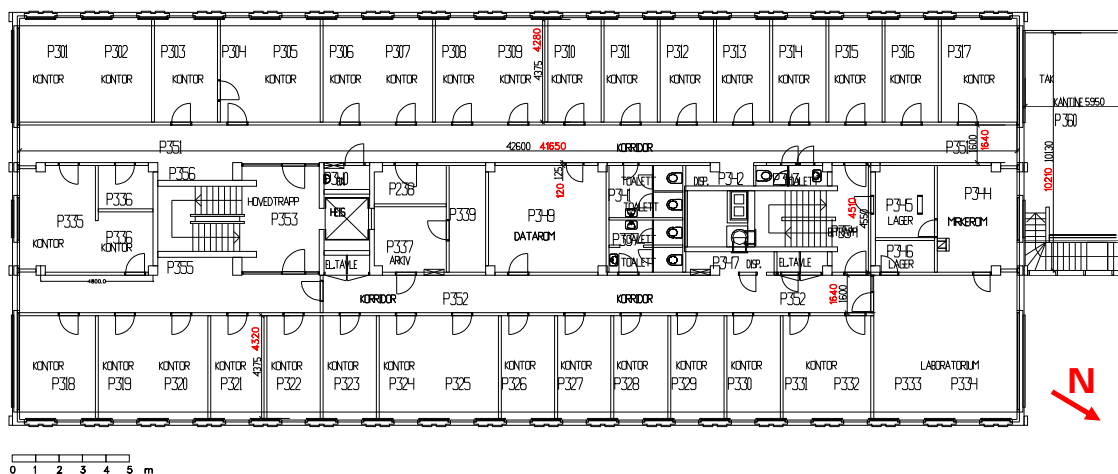


Figur 1.1: Malmskriverveien 4 og 6 sett fra øst.



**Figur 1.2: Malmskriverveien 2, 4 og 6.**

Etasjene er i hovedsak bygd etter samme prinsipp med kjernefunksjoner i midten og kontorer langs fasaden, men størrelsen av kontorene varierer fra etasje til etasje og fra område til område. Etter rehabiliteringen flytter det inn nye brukere i bygget og her vites det ikke ennå hvordan utformingen blir. Antatt fordeling i møtereferat fra prosjekteringsmøte nr. 5 18. mars 2010 er 50 % åpent kontorlandskap og 50 % cellekontor i plan 2-5.



**Figur 1.3: Typisk plantegning for Malmskriverveien 4, plan 3.**

Bygget står overfor en totalrehabilitering, hvor det blant annet skal tilføyes et påbygg mot nordøst. I forbindelse med rehabiliteringen skiftes alle vinduer, fasadene etterisoleres og installasjoner skiftes ut.



**Figur 1.4: Skisse av Malmskriverveien 4 innsendt til rammesøknad.**

Det er ikke bestemt om det skal etterisoleres utvendig eller innvendig, derfor gjøres det undersøkelser av energibesparelsen for begge situasjoner.

### 1.1.1 Adresse

Malmskriverveien 4  
1337 Sandvika

### 1.1.2 Beliggenhet

#### 1.1.2.1 Orientering



Figur 1.5: Hybridkort over området [www.gulesider.no].

Bygget er orientert slikt at langfasadene vender mot nordøst og sørvest, se Figur 1.6.



Figur 1.6: Orientering for nordøstfasaden [www.gulesider.no].



### 1.1.2.2 Terrenkskjerming

Malmskriverveien 4 avskjermes i hovedsak kun av Malmskriverveien 6 mot nordvest og Malmskriverveien 2 mot sørvest. Andre bygg er plassert med større avstand.



Figur 1.7: Bygget sett fra sør mot nord [[www.gulesider.no](http://www.gulesider.no)].

### 1.1.3 Eie- og driftsforhold

Bygget sto ferdig i 1971 og eies og driftes i dag av Entra Eiendom AS.

Entra Eiendom AS  
Biskop Gunnerus gate 14a,  
postboks 52 Økern,  
0508 Oslo

Største leietaker har over en årrekke vært Sandvika politikammer. De flyttede ut i april 2009 og bygget har siden stått tomt. Etter rehabilitering skal tingretten bruke noen av lokalene og andre leietakere kommer inn.

I alt har det jobbet ca. 200 personer i bygget. Det vurderes at mesteparten av disse har hatt en arbeidsdag fra 8-16 på hverdager. Politihusets operasjonssentral på ca. 78 m<sup>2</sup>, som er plassert på plan 2 mot øst har hatt døgndrift.

Kontaktpersoner hos Malmskriverveien 4 i forbindelse med LECO:

- Rune Pedersen, prosjektansvarlig, Optimo Prosjekt AS  
tlf: 23053713 eller 47041772  
e-post: Rune.Pedersen@Optimo.no
- Sven Wertebach, prosjektleder, Optimo Prosjekt AS  
tlf: 23053721 eller 41542992  
e-post: Sven.Wertebach@Optimo.no
- Erik Christensen, driftskoordinator, Entra Eiendom AS  
tlf: 22538930 eller 97169294  
e-post: E.C@Entra.no

## **1.1.4 Byggets historikk**

### *1.1.4.1 Byggeår*

1971

Aktører i byggeprosessen:

- Arkitekt: Jon Engh
- Rådgivende ingeniører: Ingeniør Bonde & Co.
- Elektro: Sivilingeniør Sv. Bolkesjø

### *1.1.4.2 Endringer etter ferdigstilling*

Det er skiftet ut vinduer i 1995 og det er skiftet lamper etter en energi og miljøanalyse foretatt i 2006 av Multiconsult. Denne rapporten resulterte også i stikkontroller på hvor godt varmeanlegget var innregulert i 2007, nedbørsstyring av snøsmelleanlegg i 2008, installasjon av Niprox vannbehandlingsanlegg i 2007/2008.

### *1.1.4.3 Brukerorganisasjon per i dag*

Asker og Bærum politidistrikt har vært brukere av bygget men er i dag flyttet til andre lokaler og bygget står derfor tomt. Brukerorganisasjonen etter rehabilitering er stadig uklar, men Tingretten skal bruke deler av bygget.

### *1.1.4.4 Eksisterende tegninger*

Det er funnet digitale tegninger av bygget som er utført i januar 2001, hvilket er 30 år etter Malmskriverveien 4 ble bygget. Herutover er det utformet nye tegninger for rehabilitering og ombygging.

## **1.2. Bygningsteknisk**

### **1.2.1 Grunnforhold**

Området forventes å ha en del løsmasser i grunnen innen fjell.

### **1.2.2 Byggemetode**

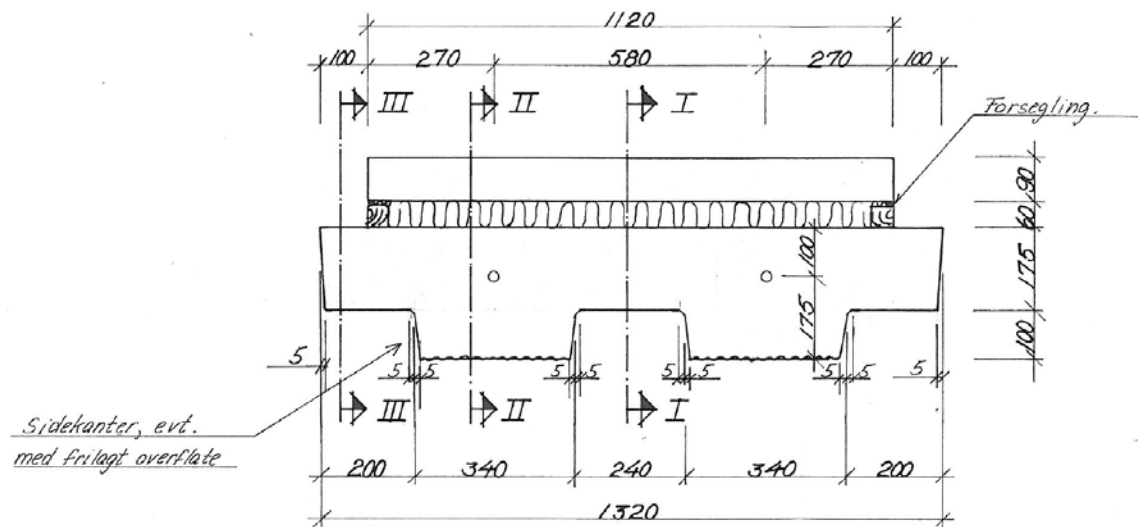
#### *1.2.2.1 Fasader*

Fasaden er råbetong med forskallingsmønster, som er typisk for 1970-tallet, se Figur 1.8.



