

CATHERINE GRINI, HANS-MARTIN MATHISEN, IGOR SARTORI, MATTHIAS HAASE,
HELLE WØHLK JÆGER SØRENSEN, ARNKELL PETERSEN, IDA BRYN OG
TORE WIGENSTAD

LECO – Energibruk i fem kontorbygg i Norge

Befaring og rapportering

Prosjektrapport 48

2009



SINTEF Byggforsk

Catherine Grini, Hans-Martin Mathisen, Igor Sartori, Matthias Haase,
Helle Wøhlk Jæger Sørensen, Arnkell Petersen, Ida Bryn og Tore Wigenstad

LECO – Energibruk i fem kontorbygg i Norge

Befaring og rapportering

Prosjektrapport 48 – 2009

Prosjektrapport nr. 48

Catherine Grini, Hans-Martin Mathisen, Igor Sartori, Matthias Haase,
Helle Wøhlk Jæger Sørensen, Arnkell Petersen, Ida Bryn og
Tore Wiggenstad

LECO – Energibruk i fem kontorbygg i Norge

Befaring og rapportering

Emneord:

Energibruk, kontorbygg

Prosjektnr: 3B01051

Omslagsfotoer:

Aibel-bygget: Digital Globe

Bravida: Sintef Byggforsk

FN-huset: Sintef Byggforsk

Bassengbakken 1: finn.no

Østfasaden av Strandveien 18: Helle Wøhlk Jæger Sørensen

ISSN 1504-6958

ISBN 978-82-536-1116-7 (pdf)

© Copyright SINTEF Byggforsk 2009

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF Byggforsk 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

Forord

Denne studien inngår som en del av FoU-prosjektet ”LECO, Low Energy COmmercial buildings”.

Energiforbruk knyttet til yrkesbygg utgjorde ca. 36 TWh i 2007, hvilket tilsvarer ca 45 % av energiforbruk i bygninger. Potensialet for energieffektivisering av denne delen av bygningsmasse ved bruk av eksisterende teknologi antas å være 6,5 TWh innen 2020. (Lavenergiutvalget, juni 2009)

LECO har til hensikt å samle eksisterende og å utvikle ny kunnskap om energieffektive løsninger for å redusere energibruk i næringsbygg. Målsetningen er å lage guidelines for kontorbygg med hhv. 50 %, 25 % og 10 % av energibruket (Faktor 2-4-10) til et typisk kontorbygg av i dag. (levert energi referansebygg =300 kWh/m²·år.)

Gjennom arbeidet med denne rapporten har vi forsøkt å finne de viktigste parametrene som påvirker energibruken i næringsbygg. Hensikten er deretter å jobbe videre med de mest aktuelle for øket energieffektivisering.

Studiet består i analysen av fem eksisterende kontorbygg, der tre av byggene skal ha en lav energibruk mens de to siste har hhv. normal og høyt energibruk. Energibruken, samt all annen relevant informasjon om bygningskroppen, tekniske installasjoner og bruk av bygget, ble samlet inn gjennom kommunikasjon med leietaker, driftspersonell, nettleverandør, rådgiver og arkitekt. Dessuten ble alle byggene undersøkt ved en fysisk befaring på bygget.

Studiet er utført av Catherine Grini, Igor Sartori og Matthias Haase fra SINTEF Byggforsk, Hans-Martin Mathisen og Jørn Stene fra SINTEF Energiforskning AS, Helle Wøhlk Jæger Sørensen, Arnkell Petersen og Ida Bryn fra Erichsen & Horgen AS. I tillegg har Tore Wigenstad fra SINTEF Byggforsk bidratt med kvalitetssikring av prosjektrapporten. Studiet ble avsluttet høsten 2009.

LECO er et kompetanseprosjekt med brukermedvirkning (KMB). Prosjektet ledes av SINTEF Byggforsk og gjennomføres i samarbeid med SINTEF Energiforskning 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 2010.

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

Sammendrag

Netto energibehov i bygninger fordeles mellom seks poster iht. NS 3031:2007 *Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data*. Disse postene er:

- Oppvarming
- Varmtvann
- Vifter og pumper
- Belysning
- Teknisk utstyr
- Kjøling

Analysen av energibruk i fem nyere kontorbygg i Norge viser følgende tendenser.

Tre av de seks energipostene er ”under kontroll”: oppvarming, varmtvann og belysning. Energi til oppvarming blir mindre som en følge av bedre bygningskropp (bedre isolering). Forbruk av varmtvann er begrenset i kontorbygg. Energibruk til oppvarming av varmtvann er følgelig en liten post i energibudsjett for kontorbygninger. Reduksjon av energibruk til belysning skyldes bedre styring. Det blir mer og mer vanlig å montere automatisk styring for belysning. Dessuten er installert effekt på vei ned.

Energibruk til ventilasjonsvifter og pumper ligger noe høyt. Energi til pumper kan være betydelig i bygninger med varmepumper.

Energibruk som går til teknisk utstyr overskrider standardisert verdi betydelig. Energibruk som går til kjøling er avhengig av interne laster som skyldes teknisk utstyr og temperaturnivået som en styrer etter. I enkelte bygg ser vi at registrert energibruk som går til kjøling overskrider standardverdiene som er benyttet ved fastsettelse av energikrav iht. teknisk forskrift.

Kriterier som er listet nedenfor er avgjørende for å få et reelt energieffektivt kontorbygg, og bør ivaretas i en hvert byggeprosjekt der energieffektivitet står i fokus:

- Bygget må ha en robust bygningskropp, dvs. lite transmisjonstap og lav luftlekkasje.
- Ventilasjonsluftmengder må dimensjoneres ut i fra det reelle behovet knyttet til brukerbelastning og emisjon fra materialer. Ventilasjonsluftmengder bør behovsstyres som funksjon av tilstedeværelse.
- Ventilasjonsaggregatet som betjener rene kontorarealer bør utstyres med roterende varmegjenvinner, med høy nominell virkningsgrad. Videre må den reelle virkningsgraden måles og registreres.
- Elektrisk spesifikk forbruk til teknisk utstyr bør overvåkes. Samtidig må det installeres egne målere for levert energi til teknisk utstyr, blant annet til serverrom, for å tillatte energioppfølging av denne energiposten separat.
- Bygget må ha et energioppfølgingssystem. Det er ønskelig med flere målere enn det som praktiseres i dag. De største energipostene må kunne analyseres og forbedres.
- Bygget må ha et energioppfølgingssystem som overvåker energibruken og gir riktig tilbakemelding på avvik eller svikt i de tekniske installasjoner.
- Det må gis insentiver til brukere for at intensjonen om et energieffektivt bygg ikke motarbeides. Kostnadmessig vil energiregninger utenom husleie basert på den reelle levert energien være et tydelig signal. Jevnlige og synlige informasjon om den reelle energibruken, evt. omregnet til CO₂-ekvivalenter, vil fremme miljøbevissthet blant brukere.

Innhold

Forord	3
Sammendrag	4
Innhold	5
1. Analyse av fem kontorbygg	6
1.1. Casebyggene	6
1.2. Sammenligning av casebyggene	7
1.3. Erfaring fra analyse av casebyggene.....	15
1.4. Erfaring fra rapportering	18
2. Sammendrag for hver bygg	22
2.1. Aibel-bygget – Sandnes	23
2.2. Bravida-bygget – Fredrikstad	24
2.3. FN-bygget – Arendal	25
2.4. Bassengbakken 1 – Trondheim	26
2.5. Strandveien 18 – Bærum.....	27
Vedlegg - Detaljert presentasjon av casebyggene	28
Aibel-bygget i Sandnes	29
Bravida-bygget i Fredrikstad	52
FN-huset i Arendal	79
Bassengbakken 1 i Trondheim	118
Strandveien 18 i Bærum	141

1. Analyse av fem kontorbygg

1.1. Casebyggene

1.1.1 Valg av bygg

Fem eksisterende kontorbygg inngår i denne studien. Prosjektgruppen ønsket i utgangspunkt å undersøke fem rene kontorbygg (ikke blandet funksjon) med registrert lavt energibruk. Hensikten var å kartlage de ”smarte grepene” som kjennetegnet disse lavenergibyggene.

Tilgang til all relevant informasjon om bygningskropp, installasjoner og drift var også en forutsetning.

Energimål ble satt til ca 100 kWh/m²·år, hvilket viste seg å være et for strengt utvalgsriterium.

Vi søkte energieffektive bygninger. Imidlertid er all detaljert kartlegging av parametrene som påvirker energibruken relevant. Bygninger med lav energibruk viser veien å gå, mens bygninger med høy energibruk viser feilgrepene som må unngås.

Prosjektgruppen endte opp med følgende 5 casebygg, hvor utvalgsriterium ble basert på oppgitt¹ energibruk:

- | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| • Aibel-bygget i Sandnes | 108 kWh/m ² ·år | (Forbildeprosjekt) |
| • Bravida-bygget i Fredrikstad | 100 kWh/m ² ·år | (Forbildeprosjekt) |
| • FN-bygget i Arendal | 100 kWh/m ² ·år | (Forbildeprosjekt) |
| • Bassengbakken 1 i Trondheim | 165 kWh/m ² ·år | |
| • Strandveien 18 i Bærum | 280-300 kWh/m ² ·år | |

Samlingen av casebyggene besto av tre bygg med lav energibruk, ett bygg med normal energibruk (ca. lik forskriftsnivået fra TEK2007) og ett bygg med høy energibruk (nivå lik referansebygg i LECO).

1.1.2 Metodiske beslutninger

Kartlegging består i å etablere kontakt med eieren og driftsansvarlig for bygget, samle ARK-, VVS-, RIE-, RIB- tegninger og tekniske beskrivelser, skaffe tall på kjøpt energi, gjennomføre en befaring på bygget og endelig kontrollberegne energibruken.

På grunn av oppgavens omfang ble det enighet om at kartlegging av de fem bygningene måtte utføres av fem personer. For å sikre helheten av kartleggingen og rapporteringen bestemte prosjektgruppen i plenum retningslinjer for arbeidet. Prosjektgruppen satte opp en liste med all informasjon som måtte samles for hver bygg og lagde en mal for rapportering. Rapportering av innsamlet informasjon ble gjort lik for alle byggene.

Energibruk ble kontrollberegnet for hver bygg med samme beregningsprogram. Det ble bestemt å benytte beregningsprogrammet SIMIEN.²

¹ NS 3031, opererer med definisjoner av ulike energibegreper. ”Energibruk” er i standarden gitt begrepet *levert energi*, hvor denne også er definert. Forbildeprosjekt henspiller på at bygget er en del av ENOVA sin eksempelsamling over forbildeprosjekt.

² SIMIEN bygger på den dynamiske beregningsmetoden beskrevet i NS3031:2007. Programmet er validert og dokumentert etter reglene i NS-EN 15265 og oppfyller minstekravet til nøyaktighet påkrevd i NS3031:2007.

1.2. Sammenligning av casebyggene

I dette kapittelet er parametrene av betydning for energibruk samlet i tabeller og diagrammer rundt tre temaer: bygningskropp, tekniske løsninger og energibruk. Opplysninger uthevet med fet skrift oppfattes som nøkkelfaktorer til lav energibruk, men de som er understreket oppfattes som forklaringer til høy energibruk.

Se detaljert presentasjon av casebyggene i vedlegget for ytterligere informasjon.