Figur 1.8: Foto av fasade [Helle Wøhlc Jæger Sørensen 4. februar 2010].

Snitt i gjennom fasaden viser at den har 60 mm isolering, Figur 1.9.



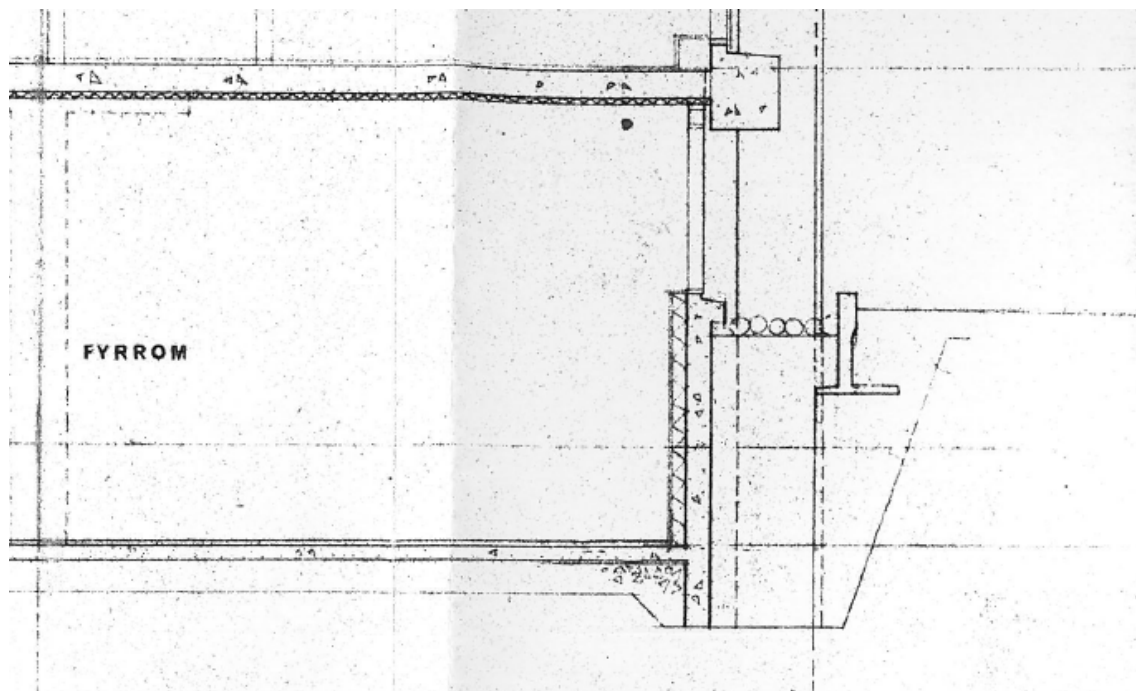
Figur 1.9: Horisontal snitt igjennom fasade. Verdier i mm.

Ut fra simpel beregning uten hensyntaken til forseglingen vurderes det at U-verdien for fasaden er 0,63 W/m<sup>2</sup>K. Beregningen er basert på verdier i Tabell 1.1.

	Tykkelse [mm]	Varmeledningsevne [W/mK]
Betong	90	1,75
Isolering	60	0,047
Betong	175	1,75

Tabell 1.1: Verdier brukt ved beregning av U-verdi, basert på "Regler for beregning av bygninger varmebehov" fra 1969.

Ytterveggen under bakken er bygget opp av 200 mm betong og 150 mm isolering. Det er ikke funnet beskrivelse av denne isolering, men det er antatt at det er en form for lettbetong. En typisk varmeledningsevne for dette materialet er 0,2 W/mK. Ut fra dette er U-verdien funnet til 0,97 W/m<sup>2</sup>K.



Figur 1.10: Snitt gjennom kjellervegg.

	Tykkelse [mm]	Varmeledningsevne [W/mK]
Isolering	150	0,2
Betong	200	1,75

Tabell 1.2: Verdier brukt ved beregning av U-verdi, basert på "Regler for beregning av bygninger varmebehov" fra 1969.

#### 1.2.2.2 Yttertak

På betongdekket er det lagt ut et dampsperrsjikt av 0,2 mm plastfolie. På plastfolien er lagt ut bunnsviller med størrelsen 1" x 4" c/c 2,5 m. Ovenpå er stolper av størrelsen 2" x 4" og sperrer med størrelsen 2" x 6" c/c 900. Bordtaket av 1" x 4" høvlede og pløyde bord. Varmeisoleringen består av 100 mm mineralull og 50 mm sydde mineralullmatter. Taktekkingen utføres med 3 lag papp.

Ut fra enkel beregning vurderes det at U-verdien for taket er 0,29 W/m<sup>2</sup>K. Beregningen er basert på verdier i Tabell 1.3.

	Tykkelse [mm]	Varmeledningsevne [W/mK]
Isolering	50	0,047
Isolering	100	0,047
Betong	168	1,75

Tabell 1.3: Verdier brukt ved beregning av U-verdi, basert på "Regler for beregning av bygninger varmebehov" fra 1969.

### 1.2.2.3 Vinduer

Alle vinduer er skiftet i 1995. Det er vinduer med dobbelt lag glass og aluminiumskarme. I ”Energi og miljøanalyse” fra 2006 av Multiconsult er det for vindu antatt en U-verdi på 1,9 W/m<sup>2</sup>K. Dette er derfor lagt til grunn i beregningene.

Solfaktoren framgår ikke, men glassene vurderes å være klare og det er anslått en g-verdi på 70 %, som er vanlig for dobbelt lags glass.

### 1.2.2.4 Etasjeskiller

Det er antatt vanlige hulldekkeelementer.

### 1.2.2.5 Himlinger

Det er i hovedsak gipshimling i bygget.

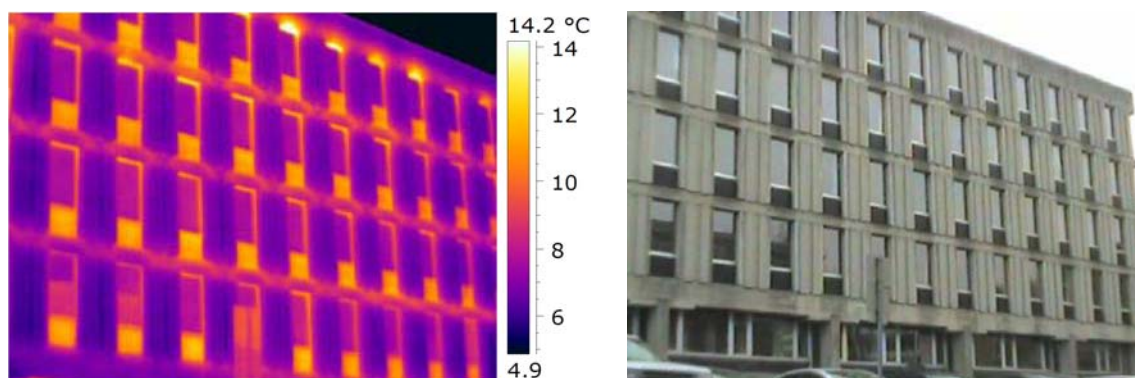
### 1.2.2.6 Skillevegg

Skillevegger er i malt betong eller gipsplate på veggene.