1.2.1 Bygningskropp

Tabell 1. Byggeår og varmetap

Parameter	Enhet	Bygg				
Navn ¹⁾		Aibel	Bravida	FN-bygget	Bassengbakken	Strandveien
Byggeår		2006	2002	1965	2001	1996
Renovering / Rehabilitering		-	-	2004	2004	-
U-verdi gulv	[W/(m ² ·K)]	0,14	0,15	0,22	0,24	0,15
U-verdi vegg	[W/(m ² ·K)]	0,22	0,20	0,20	0,25	0,30
U-verdi yttertak	[W/(m ² ·K)]	0,16	0,20	0,13	0,13	0,20
Vindu						
U-verdi	[W/(m ² ·K)]	1,25	1,60	1,20	1,40	1,85
g-verdi glass	[%]	33	48	33	51	40
lystransmisjon	[%]	48	71	66	64	53
Vindusboks						
U-verdi	[W/(m ² ·K)]	-	-	1,00	-	-
g-verdi glass	[%]	-	-	27	-	-
Lystransmisjon	[%]	-	-	66 / 88 ²⁾	-	-
Glassfelter						
U-verdi	[W/(m ² ·K)]	-	1,40	-	1,40	1,69
g-verdi glass	[%]	-	32 (øst) 60 (vest)	-	51	40
Lystransmisjon	[%]	-	60 (øst) 80 (vest)	-	64	53
Glasstak						
U-verdi	[W/(m ² ·K)]	1,60	1,40	-	-	1,92
g-verdi glass	[%]	56	60	-	-	40
Solavskjerming		Innvendige persienner for alle fasader. Ingen solskjerming for glasstak.	Utvendige persienner for vinduer mot øst, manuell styring. Gardiner for vinduer mot vest. Ingen solskjerming i glassgård	Mellomliggende persienner i vindusboks mot syd, manuell styring	Utvendig solskjerming mot syd, øst og vest, manuell styring	Utvendig solskjerming mot syd og vest, manuell styring
Normalisert kuldebroverdi	[W/(m ² ·K)]	0,06 ³⁾	0,12 ⁴⁾	0,12 ⁴⁾	0,12 ⁴⁾	0,12 ⁴⁾
Måling av lufttetthet		nei	ukjent	nei	ukjent	ukjent
Lekkasjetall ved 50Pa, n ₅₀	[h ⁻¹]	1,00 ³⁾	1,5 (TEK 1997)	2,0 (antatt)	1,5 (TEK 1997)	3,0
Varmetapstall uten ventilasjon	[W/(m ² ·K)]	0,41	<u>0,71</u>	0,66	0,79	<u>0,78</u>
Varmetapstall ⁵⁾	[W/(m ² ·K)]	0,84	1,25	1,16	1,26	1,09

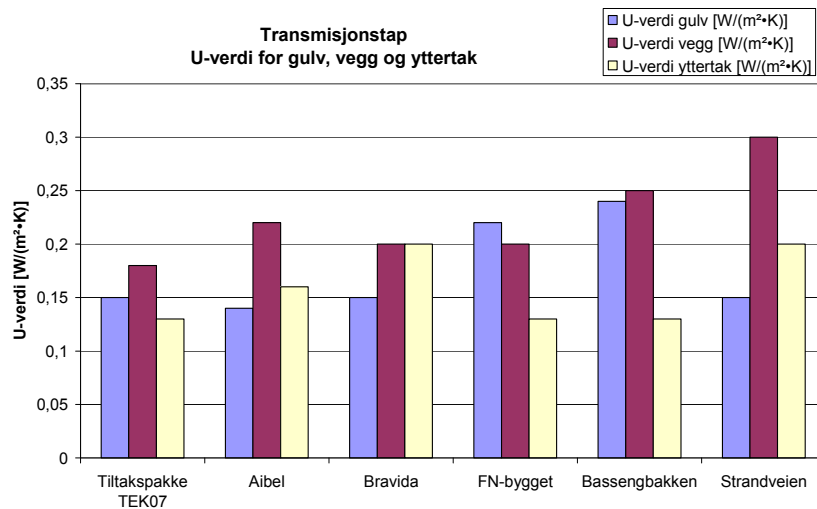
1) Navnene som vises i tabellen er arbeidsnavnene brukt i analysen. Se pkt. 2 Sammendrag for hver bygg for bedre beskrivelse og fullstendig adresse.

2) Lystransmisjon for det indre glasset er 66%, lystransmisjon for det ytre glasset er 88%

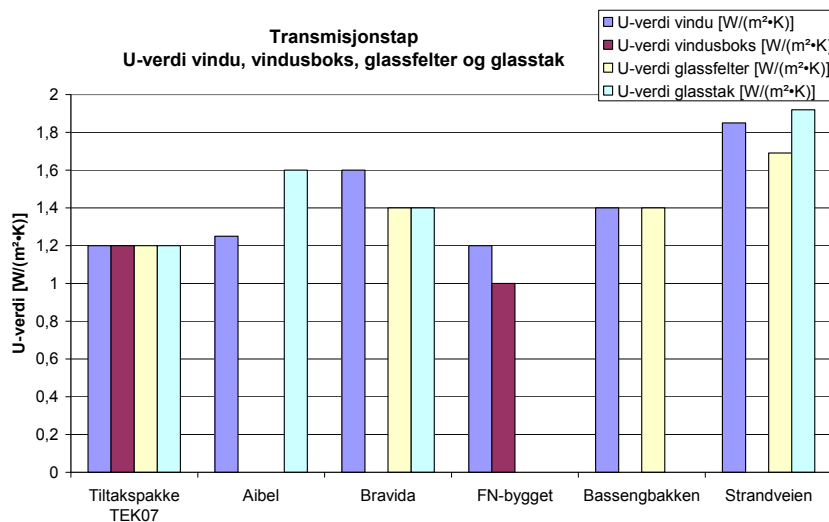
3) Verdiene er oppgitt av rådgivende ingeniør firmaet som prosjekterte bygget.

4) Normalisert kuldebroverdi iht. tabell A.4 i NS3031:2007.

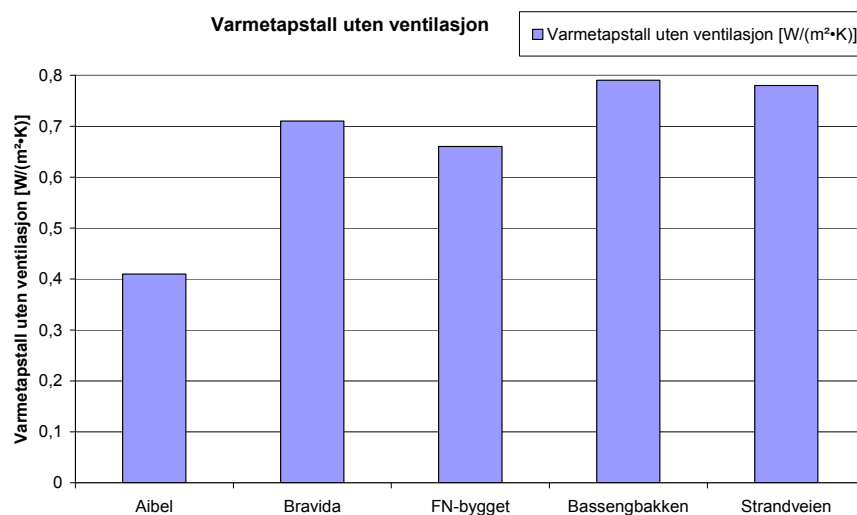
5) Varmetapstallet som vises er varmetapstall ved reelle driftsbetingelser (reelle luftmengder og reell driftstid for ventilasjonsaggregatene). Se også pkt. 1.4.3.



Figur 1. Transmisjonstap – U-verdi for gulv, vegg og yttertak for de fem casebyggene, samt U-verdi fra tiltakspakke i TEK07



Figur 2. Transmisjonstap – U-verdi for vindu, vindusboks, glassfelter og glasstak for de fem casebyggene, samt U-verdi fra tiltakspakke i TEK07



Figur 3. Varmetapstall uten ventilasjon for de fem casebyggene

Tabell 2. Bygningsform

Parameter	Enhet	Bygg				
		Aibel	Bravida	FN-bygget	Bassengbakken	Strandveien
Navn						
Bygningsform		Nesten kvadratisk	Rektangulær	Rektangulær	Rektangulær	Ser ut som en E med flere fløyer
Orientering hovedfasadene		Øst - vest	Øst - vest	Syd - nord	Syd - nord	Nord Vest Syd
Beliggenhet		Fritt uten tilliggende nabobygg	Fritt uten tilliggende nabobygg	Tilliggende nabobygg mot vest	Fritt uten tilliggende nabobygg	Fritt uten tilliggende nabobygg
Antall etasjer over bakkeplan		6	3	5	6	5
Antall underetasjer		1	0	1	1	2
Oppvarmet bruksareal (BRA)	[m ²]	23.300	5.677 ¹⁾	2.391	7.010 ²⁾	15.600 ³⁾
Oppvarmet romvolum	[m ³]	80.680	17.785 ⁴⁾	6.743	25.007	42.323
Fasadeareal, inkludert glass- og vindusareal	[m ²]	5.262	3.045	1.202	3.226	6.608
Samlet glass-, vindus- og dørareal ⁵⁾	[m ²]	2.816	1.081	598	1.806	2.937
Antall faste arbeidsplasser		1.000	92	30 ⁶⁾	250	500
Fasadeareal / Oppvarmet romvolum	[m ² /m ³]	0,065	0,171	0,178	0,144	0,156
Surface-to-volume ratio	[m ² /m ³]	0,16	0,41	0,37	0,28	0,26
Samlet glass-, vindus- og dørandel	[%]	12,08	19,0	25,0	25,8	18,8
Arealeffektivitet	[m ² /arb.pl.]	23,3	61,7	28,5 ⁶⁾	28,04	31,2

1) Arealet som er oppgitt er netto gulvareal (NTA). Bruksareal (BRA) var ikke tilgjengelig.

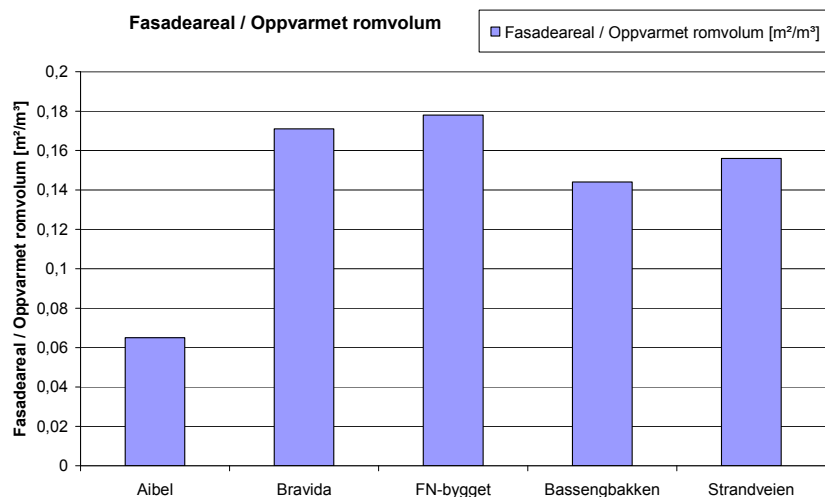
2) Arealet som er oppgitt inneholder ikke teknisk rom i 6.etasje

3) Arealet som er oppgitt er oppvarmet areal registrert i energioppfølgingssystemet. Det er ukjent om det oppgitte arealet refererer til brutto areal (BTA), BRA eller NTA.

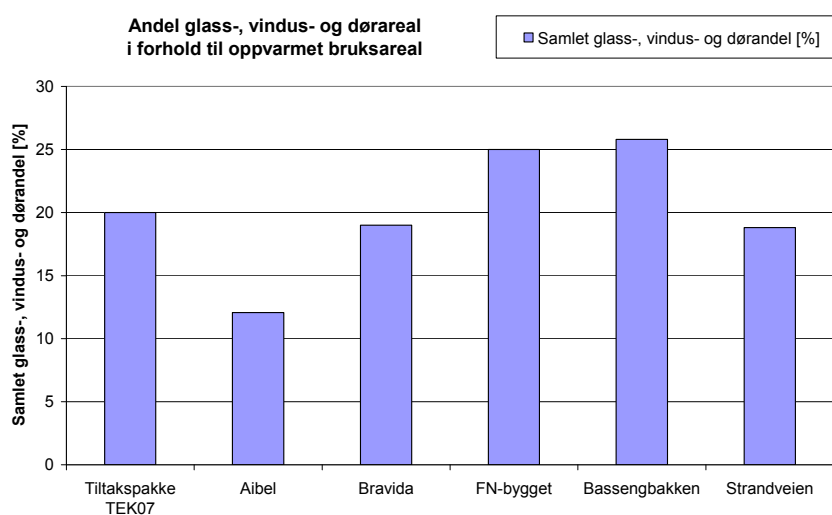
4) Volumet som er oppgitt er netto volum over NTA. BRA var ikke tilgjengelig.

5) Evt. glasstak inngår i dette tallet.

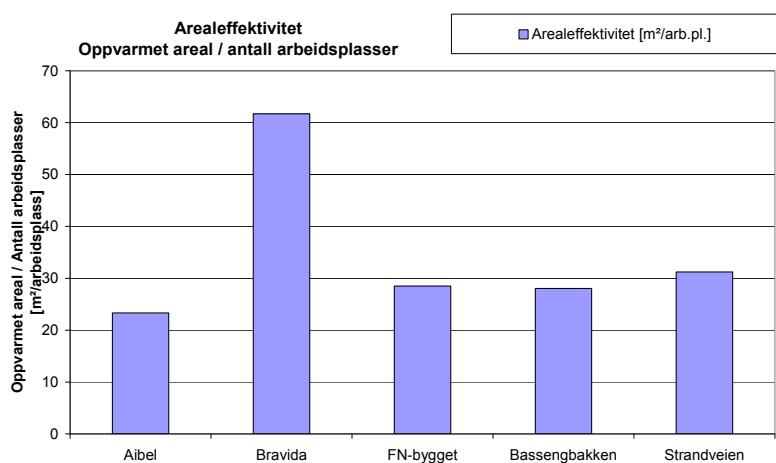
6) Tallet refererer til plan 4 og 5 som brukes som kontor.



Figur 4. Bygningsform – Fasadeareal delt på oppvarmet romvolum for de fem casebyggene



Figur 5. Bygningsform – Andel glass-, vindus- og dørareal i forhold til oppvarmet BRA for de fem casebyggene, samt referanseverdi fra tiltakspakke i TEK07.



Figur 6. Arealeffektivitet – Oppvarmet areal delt på antall arbeidsplasser for de fem casebyggene.

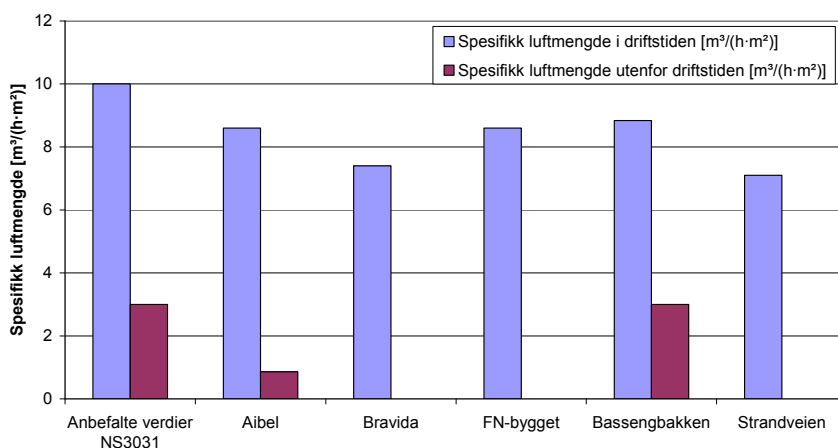
1.2.2 Tekniske installasjoner

Tabell 3. Energiforsyning, oppvarming, ventilasjon og kjøling

Parameter	Enhet	Bygg				
Navn		Aibel	Bravida	FN-bygget	Bassengbakken	Strandveien
Energiforsyning		Fjernvarme Fjernkjøling Elektrisitet	Varmepumpe Oljekjel Solfanger (ikke i bruk) Elektrisitet	Varmepumpe El.kjel Solfanger Elektrisitet	Fjernvarme Fjernkjøling Elektrisitet	Fjernvarme Fjernkjøling Elektrisitet
Vannbåren varme		Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Oppvarming						
Ønsket romtemperatur	[°C]	I området 20-23°C	I gjennomsnitt 23°C	I området 21-23°C	21°C	I området 22-24°C
Ventilasjon						
Spesifikk luftmengde i driftstiden	[m ³ /(h·m ²)]	8,6	7,4	Skole 7.2 Helsest. 8.6 Kontor 8.6	8,84	7,1
Spesifikk luftmengde utenfor driftstiden	[m ³ /(h·m ²)]	Redusert kapasitet 0,86	0	0	2,3	0
Driftstid	[timer/uke]	85	75	Skole 42.5 Helsest. 49 Kontor 49	61	45
Styring		Behovsstyring Bevegelses- detektor i cellekontorer CO ₂ -føler i landskap	Behovsstyring Bevegelses- detektor i cellekontorer	Behovsstyring Bevegelses- detektor i cellekontorer	Manuelt etter tilluft temperatur	Konstant luftmengde
Kanalføring for avtrekksluft		Ingen kanalføring	Tradisjonell kanalføring	Sentral avtrekk	Sentral avtrekk ¹⁾	Tradisjonell kanalføring
Type varmegjenvinner		Econet	Roterende	Roterende	Roterende	Batteri
Temperatur- virkningsgrad på varmegjenvinner, gjennomsnitt	[%]	64 (nominell verdi)	61 (registrert ved SD-anlegg)	65 (antatt)	51	50 (nominell verdi)
Antatt SFP	[kW/(m ³ /s)]	2,0	2,0	2,9	2,98	3,0
Kjøling						
Lokal romkjøling		Nei	Ja	Skole Nei Helsest. Ja Kontor Ja	Kun i radiostasjonen	<u>Ja</u>
Kan oppvarming og kjøling benyttes samtidig?		Nei	Nei	Nei	Nei	<u>Ja</u>

¹⁾ Det er i hovedsak sentral avtrekk i bygget, ellers korte kanalføringer for avtrekksluft.

Spesifikk luftmengde i og utenfor driftstiden [$\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$]



Figur 7. Spesifikk luftmengde i og utenfor driftstiden for de fem casebyggene, samt anbefalte luftmengder fra NS3031:2007.

Tabell 4. Elektrisk belysning, utstyr og tilstedeværelse

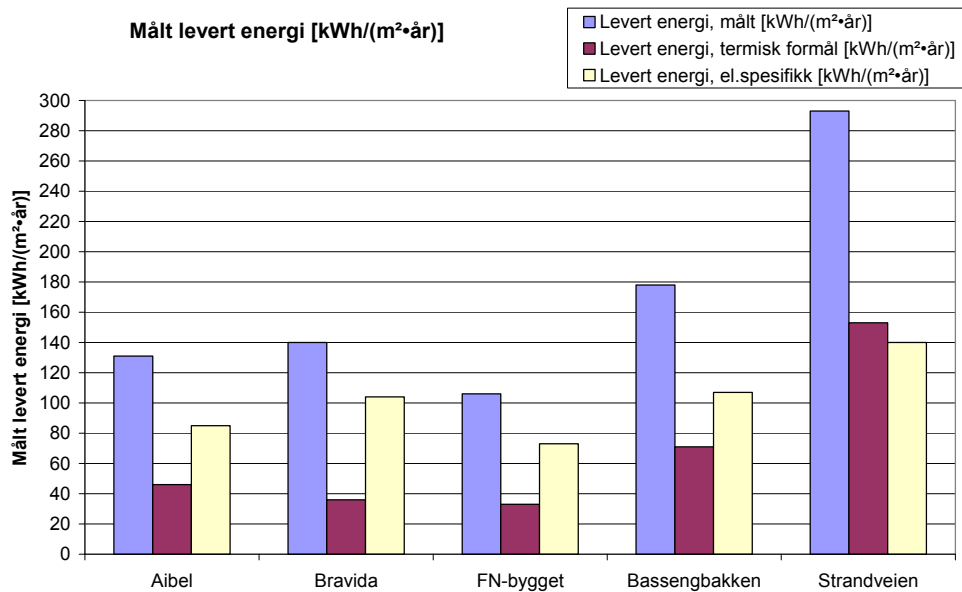
Parameter	Enhet	Bygg				
Navn		Aibel	Bravida	FN-bygget	Bassengbakken	Strandveien
Belysning						
Installert effekt	[W/m ²]	10	7,1	Skole 13 Helsest. 8 Kontor 7	Kontor: 11 Butikk: 15	10
Styring		Bevegelses-detektor i cellekontorer	Bevegelses-detektor i cellekontorer Manuell styring i korridor og gangarealer	Behovs-styring Bevegelses-detektor i cellekontorer	ingen lysstyring	Tidsstyring (10 timer driftstid) + Behovstyring med bevegelses-detektor utenom driftstid
Utstyr						
Installert effekt Kontor	[W/m ²]	6	2	Skole 4 Helsest. 4,5 Kontor 10,5	Kontor: 15 Butikk: 1	5,9
Installert effekt Serverrom	[kW]	50	20 (antatt)	4	Radiostasjon: 50	107 (registrert)
Tilstedeværelse						
Brukstid	[timer/uke]	85	40	Skole 50 Helsest. 50 Kontor 60	Kontor: 40 Butikk: 66	40 timer

1.2.3 Energibruk

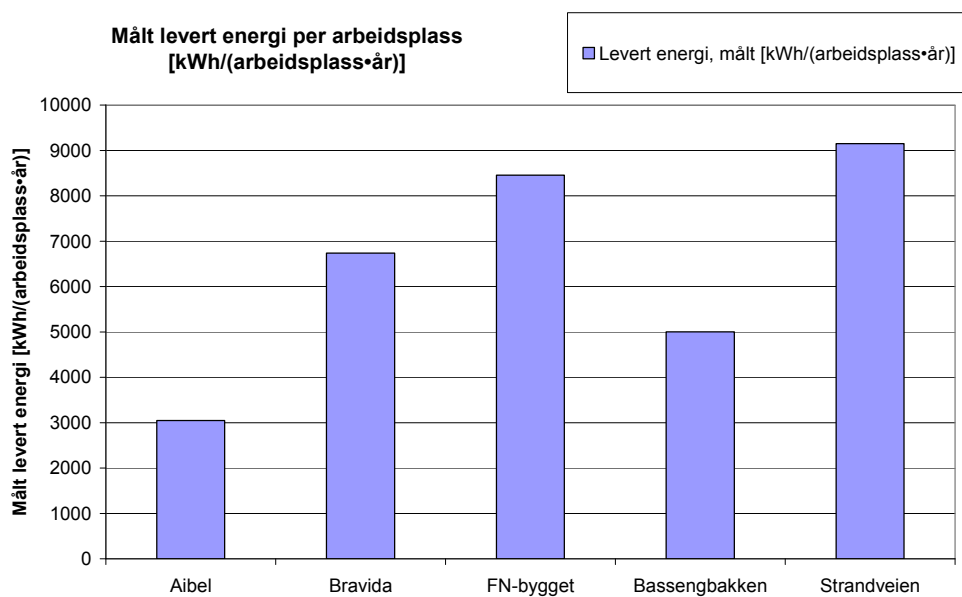
Tabell 5. Levert energi og netto energibehov

Parameter	Enhet	Bygg				
		Aibel	Bravida	FN-bygget	Bassengbakken	Strandveien
Navn						
Sted		Sandnes	Fredrikstad	Arendal	Trondheim	Bærum
Klimasone iht. byggeforskrift av 1969 ¹⁾		Sone IV	Sone III	Sone III	Sone II	Sone III
Energioppfølging		Ja	Nei	Ja	Ja	Ja
Display over strømforbruk for brukeren		Nei	Nei	Ja	Nei	Nei
Lvert energi, planlagt / presentert	[kWh/(m ² ·år)]	108 ²⁾	100	100	ca. 165	ca. 300
Lvert energi, målt	[kWh/(m ² ·år)]	131 ³⁾	140 (2004-2008)	106	178 (2008) 197 (2006-2007)	293 (2006-2008)
Lvert energi, termisk formål	[kWh/(m ² ·år)]	46	36	33	71 (2008)	153
Lvert energi, el.spesifikk	[kWh/(m ² ·år)]	85	104	73	107 (2008)	140
Lvert energi, graddagskorrigert	[kWh/(m ² ·år)]	134	144	110	188	306 (2006-2008)
Lvert energi, simulert	[kWh/(m ² ·år)]	132	144	107	203	280
Netto energibehov Reelle driftbetingelser	[kWh/(m ² ·år)]	126	194	Skole 112 Helsest.178 Kontor 144	189	262
Netto energibehov ved normert drift Oslo klima ⁴⁾	[kWh/(m ² ·år)]	171	227	Skole 139 Helsest.188 Kontor 194	166	214
Netto energibehov ved normert drift ≤ 165kWh/(m ² ·år)? ⁵⁾		Nei	Nei	Sk.(135) Nei Helsest. Nei Kontor Nei	Nei	Nei

- 1) I byggeforskrift av 1969 har sone I det kaldeste klima og sone IV det mildeste.
- 2) Aibel-bygget var planlagt med en vanlig driftstid på 60 timer i uken. Driftstiden er i realiteten betydelig høyere med 85 timer i uken. Dette forklarer avvik mellom planlagt levert energi og målt levert energi.
- 3) Målt levert energi med reell driftstid.
- 4) Netto energibehov ved normerte driftsbetingelser og Oslo klima iht. NS3031:2007 ved kontrollberegning mot TEK07.
- 5) Netto energibehov ved normerte driftsbetingelser og Oslo klima iht. NS3031:2007 ved kontrollberegning mot TEK07 sammenlignes med kravnivået for kontorbygg fastsatt i TEK07. Ved dette spørsmålet kontrolleres at bygget tilfredsstiller myndighetenes krav til energibruk, dersom det hadde vært bygget etter at TEK07 trådte i kraft (uten å ta hensyn til paragraf 8.2 c) minste krav).