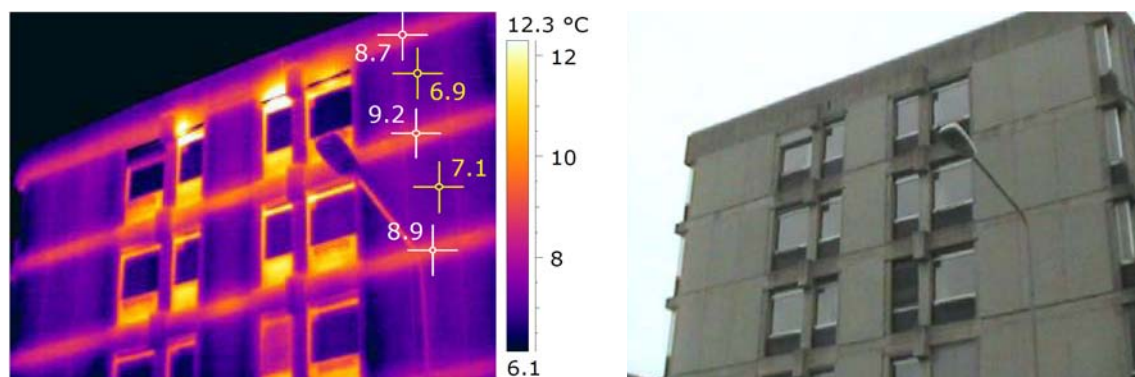
### 1.2.2.7 Kuldebroer

Det er omfattende kuldebroer i bygget og derfor er det foretatt en termografering og en kuldebrobergning.

Det er utført termografering og trykktest på Malmskriverveien 4 d. 17. mars 2010 av Karl H. Grimnes fra Termografi og måleteknikk as. Figur 1.11 og Figur 1.12 viser termografering av henholdsvis langfasade og gavlgavl og det er tydelig at det er kuldebroer ved dekkeforkant og rundt vinduene. Kuldebroene ved dekkeforkantene er mest tydelige på gavlveggen.

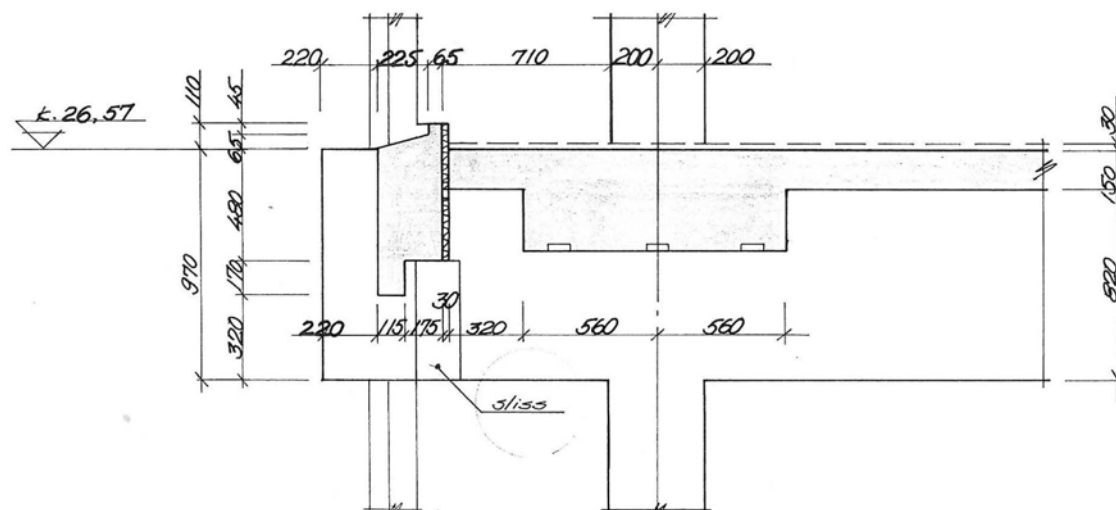


Figur 1.11: Termografering av NØ-fasade [Karl H. Grimnes, Termografi og måleteknikk, 17. mars 2010].



Figur 1.12: Termografering av SØ-fasade [Karl H. Grimnes, Termografi og måleteknikk, 17. mars 2010].

Figur 1.13 viser vertikalt snitt gjennom fasade. Her ses det at det er innsatt 30 mm isolering mellom dekkeforkant og fasade.



Figur 1.13: Vertikalt snitt igjennom fasade ved dekkeelement. Verdier i mm.

Normalisert kuldebroverdi er blitt beregnet av bygningsfysiker fra Rambøll i forbindelse med totalrehabilitering i 2010. U-verdier og kuldebroverdier er beregnet i programmet Heat 2D med en utetemperatur på  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  og en innetemperatur på  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Resultatet av kuldebroberegningen er vist i Tabell 1.4.

Tilslutningstype	Lengde [m]	Kuldebroverdi, $\Psi$ [W/mK]	Varmetap [W/K]
Drager 3., 4. og 5. etg, snitt 1	47,5	0,37	18
Drager 3., 4. og 5. etg, snitt 2	73,4	1,70	125
Drager 3., 4. og 5. etg, snitt 3	24,5	0,88	22
Dekke 2. etg	116,8	0,47	55
Dekke 1. etg	116,8	2,06	241
Overgang tak/vegg	0,2	121,60	24
Gulv overgang mot grunn	0,4	116,80	47
Hjørner	0,2	76,80	12
Vinduer	1984,0	0,05	99
<b>Varmetap [W/K]</b>			<b>641</b>
<b>Normalisert kuldebroverdi, <math>\Psi''</math> [W/m<sup>2</sup>K]</b>			<b>0,16</b>

Tabell 1.4: Kuldebroberegning fra Rambøll.

Grunnen til at dragere er delt opp i tre snitt er utforming av fasade. Snitt 1, 2 og 3 henviser til de snitt som er markert på Figur 1.9.

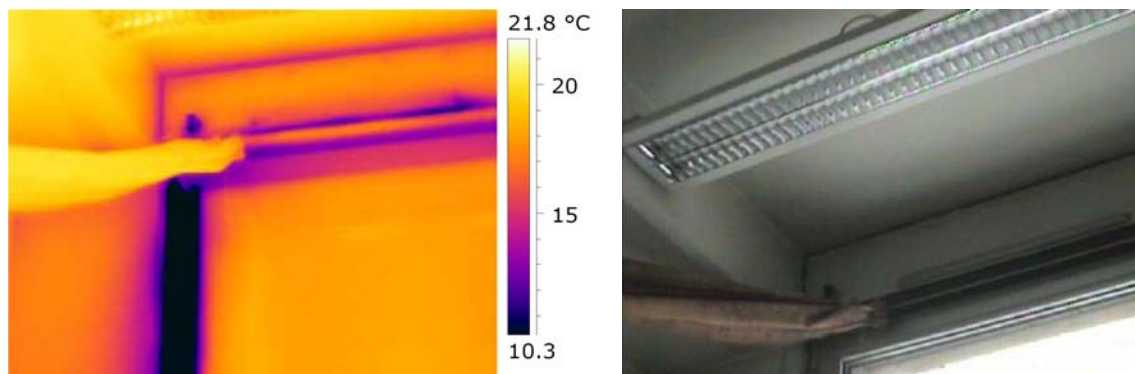
Det planlegges totalrehabilitering av bygget, hvor det overveies enten innvendig eller utvendig etterisolering av fasade. Ved en innvendig etterisolering forsterkes kuldebroeffekten og derfor oppnås det dårligere verdi for normalisert kuldebroverdi for denne løsningen. Ved utvendig etterisolering er det mulig å redusere kuldebroer ved dekkeforkant vesenlig.