Figur 8. *Målt levert energi. Total levert energi, levert energi til termisk formål og levert energi til elektrisk spesifikk formål for de fem casebyggene.*



Figur 9. *Målt levert energi per arbeidsplass. Total levert energi delt på antall faste arbeidsplasser i bygget for de fem casebyggene.*

1.3. Erfaring fra analyse av casebyggene

1.3.1 Veien til et energieffektivt kontorbygg

Aibel-bygget i Sandnes oppnår en lav energibruk. Bygget er det nyeste av alle analyserte bygninger og skiller seg fra de andre med noen tydelige, karakteristiske trekk.

Bygningskroppen er ”optimal” for å minske varmetap:

- Forholdet Fasadeareal / Oppvarmet romvolum er halvparten av det som gjelder for de øvrige bygningene.
- Bygningskallet er robust. Varmetapstall for bygningskroppen (uten ventilasjon) er lik $0,41 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
- Glassandel i forhold til oppvarmet bruksareal er lavt: 12,08%.

Ventilasjonsanlegget er energieffektivt:

- Ventilasjonsluftmengden er behovsstyrt.
- Ventilasjonsaggregatene er dimensjonert for en nominell luftmengde lik $8,6 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$, noe som er lavere enn anbefalte verdier fra NS3031:2007 ($10 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$), men ikke i strid med verdiene fastsatt Arbeidstilsynets veiledning 444 om klima og luftkvalitet på arbeidsplassen (7 l/s pr. person + 2,0 l/s pr. m^2 gulv for avgassing fra materialer).
- Det er ingen avtrekkskanaler for å føre avtrekksluft tilbake til ventilasjonsaggregatene
- Temperaturvirkningsgrad på gjenvinner er høy i forhold til de andre analyserte bygg: 64%
- SFP-faktor er lav: $2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$

Belysning er behovsstyrt.

Det er installert klimatak i kontorarealer, noe som gjør at det ikke er behov for lokal romkjøling.

Det er etablert et system for energioppfølging.

Aibel-bygget har en svært kompakt bygningskropp og benytter i hovedsak eksisterende og godt utprøvde løsninger. Det er ingen høy avansert teknologi i bygget.

Energimålinger til *FN-bygget i Arendal* viser at nivået for levert energi ligger i nærheten av det som var planlagt. Bygningskroppen er godt isolert, særlig vindusboksene. Varmetapstall uten ventilasjon er lik $0,66 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ og er nest minst etter *Aibel-bygget*. *FN-bygget* har en varmepumpe. Den leverte energien til termisk formål er den laveste av alle fem casebyggene.

På lik linje med *Aibel-bygget* er ventilasjonsanlegget energieffektivt. Energibruk knyttet til ventilasjon utgjør ca. 20 % av den totale energibruken. Ventilasjonsluftmengden er behovsstyrt med bevegelsesdetektor. Ventilasjonsaggregatene er dimensjonert for en nominell luftmengde lik $8,6 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ i kontorarealene. Driftstiden er forholdsvis kort (49 timer i uken) og ventilasjonsaggregatene er slått av utenom driftstiden. Kanalnettet er bygget med sentral avtrekk.

Bygget har åtte energimålere samt et system for energioppfølging. Det er installert en skjerm ved inngangen av kontorarealer som viser gårsdagens energibruk og øker bevisstheten hos brukeren.

Elektrisk spesifikk energibruk er moderat.

1.3.2 Høyere energibruk enn planlagt. Hvorfor?

Bravida-bygget i Fredrikstad viser en høyere energibruk enn det som var planlagt. Blant årsakene finnes følgende momenter:

Bygget driftes ikke optimalt:

- Solfangeranlegget brukes ikke
- Det er ikke etablert et system for energioppfølging
- Vaktmesteren gikk av med pensjon og ble ikke erstattet
- Sirkulasjonspumper til kjøling og oppvarming går døgkontinuerlig, året rundt

El. spesifikk forbruk er høyt, noe som muligens skyldes pumpedrift.

Bygningsformen er ganske enkel, men inneholder en del utstikk. Forholdstallet mellom fasadeareal og oppvarmet romvolum er mye høyere enn tallet som gjelder for *Aibel-bygget*. Selv med et isolasjonsnivå iht. byggeforskriftene gjeldende da bygget ble prosjektert er varmetapstallet for bygningskroppen (uten ventilasjon) høy: $0,71 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Netto energibehov ved reelle driftsbetingelser er ca. $40 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{år}$ høyere enn levert energi. Den leverte energien til termisk formål er liten takket være varmpumpen.

1.3.3 Årsak til høy energibruk

Bygget i Strandveien 18 viser den høyeste energibruken blant kontorbyggene som ble analysert. Følgende momenter bør påpekes:

Energi bruk knyttet til serverrom/UPS (el.spesifikk + kjøling) er beregnet til å utgjøre ca. $80 \text{ kWh}/\text{m}^2$. Dette tilsvarer ca. 29 % av den totale energibruken.

Ventilasjonsanlegget er ikke energieffektivt:

- Ventilasjonsaggregatene er utstyrt med batterigjenvinner
- Ventilasjonssystemet er dårlig innregulert

Belysning er ikke styrt optimalt. Det er installert behovsstyring koblet mot bevegelsesdetektor men denne brukes kun etter endt arbeidstid. På dagtid er belysning slått på fra kl.07.00 til kl.17.00

Romtemperatur reguleres ved hjelp av romregulatorer. Opprinnelig var det montert en regulator per cellekontor der varme- og kjølepådrag var styrt i sekvens. Senere er noen cellekontorer blitt slått sammen til kontorlandskap uten at regulatorene ble fjernet. Termostaten i regulatorene er ikke blitt kalibrert og det er montert utstyr fra forskjellige fabrikater. Det er sannsynlig at noen regulatorer jobber mot hverandre i store rom der det er flere av dem.

Det er montert utvendige persienner på solutsatte fasader. Disse er manuelt styrt og følgelig lite i bruk, noe som øker energibruk til kjøling ytterligere.

1.3.4 Driftslederens rolle

Bygget i Bassengbakken 1 i Trondheim er annerledes enn de andre analyserte byggene. Driftsansvarlig i Bassengbakken 1 styrer mange parametere med betydning for energibruken manuelt. Eksempelvis blir romoppvarming om vinteren slått av tidlig på ettermiddagen hvis himmelen er fri for skyer og solen skinner. Levert energi til bygget er følgelig vanskelig å etterprøve / simulere.

Byggene i Bassengbakken 1 og i Strandveien 18 har noen felles trekk: nesten lik varmetapstall for bygningskroppen (uten ventilasjon), ganske lik kompaktfaktor, neste lik virkningsgrad for varmegjenvinner, nesten lik SFP, samme energiforsyning (fjernvarme, fjernkjøling og elektrisitet).

Bygget i Bassengbakken 1 har høyere vindusandel, store luftmengder, lengre driftstid og kaldere klima enn bygget i Strandveien 18. Likevel er den leverte energien til termisk formål i Bassengbakken halv parten av det som forbrukes i Strandveien 18. Den manuelle styringen ser ut til å være den beste forklaringen til den lave energibruken i Bassengbakken. Skal man konkludere med at den beste automatikken ikke kan erstatte en menneskets hjerne?

1.3.5 Videre arbeid

FN-bygget er det eneste casebygget der det er montert en skjerm ved inngangen av kontorarealer som gjør brukere bevisst på gårsdagens energibruk.

Ingen av byggene har etablert en økonomisk incentivordning for å motivere brukerne til energisparing. Myndighetene ønsker å redusere kraftig energibruk i bygningsmassen og å øke bevisstheten rundt eget energibruk, blant annet ved energimerkeordningen. Følgelig kan det reises spørsmål om tiden er inne for å kreve at kontorbyggene utstyres med en strømmåler per leietaker, på lik linje med boligblokker, der hver leilighetsbeboer betaler for sitt eget strømforbruk, utenom husleie.

Elektrisk spesifikk forbruk knyttet til serverrom / UPS (Uninterruptible Power Systems) oppfattes som ikke godt nok kartlagt. Installert effekt til serverrom er lik 107 kW for bygget i Strandveien 18. Bravidahuset har et høyt elektrisk forbruk døgnet rundt. Det er registrert et effektuttak på 35 kW nattestid over hele året, uten at en kan tydelig si hva elektrisiteten brukes til. Det er behov for egne strømmåler som gir mulighet til å overvåke den leverte elektrisiteten til serverrom. I enkelte bygg oppfattes denne posten som ”ute av kontroll”.

I gjeldende *Teknisk Forskrift til Plan- og bygningsloven, TEK07* skal energikravene tilfredsstilles ved oppfyllelse av enten tiltakspakken eller energirammen. Et av tiltakene i tiltakspakker lyder at ”*Årsmidlere temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg skal være lik 70 %.*” Samme årsmidlere temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg er benyttet ved fastsettelse av energirammene. Nye energikrav til revidert *Teknisk Forskrift til Plan- og bygningsloven, TEK2010* har nettopp vært på høring (høringsfrist 1.oktober 2009) og blir utgitt i 2010. I høringsforslaget er kravet til årsmidlere temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg blitt $\geq 80 \%$ for yrkesbygg der bruk av høyeffektiv varmegjenvinner ikke vil medføre problemer med spredning av forurensning/smitte. Det er bekymringsfullt å se at ingen av casebyggene har varmegjenvinner med temperaturvirkningsgrad lik 70 %, selv i de byggene der roterende varmegjenvinner benyttes. I Bravidahuset er temperaturvirkningsgraden registrert ved SD-anlegget (Sentral Driftskontroll) lik 66 %, 69 % og 59 % for de tre ventilasjonsaggregatene som har en roterende varmegjenvinner. Det er ukjent hvordan SD-anlegget beregner temperaturvirkningsgraden. Verdiene som oppgis av produsentene er målt under ideelle forutsetninger. I praksis kan trykkforholdene i aggregatet være mindre gunstige og føre til lavere temperaturvirkningsgrader. Det er behov for å kunne overvåke de reelle trykkforholdene i aggregatene og den reelle temperaturvirkningsgraden over varmegjenvinneren. Det er behov for ventilasjonsaggregater med innebygd måleutstyr der de reelle trykkforholdene, de reelle luftmengdene, samt lufttemperaturer kan avleses.

1.4. Erfaring fra rapportering

I løpet av prosjektet har vi støttet mot noen hindringer når de fem casebyggene skulle sammenlignes. Disse er beskrevet nedunder. Flere av disse spørsmålene vil også dukke opp når en skal energimerke et bygg og bør besvares gjennom energimerkeordningen for å sikre kvaliteten i ordningen.

1.4.1 Arealer og volum

Når kvaliteten til bygningskroppen og energibruken skal vurderes og sammenlignes, må arealene og volumene beregnes likt. NS3031:2007 omfatter noen bestemmelser for areal og volum. Oppvarmet del av bruksareal (BRA) skal brukes som referanseareal. (*"BRA beregnes av måleverdige deler etter reglene i NS 3940. BRA er bruttoarealet minus arealet som opptas av yttervegger"*).

Den første hindringen vi har vært konfrontert med var å finne bruksareal. I eksisterende bygninger kan det være vanskelig å få tak i prosjekteringsunderlaget og i den opprinnelige arealoversikten fra arkitekten. Brutto areal eller netto areal kan være lettere tilgjengelige enn bruksareal. Alternativet med å beregne bruksareal på nytt nødvendigvis gjør tilgang til lesbare og målsatte tegninger. Beregningen kan være en tidskrevende oppgave, avhengig av kompleksiteten i bygningens form.

Den andre hindringen består i å definere den oppvarmede delen av bruksareal. NS3031:2007 viser til bestemmelser for uoppvarmede eller delvis oppvarmede arealer. Dersom arealet tas med som oppvarmet del av BRA, skal rommet regnes som full oppvarmede rom. Dersom arealet ikke tas med, kan rommets varmemotstand tas med i beregning av varmetapet for konstruksjonene som grenser mot rommet. Bestemmelser synes å være fornuftige med tanke på kontrollberegning mot offentlige krav, men mangelfulle med tanke på energimerkeordning og eksisterende bygninger med tilhørende oppvarmingsstrategi. Uoppvarmede arealer vil ikke inngå i den oppvarmede delen av bruksareal. Men det er uklart hvordan en skal forholde seg til delvis oppvarmede arealer, som teknisk rom, lager og parkeringskjeller.

Disse rommene har et ikke-null energiforbruk som påvirker varmebalansen i bygget. Det virker urimelig å ignorere disse arealer ved beregning av den oppvarmede delen av bruksareal. I bygg der parkeringskjeller holder en romtemperatur over frysepunkt ved hjelp av avkastluften, vil som regel varmegjenvinner i ventilasjonsaggregatet innstilles slik at temperaturen på avkastluften ikke blir for lavt, og følgelig vil batteriene i ventilasjonsaggregatet måtte kompensere for den "tapte" varmegjenvinning. Tekniske rom og lagerrom plassert i byggets kjerne, vil ha minimalt behov for termisk energi. Om de samme rommene er bygd inntil yttervegger, blir varmebehovet avhengig av ønsket romtemperatur.

Det finnes ikke entydige bestemmelser om hvordan delvis oppvarmede arealer skal inkluderes i energiberegningen. Følgelig praktiseres forskjellige beregningsregler. For tekniske rom er det vanlig å la plassering av rommet i bygget (fremfor varmebehovet eller settpunkttemperatur for romoppvarming), bestemme om arealet medregnes som oppvarmede eller ikke. Når det tekniske rommet ligger i egen etasje, blir det som regel ikke medregnet som en del av det oppvarmede bruksarealet (selv om rommet kan ha et varmebehov). Når rommet er en integrert del av øvrige oppvarmede arealer, blir det ofte betraktet som en del det oppvarmede bruksarealet (selv om rommet sannsynligvis har ingen varmebehov). Arealer til parkeringskjeller inngår som regel ikke i det oppvarmede bruksarealet, uavhengig om de er oppvarmet ved hjelp av avkastluften eller ikke, og selv om oppvarming via avkastluften medfører en betydelig begrensning på temperaturgjenvinningsgraden.

De fleste parametere som omhandler energibruk i bygninger refererer til areal spesifikke størrelser. Jo store oppvarmet del av BRA, jo mer energieffektiv bygg! Det er svært viktig at felles bestemmelser for beregning av delvis oppvarmede arealer utgis.

Så lenge energibruk til delvis oppvarmede arealer ikke måles separat, er det fristende å foreslå en konservativ (men noe urimelig) tilnærming for beregning av den oppvarmede delen av bruksareal, der kun full oppvarmede rom medregnes. Om den overordnet hensikten er å ha energieffektive bygg, bør tilnærmingen virke akseptabelt. En eventuell konsekvens der man slutter å bygge delvis oppvarmede parkeringskjeller fordi dette ikke gir uttelling ville gagne miljøet.

Gulvarealene brukt som referanse for de fem casebyggene som er analysert i denne rapporten, er dessverre ikke helt sammenlignbare, selv om alle involverte personer ønsket å fremskaffe "det riktige arealet".

Det kan også reises spørsmål om det spesifikke energiforbruket uttrykt i forhold til den oppvarmede delen av bruksarealet er den beste parameteren for å bedømme energieffektiviteten i et bygg. Om en skulle rangere energieffektiviteten til de fem casebyggene ut fra Figur 8 (målt levert energi per m² gulvareal) ville resultatet se annerledes ut en når rangeringen foretas ut fra Figur 9 (målt levert energi per antall faste arbeidsplasser).

1.4.2 Graddagskorreksjon

Målt levert energi til termisk formål vil variere med de reelle klimatiske forholdene. Målingene må graddagskorrigeres i energioppfølgingsssystemet når en skal sammenligne årets forbruk med fjorårets, eller når det reelle forbruket skal sammenlignes med det budsjetterte.

Ved revidering av NS 3031 og tilbaketrekning av NS 3032 har noe informasjon gått tapt. Det gjelder blant annet klimadata og retningslinjer for kontroll av energi- og effektbudsjett under drift.

Det finnes per i dag ingen detaljert nasjonal standard i Norge som fastsetter regler for graddagskorreksjon. Standarden behøves snarest og bør besvare to spørsmål (i kursiv under):

- *Hvordan defineres normalperioden?*

Den meteorologiske verdensorganisasjonen, WMO, har bestemt offisielle tidsperioder på 30 år, og periodene er 1901-1930, 1931 – 1960, 1961 – 1990, 1991 – 2020, osv. Nå benyttes normalperioden 1961 – 1990.

Samtidig som oppmerksomheten rundt global oppvarming er blitt store, er det blitt vanlig å operere med såkalte "nasjonale normalperioder" (30 års tidsintervall som flytter hver 10.år og overlapper). Nå benyttes nasjonale normalperioden 1971 – 2000.

- *Hvilket klimasted skal brukes?*

I NS3032:1986 kunne en lese at "*En god kontroll av energiforbruket er avhengig av en nøyaktig bestemmelse av utetemperaturen. Måleutstyr for kontinuerlig registrering av utetemperaturen bør brukes*".

Dersom utetemperaturen registreres og det er installert måler for levert energi til termisk formål, vil en ha et komplett sett med de reelle forholdene.

Klimadataene for en normalperiode derimot vil kun være tilgjengelige for eksisterende værstasjonene. Følgelig bør det reises spørsmål om målte utetemperaturer fra den kontinuerlige registreringen på stedet skal brukes i graddagskorreksjonen. Blir ikke korreksjonen riktigere dersom det benyttes utetemperaturer og normalperioden som gjelder for det samme stedet, altså

nærmeste værstasjonen? Samtidig kan en lure på hvor riktig blir den type korreksjonen når det er stor avstand mellom bygget og nærmeste værstasjonen eller når værstasjonen ikke gjenspeiler de mikroklimatiske forholdene.

Når det reelle forbruket er graddagskorrigeret, kan det sammenlignes med det planlagte forbruket. Sammenligning vil ikke være fullverdig hvis klimadataene brukt i simuleringsverktøyet ikke er de samme som normalperioden brukt i graddagskorreksjonen. Med andre ord, det virker riktig å foreta en graddagskorreksjon med normalperioden for Fredrikstad værstasjon for et bygg som ligger i Fredrikstad. Men hvor riktig er det å sammenligne det graddagskorrigerede forbruket med et simulert forbruk beregnet med klimadata for Rygge?

1.4.3 Varmetapstall

Vi har i prosjektet oppdaget at varmetapstallet ($W/m^2.K$) kan være misvisende. Varmetapstallet består av sju ledd iht. varmetapsbudsjett definert i NS3031:2007 (tabell 4 på side 16). Disse er: yttervegger, yttertak, gulv, vinduer og dører, kuldebroer, infiltrasjon og ventilasjon. Leddet knyttet til ventilasjon beregnes ut fra en gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde. Ved gjennomsnittlig menes gjennomsnittlig vektet luftmengde over hele året, i og utenfor driftstiden.

Det er vanlig å forholde seg til ett varmetapstall, beregnet med reelle driftsbetingelser for ventilasjonsaggregatene. Jo lavere luftmengder og færre driftstimer, jo lavere blir varmetapstallet.

En bør være oppmerksom på at dette varmetapstallet ikke gjenspeiler bygningskroppen. Et lavt varmetapstall er ingen garanti for en robust bygningskropp. Et lavt tall kan skjule en middels isolert bygningskropp kombinert med lave luftmengder og få driftstimer for ventilasjonsanlegget.

Det er foreløpig ikke vanlig å beregne varmetapstallet med minste tillatte luftmengder og driftstider fastsatt for kontrollberegning mot TEK07. Vi vil anbefale at dette gjøres slik at *varmetapstallene med driftsbetingelser iht. NS3031* blir sammenlignbare. Videre bør det opplyses hvordan varmetapstallet er beregnet. Vi vil anbefale at begrepene ”*varmetapstall med driftsbetingelser iht. NS3031*” og ”*varmetapstall ved reelle driftsbetingelser*” innføres.

1.4.4 Levert energi til utearealer

Levert energi til utearealer (elektrisk forbruk utendørs, gatevarme og utelys) vises ikke separat i denne analysen fordi flere av casebyggene ikke hadde separate måler for levert energi til utearealer.

Vi vil anbefale at innrapportert levert energi omfatter energibruken fra utearealer, selv om dette ikke er tydelig definert i NS3031:2007.

1.4.5 Minste tillatte luftmengder i NS3031

Byggene sto alle ferdig før 2007, da nye tekniske forskrifter ble innført med tilhørende standard for kontrollberegning. Øvelsen med kontrollberegning mot TEK07 er likevel foretatt fordi det oppfattes som relevant å etterprøve forskriften og å se hvorvidt disse byggene hadde oppfylt forskriftskravene, dersom de hadde vært bygd på et senere tidspunkt. Det er et felles kjennetegn for de tre byggene som er presentert med lav energibruk: når nettoenergiebehovet beregnes med de normerte driftsbetingelser fra NS3031 for kontrollberegning, blir nettoenergiebehovet tydelig høyere enn ved beregning med de reelle driftsbetingelser. Parameteren som har størst betydning for økningen er luftmengdevolumet utenom driftstid. I Aibel-bygget er ventilasjonsluftmengder svært redusert om natten, mens i de to andre byggene presentert med lav energibruk er ventilasjonsaggregatene slått av om natten.

Det syndes ofte med å sammenligne nettoenergiebehov med levert energi, og begrepene forveksles. Når begrepene ikke forveksles, tror man ofte at forskjell mellom nettoenergiebehov beregnet ved kontrollberegning og levert energi skyldes i hovedsak klima, energiforsyning og brukermønster. I beregningene vi har gjort er ventilasjonsluftmengde utenom driftstid parameteren med mest

betydning for denne forskjellen. Ved å beregne med ventilasjonsaggregatene slått på om natten, påvirkes energipostene som er temperaturavhengig (oppvarming og kjøling) i tillegg til energiposten til vifte og pumpe drift. Det bør reises spørsmål om hvorvidt luftmengdene utenom driftstid som er fastsatt i NS3031 for kontrollberegning er relevante i forhold til vanlig praksis (svært reduserte luftmengder / aggregatene slått av). Modellbygg benyttet ved fastsettelse av energikrav har et netto energibehov lik 165 kWh/m²·år. Netto energibehov går ned til 135 kWh/m²·år når luftmengdene endres fra anbefalte verdier (10m³/h·m² i driftstiden (12/5/52), 3m³/h·m² utenom driftstiden) til minste tillatte luftmengder ved kontrollberegning mot offentlig krav (7m³/h·m² i driftstiden (12/5/52), 2m³/h·m² utenom driftstiden). Nettoenergiebehov går videre ned til 118 kWh/m²·år når ventilasjonsaggregatene slås av om natten.

NS3031 fastsetter ikke temperatur for tilluft som skal brukes i kontrollberegning mot forskriften, noe som savnes. Dersom det benyttes reelle tilluftstemperaturer ved kontrollberegning, og disse er lik eller høyere enn 20 °C, kan kontrollberegning være urimelig. I kontrollberegning vil romkjøling i enkelte tilfeller slås på utenom driftstid for å kompensere for den høye tilluftstemperaturen, mens det i praksis ikke skjer fordi ventilasjonsaggregatene er slått av.

1.4.6 Tidskrevende arbeid

Analysen som ble gjort for de fem byggene har vært et tidskrevende arbeid. Det kan være vanskelig å finne den riktige kontaktperson og prosjekteringsunderlaget. Videre er det en tung prosess å forstå hvordan de tekniske installasjoner faktisk fungerer, å simulere bygget og å tolke tallene fra energimålere. Erfaringen fra prosjektet viser at det har vært behov for minst 80 timers arbeid per bygg. Analysene som kreves til energimerkeordning bør ha et lignende omfang dersom de skal ha noe substans.