#### 1.2.2.8 Infiltrasjon

Det er utført termografering og trykktest på Malmskriverveien 4 d. 17. mars 2010 av Karl H. Grimnes fra Termografi og måleteknikk as. Ut fra målinger av 2. etasje med undertrykk og overtrykk er det

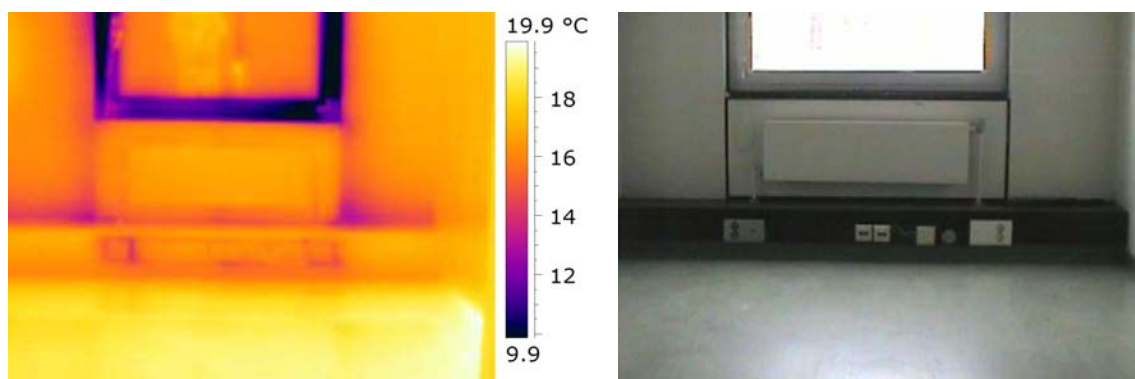
funnet et gjennomsnittlig lekkasjetall på  $2,6 \text{ h}^{-1}$  ved 50 Pa. Den største utetthet i bygget er funnet ved vinduer, idet det er lekkasje mellom karm og ramme, se Figur 1.14.

Figur 1.14 viser termografering av øvre del av vindu. Det ses at det er utett mellom ramme og karm. Lufthastigheten er av Termografi og måleteknikk målt til  $6,3 \text{ m/s}$ .



**Figur 1.14:** Termografering av vindu øvre del [Karl H. Grimnes, Termografi og måleteknikk, 17. mars 2010].

Figur 1.15 viser termografering av vinduets nedre del og brystning. Det er en tydelig lekkasje mellom karm og ramme. Det er ikke funnet målbare luftlekkasjer i brystningen under vinduet.



**Figur 1.15:** Termografering av vindu nedre del [Karl H. Grimnes, Termografi og måleteknikk, 17. mars 2010].

I følge Karl H. Grimnes er det mulig å oppnå et lekkasjetall på ca.  $1,0 \text{ h}^{-1}$  ved 50 Pa ved å skifte vinduer så det tettes rundt mellom karm og ramme.

### 1.2.3 Fasader

#### 1.2.3.1 Beskrivelse vinduer og glassfelt

Fasadene består av 30 % vinduer og glassfelter og 70 % tettvegg. Det er ikke nevneverdige store glassfelt i bygget.



Figur 1.16: Bilder av fasader [Helle Wøhlk Jæger Sørensen 4. februar 2010].

### 1.2.3.2 Arealoversikt vinduer og glassfelt

Oversikt i tabell er basert på oppmåling på eksisterende tegninger og er blitt verifisert av ARK.

Betegnelse [-]	Total fasadeareal inkl. vinduer/glassfelter/dører [m <sup>2</sup> ]	Areal av vinduer /glassfelter/dører [m <sup>2</sup> ]	Areal av tettvegg [m <sup>2</sup> ]
Nordøstfasade	701,1	247,4	453,8
Sørøstfasade	281,2	61,9	219,3
Sørvestfasade	621,4	197,0	424,4
Nordvestfasade	171,3	34,5	136,8
<b>Sum</b>	<b>1.775</b>	<b>541</b>	<b>1.234</b>

Tabell 1.5: Oversikt over areal av vinduer, glassfelter og dører i fasadene.

Til sammen blir mengden av vinduer og glassfelt 13 % av det oppvarmede areal. Til sammenligning kan det nevnes at denne verdien ligger godt innen for de 20 % som i dag tilrådes i tiltakspakken i TEK07.

### 1.2.3.3 Solskjerming

Det er for solutsatte fasader, det vil si sørøst og sørvest, montert utvendige persienner, manuelt betjente fra hvert enkelt kontor. Tre vinduer mot nordøst har også persienner, da det her har vært en sentral med døgndrift.

For alle vinduer gjelder dessuten at det er innvendige mørke gardiner i forskjellig design.

## 1.2.4 Gulvarealer og romvolum

Totalt har bygget et areal på 4.224 m<sup>2</sup>, hvorav 4031 m<sup>2</sup> er oppvarmet areal. For den oppvarmede del er det ut fra oppmåling på snitt beregnet et volum på 10.902 m<sup>3</sup>.



### 1.3. VVS-teknisk

#### 1.3.1 Energiforsyning

Varme leveres av Bærum fjernvarme AS. Anlegget som betjener Malmskriverveien 4 er plassert i Sandvika og varmeproduksjonen skjer ved varmepumpe basert på urensset kloakk og oljekjeler.

Kjølingen til ventilasjonen er basert på kjøleanlegg med isvannssystem av typen DX.

Fastkraft leveres av Hafslund.

##### 1.3.1.1 Energimåling

Det er i bygget to målere som måler det samlede energiforbruk fordelt på postene fjernvarme og fastkraft. Det målte energibruk omfatter Malmskriverveien 2, 4 og 6, se Figur 1.2

#### 1.3.2 Oppvarming

Varmen distribueres i radiatorer som er plassert under hvert vindu på kontorene, se Figur 1.17. Her er det mulig for bruker å regulere opp eller ned for varmen. Systemet er utetemperaturkompensert og har fem kurser.



Figur 1.17: Bilder av radiator [Helle Wøhlk Jæger Sørensen 4. februar 2010].

Det forventes at turtemperaturen fra fjernevarmesentralen i radiatorene i bygget er ca. 80 °C og returtemperaturen er ca. 60 °C.

Det har vært natt/helgesenkning på oppvarmingsanlegget.

#### 1.3.3 Varmtvann

Fjernvarmen varmer også opp tappevann, hvor varmtvannsberedere varmer vannet ytterligere opp samt akkumulerer.

#### 1.3.4 Ventilasjon

Ventilasjonen skjer med CAV-anlegg tilknyttet et SD-anlegg. Bygget betjenes av fire aggregater, se Tabell 1.6, hvorav aggregat 36.01 og 36.02 er koplet sammen med en væskegjenvinner. På grunn av mindre avtrekksluftmengde i forhold til tilluftmengde har gjenvinneren ikke så stor virkning. Disse to aggregatene betjener arresten og har derfor døgnkontinuerlig drift. Aggregat 36.04 og 36.10 er

balanserte anlegg. Aggregat 36.04 betjener trimrommet og har hatt drift mandag til fredag kl. 6-23 og lørdag kl. 6-18. Det største aggregat 36.10 betjener hovedparten av bygget og har kryssvarmeveksler. Politihusets operasjonssentral som er plassert på plan 2 mot øst har hatt døgndrift og derfor har det også vært døgndrift på aggregatet. Normal drift med full luftmengde har vært mandag til fredag kl. 6-17 og lørdag kl. 6-14. Utenom denne tiden har aggregatet gått med halv luftmengde.

Alle tilluftaggregater er med kjøling unntagen det som betjener trimrommet i kjeller.

Den totale luftmengde er funnet til 29.000 m<sup>3</sup>/h hvilket gir en spesifikk luftmengde i bygget på 7,2 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>. Vektet gjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad på gjenvinner er 49 %.

System	Plassering aggregat	Betjener	Kjøling	Temperaturvirkningsgrad på gjenvinner [%]	Luftmengde, tilluft [m <sup>3</sup> /h]	Luftmengde, avtrekk [m <sup>3</sup> /h]
36.01	Tak	Arrest + tilfluktsrom	-	50	0	1.000
36.02	1. etg.	1. etg + arrest	Ja	50	4.000	0
36.04	Vifterom v/ trimrom i kjeller	Trimrom kjeller	Nei	0	2.000	2.000
36.10	Tak	Kontorer 2. til 5. etg	Ja	60	23.000	23.000
<b>Samlet</b>				<b>49</b>	<b>29.000</b>	<b>26.000</b>

Tabell 1.6: Oversikt over ventilasjonsaggregatene i bygget. I gjennomsnitt er det en luftmengde på 7,2 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> i bygget.

Tillufttemperaturen er på ca. 20 °C om vinteren og 17-18 °C om sommeren. Denne temperatur innstilles på SD-anlegget av driftpersonalet.

### 1.3.5 Kjøling

Bygget har ikke hatt lokal romkjøling i vesentlig grad. Eneste rom der dette har vært anvendt er i operasjonssentralen på plan 2 mot øst.

I forbindelse med ventilasjonsaggregat 36.02 og 36.10 er det tilknyttet kjøleanlegg vist på Tabell 1.7.

System	Betjener	Beskrivelse	Kjøleeffekt [kW]
37.02	36.02	Består av 3 separate anlegg type DX	6,0
37.10	36.10	Type DX	59,8
<b>Samlet</b>			<b>65,8</b>

Tabell 1.7: Oversikt over ventilasjonsaggregatene i bygget. I gjennomsnitt er det en luftmengde på 7,2 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> i bygget.

### 1.3.6 Inneklima

Da brukene ikke lengre er i bygget har det ikke vært mulig å utdele spørreskjemaer.

### 1.3.7 Effekt-energi bruk pumper-vifter. (SFP-SPP)

Vifteeffekter for anleggene er gitt på Tabell 1.8. Ut fra vifteeffekt og maksimal luftmengde kan SFP beregnes til 3,0 kW/(m<sup>3</sup>/s).

System	Antatt vifteeffekt tilluft [kW]	Antatt vifteeffekt avtrekk [kW]	Total vifteeffekt [kW]
36.01	-	3,9	3,9
36.02	3,0	-	3,0

36.04	0,8	0,1	0,9
36.10	9,0	7,0	16,0
<b>Samlet</b>			<b>23,8</b>

Tabell 1.8: Vifteeffekter for ventilasjonsanleggene.

### 1.3.8 Reguleringssteknisk

Ventilasjonssystemet er basert på CAV og styres fra byggets SD-anlegg. Setpunkt for tilluftstemperaturen er om vinteren 20 °C og om sommeren 17-18 °C.

Tre av ventilasjonssystemene kjører døgnkontinuerlig. Det dreier seg om 36.01 og 36.02 som især betjener arrestcellene. Dessuten kjører anlegg 36.10 med halv hastighet. Dette aggregatet betjener kontorene plan 2 til 5 og grunnet et døgnbetjent rom på plan 2 driftes anlegget hele døgnet.

Det er ikke kjennskap til om det har vært natt/helgesenkning av oppvarmingsanlegget, men det antas at det ikke har på grunn av døgndrift i noen av rommene.

Det er fortrinnsvis manuelle radiatorventiler i bygget, bortsett fra stedvis utskifting til termostatstyrte ventiler. Dette kan gjøre temperaturreguleringen på kontorene vanskelig.

## 1.4. Elektroteknisk

### 1.4.1 Lys og lysstyring

På befaring ble det registrert belysningseffekt på kontorene og i korridor og basert på dette er det beregnet en anslagsmessig effekt pr. areal i bygget. I kontorområder er det observert at belysningen består av to lysarmaturer med hver 70 W pr. cellekontor pr. celle. Da et cellekontor er på ca. 10,8 m<sup>2</sup> gir dette ca. 13 W/m<sup>2</sup>. I korridorene er det observert lysarmaturer på 36 W plassert på en sådan måte at det gir en effekt på ca. 10,7 W/m<sup>2</sup>. Med 50 % kontorareal og 50 % korridorer fås en antatt gjennomsnittlig effekt på 12 W/m<sup>2</sup> for hele bygget.

	Effekt pr. lampe [W]	Antall	Areal [m <sup>2</sup> ]	Effekt [W/m <sup>2</sup> ]	Antatt arealfordeling
Kontorer	70	2	10,8	13,0	50 %
Korridor	36	1	3,4	10,7	50 %

Tabell 1.9: Belysning registrert på befaring.

## 1.5. Annet

### 1.5.1 Diverse infrastruktur

#### 1.5.1.1 Snøsmelteanlegg

Det er elektriske varmekabler i kjørerampen og i utvendig trapp som styres etter temperaturføler i bakken.

### 1.5.2 Kantine/kjøkken

Det er ikke kantine eller kjøkken i Malmskriverveien 4. Denne er plassert i Malmskriverveien 6. Ved totalrehabilitering er det mulighet for at det bygges kantine i 1. etasje.

## 1.6. Brukerteknisk

Det er i bygget i alt to målere som måler det samlede energiforbruk fordelt på postene fjernvarme og fastkraft. Det samlede energiforbruk er en felles måling for Malmskriverveien 2, 4 og 6, se Figur 1.2.

## 1.6.1 IT-installasjoner

### 1.6.1.1 Lokalt

Befaringen til Malmskriverveien 4 ga ikke opplysninger om teknisk utstyr, da brukene hadde flyttet ut av bygget, men det forventes at det var vanlig kontorutstyr i form av pc-er, kopimaskiner og printere samt utstyr på møterom. I rapporten "Energi & Miljøanalyse for Malmskriverveien 2-4" av Multiconsult fra 2006 framgår det at det er pc på alle kontorplasser og et stort antall kopimaskiner, printer og faxmaskiner. Det nevnes også her at utstyret står på tilnærmet kontinuerlig.

Basert på dette er det i beregningene regnet med en utstyrsbelastning på 15 W/m<sup>2</sup>.

### 1.6.1.2 UPS-rom

Da brukene er flyttet ut er det ikke funnet data for UPS-rom.

## 1.6.2 Brukerstyring

Lokalene har ikke lokal romkjøling og det er kun mulig for brukeren å stille på oppvarmingen ved hjelp av ventil på radiator.