2. Sammendrag for hver bygg

2.1. Aibel-bygget – Sandnes

Aibel-bygget

Vestre Svanholmen 14

Forus

4313 Sandnes

Bruttoareal: 26.100 m².

Oppvarmet BRA: ca. 23.300 m²

(Parkeringskjeller er ikke regnet med i det oppvarmede bruksarealet.)

Byggeår: 2006



Foto: Digital Globe

Beskrivelse

Bygget fungerer nå som hovedkontoret til Aibel AS. Bygningen består av 7 etasjer inklusive underetasje. Underetasjen rommer parkeringsplasser, teknisk rom, trimrom og lager. 1. etasje består av kontorer, atrium, resepsjon, kantine og kjøkken. De resterende etasjene omfatter kontorlokaler. Atriet er sentralt plassert, og fullstendig omkranset av fire kontorfløyer. Sett ovenfra er bygget et firkantet polygon hvor fløyen mot vest har noe lengre fasade enn de andre fløyene. Denne formen gjentar seg i alle plan med mindre unntak for underetasje, første plan og sjette plan. Atriet har et delvis glassoverbygget tak. Ytterveggene er bygd av prefabrikkerte betongelementer med innstøpt isolasjon. Til etasjeskiller er det benyttet hulldekkeelementer. Vinduene er tolags med solfaktor 0,33. I tillegg er det innvendige manuelle persiennner. Det er nedsenket himling av presset mineralull i alle rom. Energiforsyningen er fjernvarme, fjernkjøling og el. Oppvarming med radiatorer. Ventilasjonsluft tilføres rommene via klimatak fra YIT AS. Ventilasjonen er behovsstyrt, i landskap brukes CO₂-sensorer og i cellekontorer bevegelsesdetektorer. Med unntak av datarom har rommene kun kjøling via ventilasjonsluft. Maksimal luftmengde i driftstiden er ca 9 m³/(h·m²). Varmegjenvinning via såkalt Econet med oppgitt virkningsgrad på 64 %. Lyset er behovsstyrt, installert effekt er ca 10 W/m². 30 % av arbeidsplassene er cellekontorer og 70 % i landskap.

Energibruk

Målt levert energi (2008)	131 kWh/m ² ·år
Målt levert energi (gradstall korrigeret)	134 kWh/m ² ·år
Beregnet levert energi (reelle driftstider, Sola klima)	132 kWh/m ² ·år
Beregnet energibehov (reelle driftstider, Sola klima)	126 kWh/m ² ·år
Beregnet energibehov (NS 3031, normerte driftstider, Oslo klima)	171 kWh/m ² ·år

Kommentarer

Den relativt lave energibruken oppnås fordi det brukes behovsstyrt ventilasjon.

Ved å gjennomføre noen forbedringer kunne energibruken vært redusert:

- Avtrekksluft fra toaletter kan kjøres gjennom varmegjenvinner. Det vil fungere greit siden det i denne bygningen brukes en gjenvinnertype som ikke kan overføre lukt. Sjaktene for avtrekket er ført ned til kjeller.
- Varmegjenvinner med høyere virkningsgrad. En roterende gjenvinner ville gitt vesentlig høyere virkningsgrad. En av årsakene til at dette ikke ble valgt i utgangspunktet var begrenset takhøyde i tekniske rom. Den valgte typen gjenvinner har den fordel at den gir lavere returtemperatur i fjernvarmenettet.
- Utvendig avskjerming av vinduer. Bygningen har innvendig avskjerming. Hadde utvendig avskjerming vært benyttet ville kjølebehovet vært lavere.

2.2. Bravida-bygget – Fredrikstad

Bravida-bygget

Wilbergjordet 1

1605 Fredrikstad

Bruttoareal: 6.038m²

Nettoareal: 5.677m²

Byggeår: 2002



Foto: SINTEF Byggforsk

Beskrivelse

Kontorbygg på 3 etasjer. Hovedfasadene er orientert øst-syd-øst og vest-nord-vest. Forretningsarealer på deler av første etasje (648m² NTA). Lager- og teknisk rom på deler av første etasje (682m² NTA). Ingen parkeringsplasser i bygget.

Bygget består av to nesten rektangulære fløyer knyttet sammen med en glassgård. Glassgården rommer vestibyle, heis og hovedtrapp. Hele sydfløy på plan 3 (982m² NTA) har aldri vært tatt i bruk. Byggemetode: plasstøpt betonggulv på grunn, yttervegg med 200mm. isolasjon og teglforblending, etasjeskiller av hulldekkeelementer, flatt tak av hulldekkeelementer med 200mm. isolasjon, U-verdi vindu 1,6W/m².K, U-verdi glassfelt 1,4W/m².K (19% glassandel i forhold til nettoareal). Eksponert betong i cellekontorer, akustisk himling i korridor og fellesarealer.

Solavskjerming: utvendige persienner med manuell styring for vinduene i øst fasade, gardiner i vest fasade, ingen solskjerming på glassfelt eller i glassgård.

Energiforsyning: geovarme og varmepumpe (varmepumpe går året rundt, brukes til både oppvarming og kjøling), oljekjel til spisslast (kan bruke bioolje, men bruker vanlig olje pga lavt forbruk og dårlige lagringsegenskaper til rapsolje), solfangeranlegg (ikke i bruk)

Kombinert klimaarmatur i tak (varme, kjøling, lys, og ventilasjon)

Individuell styring ut fra ønsket lufttemperatur i hvert rom

Ingen radiator i bygget

Lysstyring med bevegelsessensor i kontorer

Balansert ventilasjon med roterende varmegjenvinner (bortsett fra kjøkken aggregat). VAV-styring fra bevegelsessensor i kontorer.

Energibruk

Målt levert energi (gjennomsnitt 2004-2008)

140 kWh/m²·år

Målt levert energi (gjennomsnitt 2004-2008, gradstall korrigert)

144 kWh/m²·år

Beregnet levert energi (reelle driftstider, Fredrikstad klima)

144 kWh/m²·år

Beregnet energibehov (reelle driftstider, Fredrikstad klima)

194 kWh/m²·år

Beregnet energibehov (NS 3031, normerte driftstider, Oslo klima)

227 kWh/m²·år

Kommentarer

Energimålinger av levert energi bekrefter et relativt lavt energiforbruk.

Forbruket ligger ca. 40% høyere enn intensjonen om 100 kWh/m²·år.

Levert energi ligger lavt takket være varmepumpen, samt lav utnyttelsesgrad av bygget (lav tilstedeværelse, høy andel av lagerrom, 1/6-del av bygget har aldri vært tatt i bruk).

Bygget driftes ikke optimalt i forhold til energieffektivitet:

- Døgnkontinuerlig drift av sirkulasjonspumper til kjøling og oppvarming året rundt virker unødvendig.
- Solfangeranlegget brukes ikke.
- El. spesifikk forbruk er høyt. Høyt forbruk døgnet rundt, i gjennomsnitt 35 kW om natten året rundt.

2.3. FN-bygget – Arendal

FN-bygget

Teaterplassen 3

4836 Arendal

Bruttoareal: 2.590 m²

Oppvarmet bruksareal: 2.391 m²

Byggeår: 1965, total renovering i 2006



Foto: SINTEF Byggforsk

Beskrivelse

The renovation work was completed in 2006, and since then the building hosts three independent institutions: a school, a health station and the FN-GRID offices (building owner).

The building is five storeys high and has a compact shape with a nearly rectangular base. External walls and floor partitions are made of concrete, and after renovation there is a good level of insulation (mineral wool 20 cm walls, 30 cm roof).

The facades facing south and east have a large fraction of glazed area with box-windows, a sort of double skin façade, but where every single window is independent. The inner glass is a double glass with low emission coating, while the external one is a single clear glass. The external part of the box has an operable opening to limit the risk of overheating in summer. The openings of an entire façade are operated simultaneously and automatically by temperature sensors. Solar shading curtains are mounted in the box-window cavity, and are controlled manually by the users.

Electricity is the only energy carrier used in this building. Two cooling machines are used as heat pump in winter and as cooling machine in summer. The machines use seawater as the heat source/sink. There is also an electric boiler connected in series with the heat pump that is used to cover the peak load and also serves as a back-up system.

There are solar collectors for hot water preparation, for a total area of 30 m², mounted vertically on the south façade, on top of the upper floor windows.

There are two balanced ventilation systems, one for the school and the other for the health station and the offices. Both are equipped with a rotary wheel heat recovery, heating battery and cooling battery. In both systems the return air is collected in a single point in each floor (sentralt avtrekk).

All floors are equipped with radiators for space heating. The health station and the office are equipped with ceiling elements that provides radiant cooling, together with ventilation.

In every floor there are a number of digital thermostats (per each room or open space area) and it is possible for the users to set the desired temperature. It shall be noticed that because the cooling machine cannot operate in winter there is never simultaneous cooling and heating in winter. This may happen in summer though, or in swing season, when the cooling machines are operating and the electric boiler can still supply heating if that is required by some of the thermostatic controllers.

Lighting and ventilation in the rooms are controlled by a motion sensor. After 20 minutes of inactivity lights are switched off and ventilation is reduced at 30%.

The building has a small tea-kitchen in each of the three institutions, there is no parking in the building and there are no revolving or electric doors. There is a server room in the office, a lift, a snow melting system under the sidewalk around the building, and some external lighting.

Energibruk

Målt levert energi (gjennomsnitt 2007-2008)

106 kWh/m²·år

Målt levert energi (gjennomsnitt 2007-2008, gradstall korrigeret)

110 kWh/m²·år

Beregnet levert energi (reelle driftstider, Arendal klima)

107 kWh/m²·år

Beregnet energibehov (reelle driftstider) Skole/Helsestasjon/Kontor

112 / 178 / 144 kWh/m²·år

Beregnet energibehov (NS 3031) Skole/Helsestasjon/Kontor

139 / 188 / 194 kWh/m²·år

Kommentarer

Measurements from the main-meter not well understood.

2.4. Bassengbakken 1 – Trondheim

Bassengbakken 1

Trondheim

Bruttoareal: 8425m²

BRA: 7013m²

Byggeår: 2001, med rehab i 2004



Foto: finn.no

Beskrivelse

Type: kontorvirksomhet. Leietager: Trondheim Kommune leier hele bygget og er ansvarlig for videre utleie. NAV kontoret og butikker på 1. og forskjellige kontorer på 2. til 5. etasje.

Ansvarlig for driften: Bygg og landskap har hatt ansvaret for den tekniske driften av bygget siden 2003.

Planløsning: Bygget består hovedsakelig av kontorer, med et forretningsareal på plan 1.

Parkeringsplasser ligger i deler av kjelleretasjen.

Form: Bygget går over 6 etasjer, 5 over bakkeplan, en kjeller etasje (+ del etasje i 6. etasje som styrings- og ventilasjonsanlegg rom). Bygget er kompakt og langt. Brutto gulvareal er ca. 8425m² (BRA: 7013m²).

Byggemetode: I hovedsak 1/ stein teglforblending, 30mm lufting, 9mm GU-plate, 198mm isolasjon bindingsverk, 13 mm innvendig gipsplate. Litt forskjell under vinduer og på taket. Glass til vinduer består av et energispareglass (8-20-9). Angitt U-verdi for hele konstruksjonen = 1.4 W/m².K. Gips himling i korridorer og møterom med klimatak. Eksponert betong i alle kontorarealer på plan 2 til 5 og i forretningsareal på plan 1.

Oppvarming/kjølemetode: Fjernvarmen og fjernkjølingen kjøpes fra Trondheim energi AS.

Solavskjerming: utvendige persienner, manuelt styrt

Ventilasjonsmetode: balansert ventilasjon med varmeveksler

Styring: manuelt styring etter tillufttemperatur

Energibruk

Målt levert energi (2008) **178 kWh/m²·år**

Målt levert energi (2008, gradstall korrigert) **188 kWh/m²·år**

Beregnet levert energi (reelle driftstider, Trondheim klima) **203 kWh/m²·år**

Beregnet energibehov (reelle driftstider, Trondheim klima) **189 kWh/m²·år**

Beregnet energibehov (NS 3031, normerte driftstider, Oslo klima) **166 kWh/m²·år**

Kommentarer

Vanskelig å simulere manuelt styring av ventilasjonsanlegg!

Kjøling hele året (alle måneder) i deler av bygget.