## 1.6.3 Energioppfølging

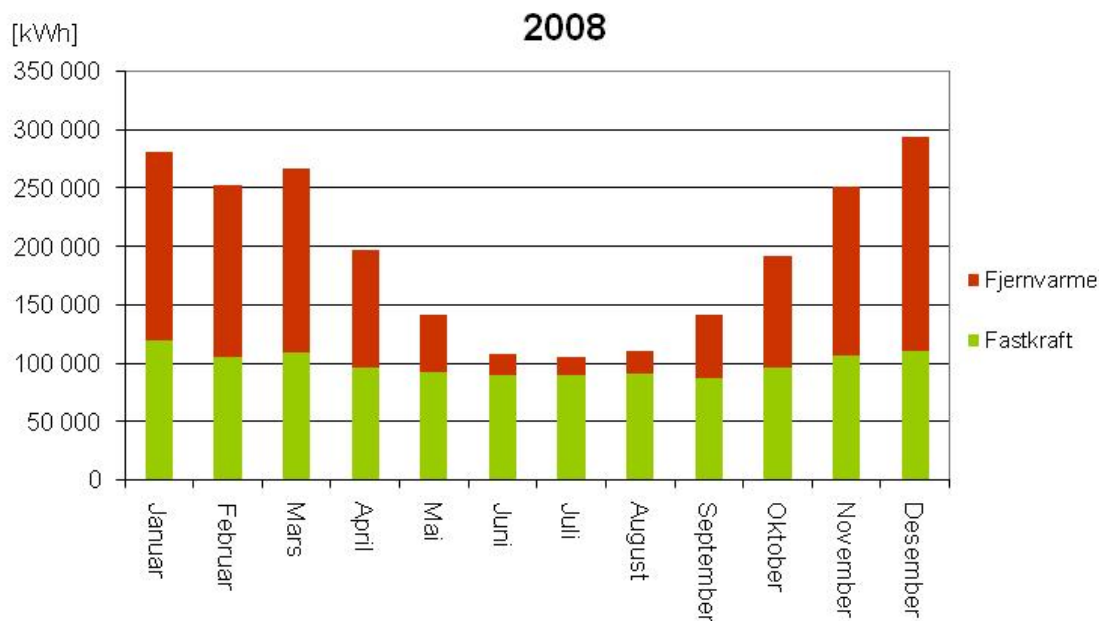
EOS-loggen fra Entro benyttes til energioppfølging for bygget.

## 1.7. Registrert levert energi

Virkelig levert energi for 2008 for Malmskriverveien 2,4 og 6 er på 282 kWh/m<sup>2</sup> som er graddagskorrigeret til 300 kWh/m<sup>2</sup>. For å finne energibruken i 2008 ble data fra Entro energi sin EOS-loggen benyttet. Her logges energi til fjernvarme og fastkraft.

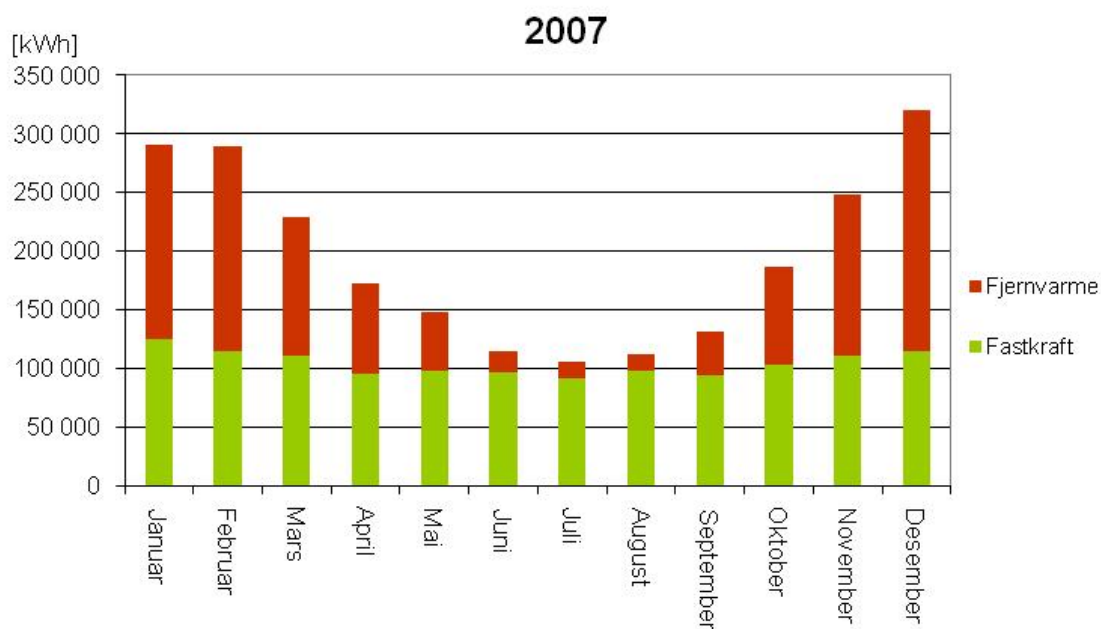
År	Energiforbruk		Temperaturkorrigeret forbruk		Vann	Kommentar
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	
2008	1.676.550	282	2.485.986	300	4.571	
2007	2.339.730	283	2.464.549	297	3.412	
2006	2.345.492	293	2.592.806	312	3.584	
2005	2.433.806	294	2.596.688	313	-	

Figur 1.18: Historisk forbruk basert på oppvarmet areal på 8.300 m<sup>2</sup>.



**Figur 1.19: Faktisk forbruk for 2008, som ikke er temperaturkorrigert.**

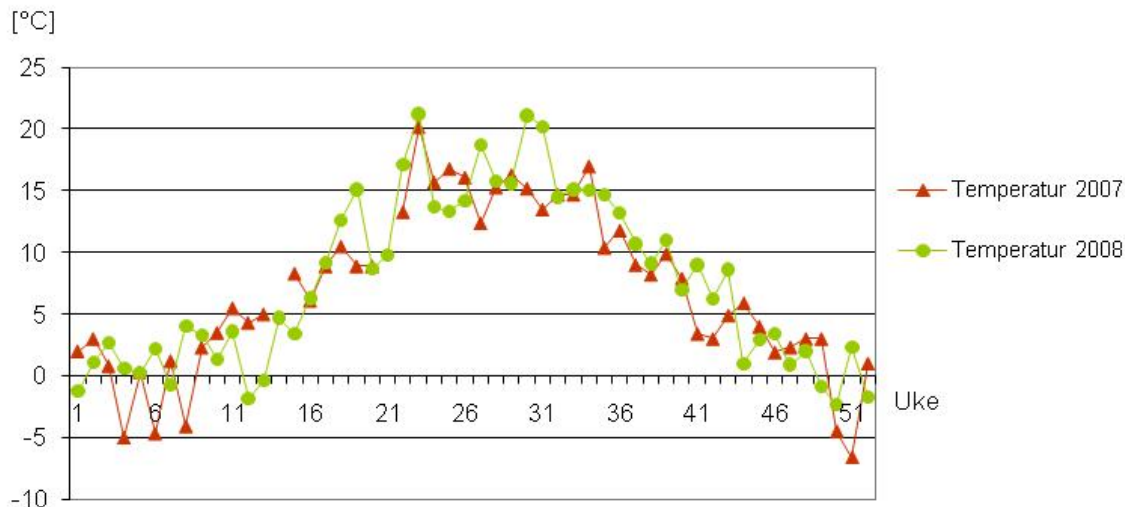
Sammenlagt over året 2008 gikk 51 % av energien til fastkraft og 49 % til fjernvarme. Det ses på Figur 1.19 at det har vært oppvarmingsbehov hele året.



**Figur 1.20: Faktisk forbruk for 2007, som ikke er temperaturkorrigert.**

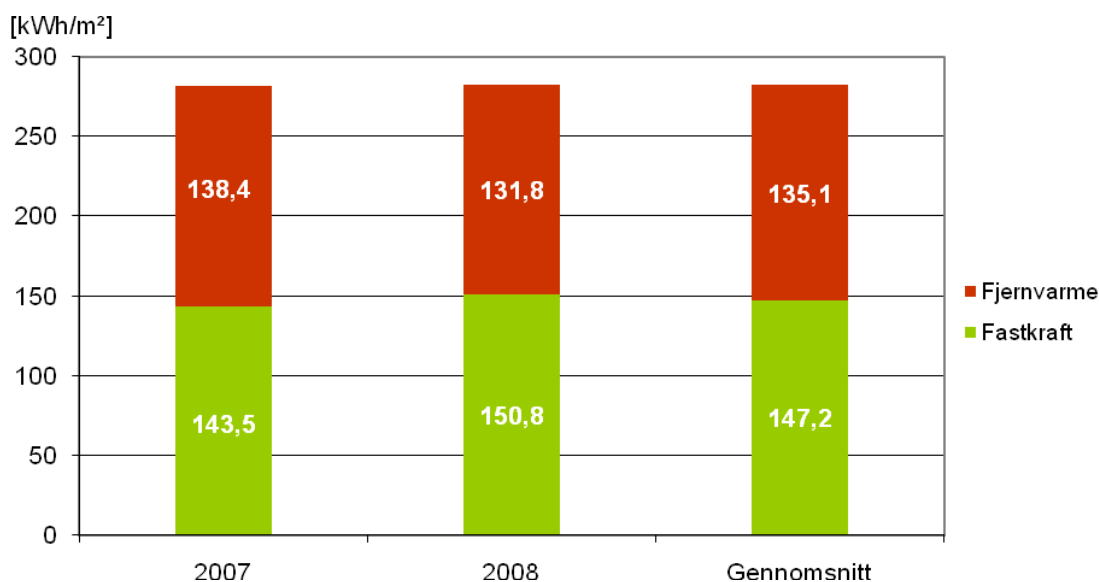
Sammenlagt over året 2007 gikk 53 % av energien til fastkraft og 47 % til fjernvarme, også her er det oppvarming hele året.

Det faktiske forbruk for 2007 og 2008 skal ses i sammenheng med temperaturen, da verdiene ikke er temperaturregulert. Temperaturene på Figur 1.21 er tatt fra byggets EOS-system.



**Figur 1.21: Temperaturforløp for 2007 og 2008.**

Det årlige forbruk er for 2007 og 2008 satt opp i Figur 1.22. Her ses det at forbruket har vært ca. 282 kWh/m<sup>2</sup>, hvilket er ca. 70 % høyere enn rammekravet for et kontorbygg i dag (165 kWh/m<sup>2</sup>). Det temperaturkorrigerte forbruk er for 2006-2008 gjennomsnittlig 299 kWh/m<sup>2</sup>. Dette er 28 % større enn landsgjennomsnittet for de kontorbygg som er med i ENOVA sin statistikk, som for 2007 er funnet til 233 kWh/m<sup>2</sup>, jf. Enovas Byggstatistikk 2007 [Enova, 2008].



**Figur 1.22: Faktisk energibruk for Malmskriverveien 4, ikke graddagskorrigert.**

Sees det på de siste to årene bygget har vært i full bruk har det temperaturkorrigerte forbruket vært 299 kWh/m<sup>2</sup> i gjennomsnitt. Forutsetningene bak energirammene i TEK07 er at ca. 50 % av energien brukes på fastkraft, ca. 36 % på oppvarming og ca. 15 % på kjøling. I dette tilfelle brukes det gjennomsnittlig ca. 52 % av energien på fastkraft som også omfatter kjøling og ca. 48 % på fjernvarme. Det vil si at energi til fjernvarme er høyere enn forutsetninger for energirammen.

	2007	2008	Gjennomsnitt
<b>Fjernvarme</b>	138,4	131,8	135,1

<b>Fastkraft</b>	143,5	150,8	147,2
<b>Faktisk forbruk i alt</b>	283	282	282
<b>Temperaturkorrigert forbruk</b>	297	300	299

**Tabell 1.10: Faktisk forbruk og temperaturkorrigert forbruk. Alle verdier i kWh/m<sup>2</sup>.**

## 1.8. Netto energibehov

Det er gjort en simulering av bygget i SIMIEN. Først er det beregnet energibruk i henhold til energirammemetoden i NS3031. Videre er det beregnet det forventede reelle forbruk med de reelle laster og driftstider og endelig er det gjort en sammenligning mellom disse beregninger.

Modellen som det regnes på er ikke inndelt i soner da det vurderes å ikke å være nødvendig, da det ikke har vært nevneverdig lokal romkjøling i bygget, samt at det er utvendig solavskjerming på solutsatte fasader.

### 1.8.1 Beregnet netto energibehov (driftsbetingelser iht. NS3031)

Det er utført en beregning av bygget basert på NS3031 med standardverdier for laster og driftstider. Beregnet netto energibehov ses på Tabell 1.11.

<b>Poster</b>	<b>Spesifikk energibudsjett [kWh/m<sup>2</sup>/år]</b>
Romoppvarming	53,5
Ventilasjonsvarme	78,3
Varmtvann	5,0
Vifter	26,1
Pumper	3,0
Belysning	25,1
Teknisk Utstyr	34,5
Romkjøling	3,0
Ventilasjonskjøling	9,9
<b>Totalt netto energibehov</b>	<b>238,3</b>

**Tabell 1.11: Beregnet netto energibehov basert på standardverdier i NS3031.**

Det beregnede nettoenergiebehov etter NS3031 viser derved en verdi som er 44 kWh/m<sup>2</sup> mindre enn gjennomsnittet for det faktiske forbruket fra 2007-2008 og 61 kWh/m<sup>2</sup> mindre enn det gjennomsnittlige temperaturkorrigerede forbruk. Vær dog oppmerksom på at her sammenlignes den faktiske leverte energi med det beregnede netto energibehov, hvilket er to forskjellige ting. Allikevel viser dette en stor forskjell mellom teori og virkelighet.

### 1.8.2 Beregnet netto energibehov (reelle driftsbetingelser)

Det er gjort en beregning av energiforbruket for Malmskriverveien 4 med reelle laster og driftstider. Her er det sett bort fra energi til bl.a. serverrom, telekommunikasjonsrom og UPS-rom. Resultatet for netto energibehov er vist på Tabell 1.12.

<b>Poster</b>	<b>Totalt energibehov [kWh/år]</b>	<b>Spesifikk energibudsjett [kWh/m<sup>2</sup>/år]</b>
Romoppvarming	190 032	47,1
Ventilasjonsvarme	319 652	79,3
Varmtvann	20 196	5,0

Vifter	112 482	27,9
Pumper	12 074	3,0
Belysning	153 800	38,2
Teknisk Utstyr	194 972	48,4
Romkjøling	53 509	13,3
Ventilasjonskjøling	41 575	10,3
<b>Totalt netto energibehov</b>	<b>1 098 293</b>	<b>272,5</b>

Tabell 1.12: Beregnet netto energibehov iht. NS3031 basert på reelle verdier.