NAV kontoret på 1.etasjen har mange 'løpende' kunder slik at drift er vanskelig å evaluere og ble simulert med normerte driftstider.

2.5. Strandveien 18 – Bærum

Strandveien 18

1324 Lysaker

Bruttoareal: 16.980 m²

Oppvarmet areal: 15.600 m²

(Parkeringskjeller er ikke regnet med i det oppvarmede arealet.)

Byggeår: 1996



Foto: Eniro Norge AS

Beskrivelse

Strandveien 18 er et bygg på 7 etasjer som har en sentral glassgård i et plan og fingre som går ut i fra den. Fingrene vender mot sør øst. Bygget er et utleiebygg med flere leietagere som alle har alminnelig kontorvirksomhet med normal 8 timers arbeidsdag. Bygget har i utgangspunktet planløsninger med cellekontorer og lukkede møterom etc. I en del arealer er dette bygget om til landskap. Bygget har balansert ventilasjon med batterigjenvinnere og lokal romoppvarming og kjøling. Det er individuelle termostater. Ingen bus styring. Energiforsyningen består av fjernvarme og fjernkjøling fra ekstern sentral med sjøvannspumpe. Bygget har utvendig solavskjerming, som er manuelt styrt. Det har vært vanskelig å finne opplysninger om bygningskonstruksjonene og derfor er hovedparten av U-verdiene antatte verdier. For glassene er det funnet en U-verdi på 1,5 W/m²K.

Energibruk

Målt levert energi (gjennomsnitt 2006-2008)	293 kWh/m²·år
Målt levert energi (2006-2008, gradstall korrigert)	306 kWh/m²·år
Beregnet levert energi (reelle driftstider, Bærum klima, inkludert UPS)	280 kWh/m²·år
Beregnet energibehov (reelle driftstider, Bærum klima, inkludert UPS)	262 kWh/m²·år
Beregnet energibehov (NS 3031, normerte driftstider, Oslo klima)	214 kWh/m²·år

Kommentarer

Energibruk til sentral IT utgjør en stor andel (nesten 30 %) av energibruken i bygget. Det er et stort sparepotensiale i bygget. Kort oppsummering av anbefalte tiltak:

- Skifte batterigjenvinnere med roterende gjenvinnere
- Skifte regulatorer så det kun er et stk. pr. rom
- Automatisere den utvendige solavskjerming
- Endre lysstyring så den baseres på bevegelsessensorer også i arbeidstiden
- Nattsenkning av radiatorer til en romtemperatur på 19 °C
- Energisparefunksjoner på utstyr eller utbytning til lavenergiutstyr
- Installering av måler pr. leietaker for å motivere til energisparing
- Innregulering av ventilasjonssystemet
- Varmepumpe til håndtering av overskuddsvarme

Vedlegg - Detaljert presentasjon av casebyggene

Aibel-bygget i Sandnes

A.	Aibel-bygget i Sandnes	31
A1.	Generell beskrivelse	31
A1.1.	Adresse	31
A1.2.	Beliggenhet.....	31
A1.3.	Eie- og driftsforhold	32
A1.4.	Byggets historikk.....	33
A2.	Bygningsteknisk	33
A2.1.	Grunnforhold.....	33
A2.2.	Byggemetode.....	33
A2.3.	Fasader	37
A2.4.	Gulvarealer og romvolum	38
A3.	VVS-teknisk	40
A3.1.	Energiforsyning	40
A3.2.	Oppvarming.....	41
A3.3.	Varmtvann	41
A3.4.	Ventilasjon	41
A3.5.	Kjøling.....	43
A3.6.	Inneklima.....	43
A3.7.	Effekt-energi bruk pumper-vifter (SFP-SPP).....	43
A3.8.	Reguleringsteknisk	43
A4.	Elektroteknisk	44
A4.1.	Lys og lysstyring	44
A5.	Annet	44
A5.1.	Diverse infrastruktur	44
A5.2.	Kantine/kjøkken	44
A6.	Brukerteknisk	45
A6.1.	IT-installasjoner	45
A6.2.	Brukerstyring.....	45
A6.3.	Energioppfølging.....	45
A7.	Registrert levert energi	45
A8.	Beregnet levert energi	45
A9.	Netto energibehov	48
A9.1.	Beregnet netto energibehov (driftsbetingelser iht. NS3031).....	48
A9.2.	Beregnet netto energibehov (reelle driftsbetingelser)	51
A9.3.	Avvik mellom normverdi i NS 3031:2007 og reelle driftsbetingelser	51
A10.	Konklusjon / forbedringspotensial	51

A. Aibel-bygget i Sandnes

A1. Generell beskrivelse

Vestre Svanholmen 14 på Forus i Sandnes er et kontorbygg som ble oppført i 2006, og det fungerer nå som hovedkontoret til Aibel AS (Aibel-bygget). Bygningen består av i alt 7 etasjer inklusive underetasje, Figur A-1. Underetasjen rommer parkeringsplasser, teknisk rom, trimrom og lager. 1. etasje består av kontorer, atrium, resepsjon, kantine og kjøkken. De resterende etasjene omfatter kontorlokaler. Atriet er sentralt plassert, dvs. omringet av de fire kontorfløyene, og har et delvis glassoverbygget tak.



Figur A-1. Aibel-bygget, Vestre Svanholmen 14, Sandnes (Foto: Digital Globe).

A1.1. Adresse

Vestre Svanholmen 14
Forus, 4313 Sandnes

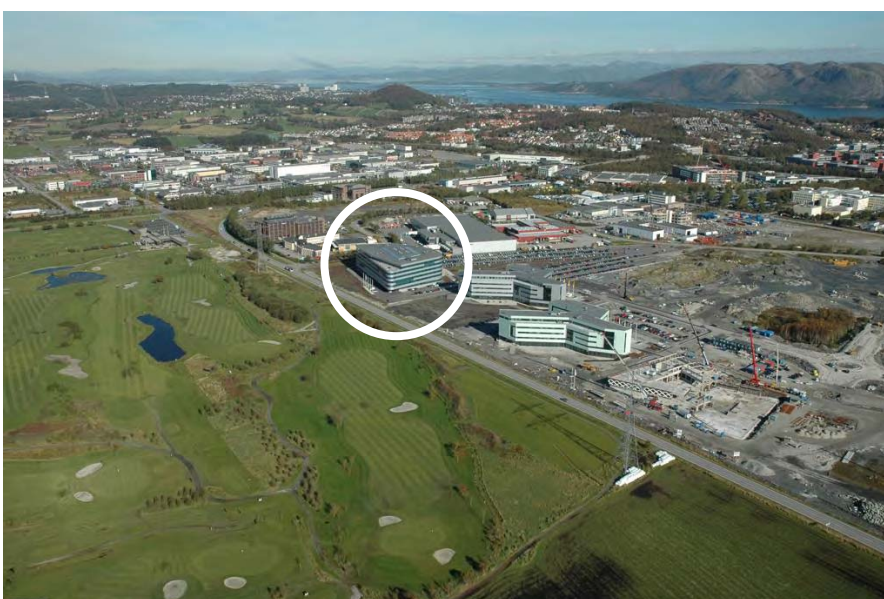
A1.2. Beliggenhet

A1.2.1 Orientering

Figur A-2 og Figur A-3 viser bygningens beliggenhet og orientering.



Figur A-2. Flyfoto av Vestre Svanholmen 14 (Aibel-bygget). Nord er opp på bildet (Foto: Sesam).



Figur A-3. Flyfoto av Vestre Svanholmen 14 (Aibel-bygget) (Foto: Digital Globe).

A1.2.2 Terrenkskjerming

Tomten og landskapet rundt er flatt. Vest for bygningen finner vi en vei og en golfbane. Mot nord, øst og sør finner vi andre bygninger. De høyeste av disse har fem etasjer. Det er åpent med god avstand mellom bygningene som det tydelig går fram av Figur A-1 og Figur A-3.

A1.3. Eie- og driftsforhold

Eier: Seabrokers AS

Leietager: Aibel AS. Bygningen er i sin helhet leid ut til Aibel på en 10-års kontrakt. Aibel er et internasjonalt selskap og en stor leverandør til olje- og gassindustrien. Aibel har framleie av noen arealer (2. etasje) til andre bedrifter, hovedsakelig Statoil.

Facility management: ESS Support Services AS

Kontaktperson hos Seabrokers (eier) i forbindelse med LECO:

- Per Gunnar Bøgwald, pgb@seabrokers.no, Mobil: 975 67 766

Kontaktpersoner hos YIT AS i forbindelse med LECO:

- Erling Mellestrand, erling.mellestrand@yit.no, Mobil: 992 12 424
- Odd Drage, odd.drage@yit.no, Mobil: 992 12 416

Kontaktperson hos ESS Support Services AS:

- Driftsleder Frode Hisdal, Mobil: 934 28 982

Kontaktperson hos Aibel AS:

- Nina Hauge

A1.4. Byggets historikk

A1.4.1 Prosjektperiode

Prosjektperioden var fra 2005 til 2006. Innflytting skjedde 15. november 2006.

A1.4.2 Endringer etter ferdigstillelse

Aibel er en prosjektorganisasjon hvor medarbeiderne organiseres i prosjektteam. For å tilpasse lokalene til prosjektteamenes behov gjøres det fra tid til annen omflyttinger og ombygging mellom cellekontorer, landskap og møterom.

A1.4.3 Brukerorganisasjon per i dag

Aibel AS leier hele bygningen.

A1.4.4 Eksisterende tegninger

Plantegninger, snitt gjennom fasader og prinsippskjema for varme og ventilasjon foreligger i PDF-format.

A2. Bygningsteknisk

A2.1. Grunnforhold

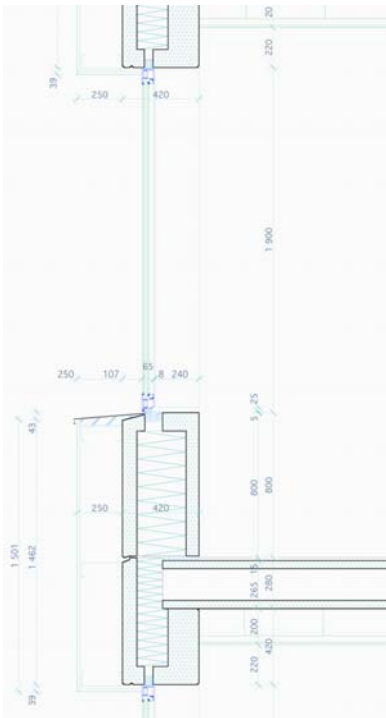
Grunnen består av silt. Bygget er fundamentert med 485 betongpeler ned til faste morenemasser. Kjeller dreneres ved hjelp av pumping av overvann innenfor permanent spuntvegg.

A2.2. Byggemetode

A2.2.1 Fasader

Veggene består av prefabrikkerte betongelementer i sandwichkonstruksjon, med unntak av plassstøpte vegger i forbindelse med inngangspartiet i første etasje, Figur A-4 og Figur A-5.

Fasaden er kledd med aluminiumsplater mellom vindusbåndene.



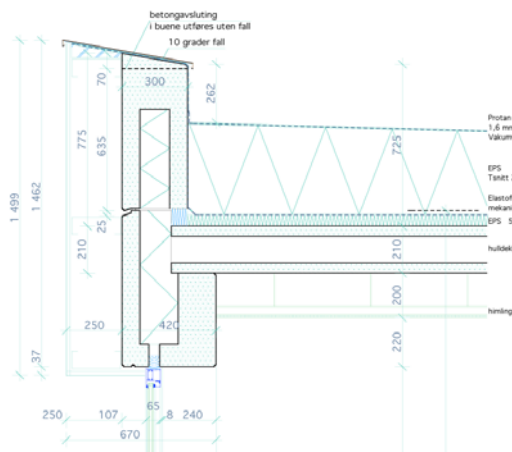
Figur A-4. Snitt gjennom fasade med vindu.



Figur A-5. Horisontalsnitt gjennom vindu.