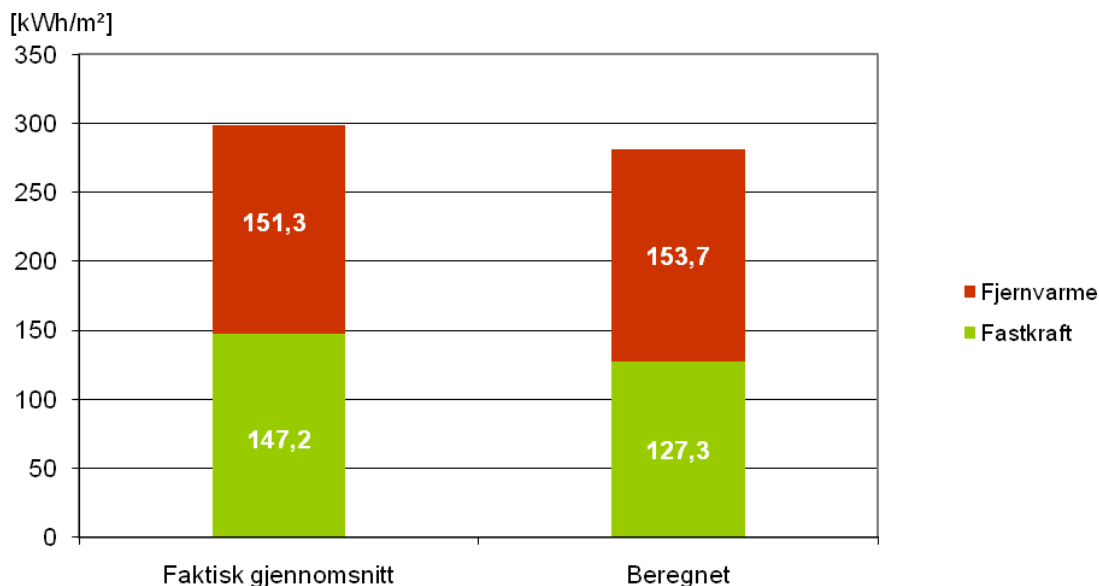
Tabell 1.13 viser beregnet teoretisk levert energi for Malmskriverveien 4 med reelle laster og driftstider. Det er brukt systemvirkningsgrader basert på NS3031.

Poster	Totalt levert energi [kWh/år]	Spesifikk levert energi [kWh/m <sup>2</sup> /år]
Romoppvarming	215 945	53,6
Ventilasjonsvarme	380 538	94,4
Varmtvann	22 950	5,7
El	473 328	117,4
Kjøling	39 618	9,8
<b>Totalt levert energi</b>	<b>1 132 380</b>	<b>280,9</b>

Tabell 1.13: Beregnet levert energi basert på reelle verdier, med systemvirkningsgrader fra NS3031.

I beregningene er det ikke medtatt energi som går til serverrom, UPS- og telekommunikasjonsrom.

Resultatet for beregnet total levert energi på 280,9 kWh/m<sup>2</sup> kan sammenlignes med det faktiske temperaturkorrigerte forbruk for bygget som i perioden 2007-2008 er beregnet til 299 kWh/m<sup>2</sup>.



Figur 1.23: Beregnet levert energi basert på reelt bruk samt faktisk gjennomsnittlig levert energi målt for bygget 2007-2008.



Forskjellen er på 18 kWh/m<sup>2</sup> hvilket muligvis kan forklares med tekniske rom så som serverrom og ut over dette er det sjeldent at kjøling og oppvarming reguleres så optimalt i virkeligheten som programmet forutsetter.

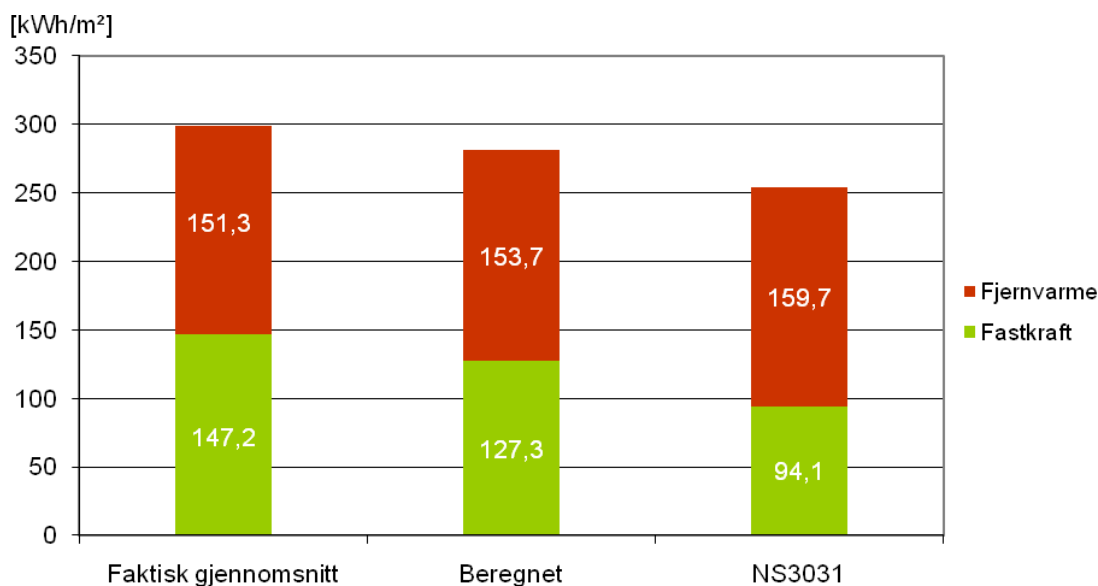
### 1.8.3 Avvik mellom normverdi i NS 3031:2007 og reelle driftsbetingelser

Det er en stor forskjell på om det regnes med virkelig laster og driftstider eller om det regnes med standardverdier for et bygg. I disse beregninger har det bl.a. vært nødvendig å endre driftstidene og lastene når det beregnes etter NS3031.

	Netto energibehov, normert drift iht. NS3031	Netto energibehov, reell drift	Kommentar
Driftstid ventilasjon [h]	12	13,5	Gjennomsnittsbetraktning på alle aggregater
Effektbehov for belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	8	12	
Effektbehov for utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11	15	Det er sett bort fra tekniske rom
Effekt for personer, utstyr og belysning utenfor driftstiden [%]	0	10	Vurderes at utstyr utgjør ca. 10 %
Driftstid utstyr [h]	12	10	Gjennomsnittsbetraktning
Arbeidstid for personer [h]	12	10	
Nattsenkning av varmeanlegg	Til 19 °C	Ingen	

Tabell 1.14: Forskjell i inndata for beregning av netto energibehov, med normerte driftsbetingelser iht. NS3031 og med virkelige laster og driftstider.

Omregnes nettoenergiebehov til levert energi for de to modellene kan de sammenlignes med temperaturkorrigert faktisk levert energi, se Figur 1.24. Forskjellen er som tidligere nevnt 18 kWh/m<sup>2</sup> mellom faktisk levert energi og beregnet levert energi med reelle laster og driftstider. Forskjellen mellom faktisk levert energi og levert energi beregnet etter NS3031 er på 45 kWh/m<sup>2</sup>. Det sees altså at energibruket undervurderes. Energi til oppvarming overvurderes og energien til fastkraft, og herunder kjøling, undervurderes vesentlig.



Figur 1.24: Faktisk temperaturkorrigert levert energi 2007-2008, beregnet levert energi og levert energi beregnet etter NS3031.

**SINTEF** er Skandinavias største forskningskonsern. Vår visjon er «Teknologi for et bedre samfunn». Vi skal bidra til økt verdiskapning, økt livskvalitet og en bærekraftig utvikling. SINTEF selger forskningsbasert kunnskap og tilhørende tjenester basert på dyp innsikt i teknologi, naturvitenskap, medisin og samfunnsvitenskap.

**SINTEF Byggforsk** er et internasjonalt ledende forskningsinstitutt og Norges viktigste formidler av forskningsbasert kunnskap til bygge- og anleggsnæringen. Vi skaper verdier for våre kunder og for samfunnet gjennom forskning og utvikling, spesialrådgivning, sertifisering og kunnskapsformidling. Våre publikasjoner omfatter Byggforskserien, Byggebransjens våtromsnorm, håndbøker, rapporter, faktabøker og beregnings- og planleggingsverktøy.