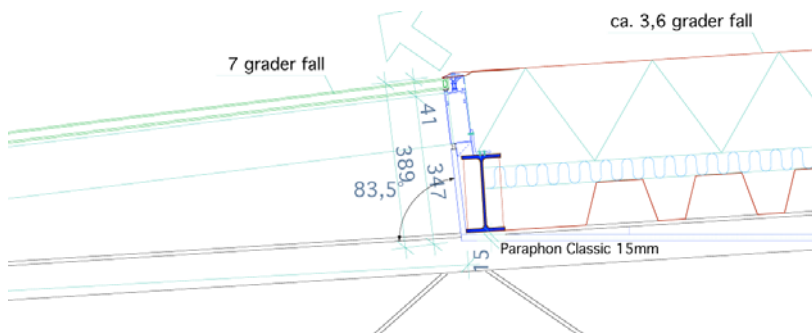
A2.2.2 Yttertak

Figur A-6 viser takets oppbygning.



Figur A-6. Snitt gjennom tak og gesims.

Taket over atriet, Figur A-7 og Figur A-8, består av korrugerte stålplater/glass på stålfagverksbjelker som er lagt opp på betongelementveggene på hver side. Glassfeltet i taket går langs ytterkant av taket, og har en bredde på ca. 3 meter.



Figur A-7. Snitt gjennom tak og vindu over atriet.

A2.2.3 Vinduer

U-verdi for glasset = $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Angitt U-verdi for hele konstruksjonen = $1,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Ref. fasadeleverandøren (Oddvar Åkeson hos Hubro)

Solfaktor = 0,33

Lystransmisjon = 0,48

A2.2.4 Glasstak

U-verdi for glass til glassfelter i atriets tak oppgitt fra rådgivende ingeniør bygg: $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Oppgitt solfaktor fra rådgivende ingeniør bygg er 0,56



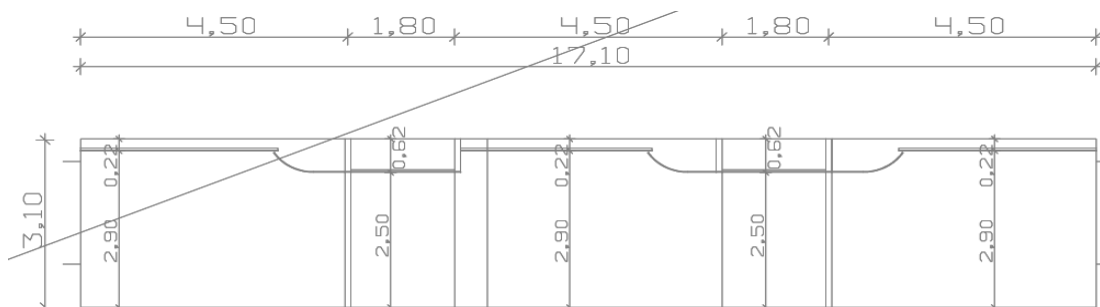
Figur A-8. Tak og vinduer over atriet. (Foto: SINTEF Byggforsk/ Jørn Stene)

A2.2.5 Etasjeskiller

Alle etasjeskiller inklusive dekke over grunn og tak over 6. etasje er laget av hulldekkeelementer. Deler av 6. etasje er inntrukket, og bæringen der består av stålsøyler og stålbjelker som fordeler lasten ned på hulldekkelementene under.

A2.2.6 Himlinger

Det er benyttet standard himlinger av presset mineralull. I alle rom består også deler av taket av YIT's Klimatak som er laget av tynne aluminiumsplater. Ventilasjonsluft blåses inn langs takflaten fra en spalt som dannes mellom platene i Klimataket og himlingen, se Figur A-6, Figur A-9 og Figur A-10.



Figur A-9. Snitt som viser himlinger og YIT Klimatak.



Figur A-10. YIT Klimatak. (Foto: SINTEF Byggforsk/ Jørn Stene)

A2.2.7 Skillevegg

Skillevegger i kontorarealene er bygd opp som lettvegger av en type som gjør at ombygginger lett kan gjøres. Figur A-5 viser hvordan lettvegger avsluttes mot yttervegg og vindu.

A2.2.8 Kuldebroer

Utenom vanlige kuldebroer som vinduskarmer/-rammer er ikke omfang av kuldebroer kjent. Det er benyttet $0,06 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ i SIMIEN-beregningene. Dette er tall oppgitt fra rådgivende ingeniør for bygget.

A2.2.9 Infiltrasjon

Det er ikke gjennomført infiltrasjonsmålinger.

Det forutsettes at bygget oppfyller myndighetenes krav til tetthet som gjaldt da bygget ble utført. Det er benyttet et lekkasjetall ved 50Pa lik 1,00 luftskifte /time i SIMIEN-beregningene. Dette er tall oppgitt fra rådgivende ingeniør for bygget. Årsaken er trolig at bygningen har stort volum i forhold til omhyllingsflatens areal.

A2.3. Fasader

A2.3.1 Beskrivelse vinduer og glassfelt

Alle vinduer i fasadene er utført av tolags glass. Det samme gjelder også glass i tak i atriet. Glass mellom atriet og kontorer er av tolags glass. Det er ikke kjent hva slags glasstype som er benyttet. Verdien har liten effekt på resultatene da temperaturen er tilnærmet lik på begge sider.

A2.3.2 Arealoversikt vinduer og glassfelt

Tabell A-1 og Tabell A-2 gir en oversikt over glassarealer for henholdsvis yttervegger og taket i atriet.

Tabell A-1. Oversikt over glassarealer for yttervegger.

Fasadeorientering	Nordøst, 6. etasje						Sum
	Nord	Øst	Sør	Sørvest	Vest		
Fasadeorientering, grader	34	76	112	180	276	292	
Areal per vindu, m ²	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	
Glassareal per vindu, m ²	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	
Antall vinduer	124	18	121	140	38	192	633
Vindusareal per fasade, m ²	495	72	483	559	152	766	2 526
Glassareal per fasade, m ²	446	65	436	504	137	691	2 279

Vindusarealet utgjør ca. 60% av totalt areal for fasadene.

Tabell A-2. Oversikt over vindusareal for taket i atriet.

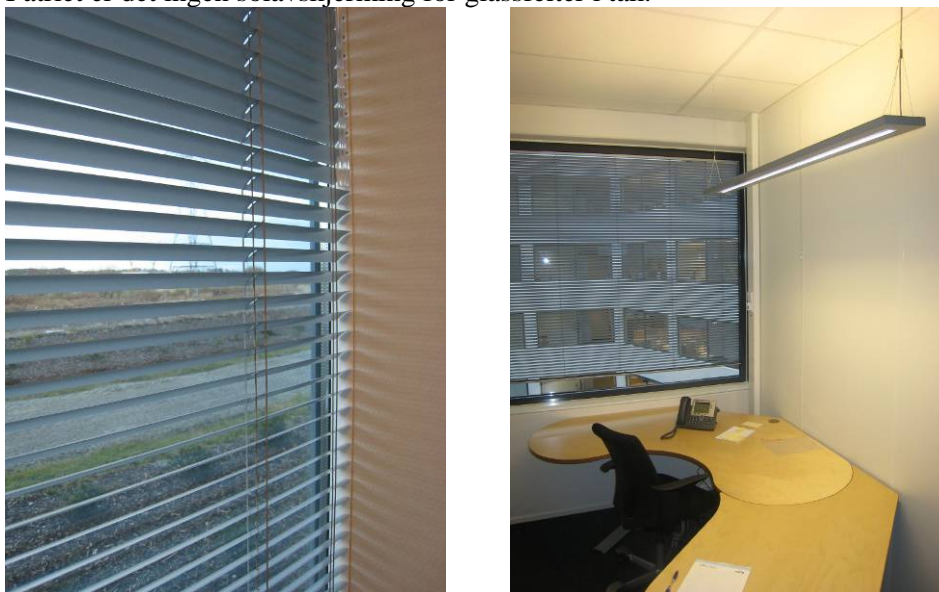
Fasadeorientering	Nord	Øst	Sør	Vest	Sum
Vindusareal tak i atrium, m ²	47,15	91,4	49,8	102,1	290,45

Total vindusareal for fasadene og tak er 2 816m². Dette utgjør 12,1% av oppvarmet bruksareal.

A2.3.3 Solavskjerming

For alle fasader er det brukt innvendige manuelt styrte persienner med hvite lameller. Samme løsning er også brukt for vinduer inn mot atriet (innvendige vinduer), Figur A-11.

I atriet er det ingen solavskjerming for glassfelter i tak.



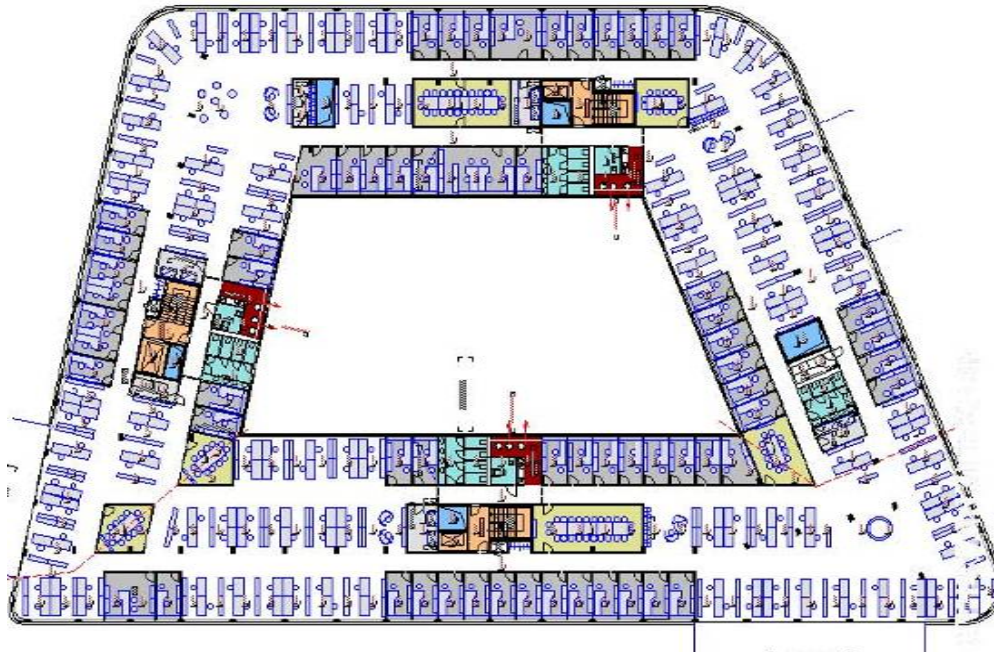
Figur A-11. Solavskjerming med hvite lameller i fasadevindu og innvendig vindu. (Foto: SINTEF Byggforsk/Jørn Stene)

A2.3.4 Dobbelfasade

Bygningen har ingen dobbelfasader.

A2.4. Gulvarealer og romvolum

Figur A-12 viser plantegning for en typisk etasje i Aibel-bygget.



Figur A-12. Plantegning for typisk etasje.

Bygningen har totalt ca. $23.300 m^2$ oppvarmet BRA. Parkeringskjeller er ikke regnet med i det oppvarmede arealet (Avkast fra aggregatene kjøres gjennom parkeringskjeller og ut gjennom rister, men det er her valgt å regne parkeringskjeller som uoppvarmet). Netto volum for bygningen eks. garasje er ca. $80.680 m^3$.

Det er total 1000 faste arbeidsplasser med dagens innredning (70 % landskap og 30 % cellekontorer).

Tabell A-3 og Tabell A-4 gir en oversikt over henholdsvis bygningens gulvarealer og etasjehøyder. Dette er kontor- eller resepsjonsarealer der ikke annet er beskrevet. Antall arbeidsplasser er beregnet ut fra at alle kontorarealer har lik bruk og at antall arbeidsplasser totalt er 1000.

Tabell A-3. Oversikt over gulvarealer.

Beskrivelse	Gulvareal [m ²]	Leietaker, 2008	Antall faste arbeidsplasser, 2008
Plan 1, nord (kjøkken, servering)	289	Aibel AS	3
Plan 1, øst (kjøkken, servering)	290	Aibel AS	3
Plan 1, nord	493	Aibel AS	25
Plan 1, øst	495	Aibel AS	5
Plan 1, vest	1.027	Aibel AS	35
Plan 1, syd	672	Aibel AS	34
Plan 1, atrium	709	Aibel AS	0
Plan 2, 3, 4 og 5 mot nord	782	Aibel AS	40
Plan 2, 3, 4 og 5 mot øst	785	Aibel AS	40
Plan 2, 3, 4 og 5 mot vest	1.262	Aibel AS	64
Plan 2, 3, 4 og 5 mot syd	826	Aibel AS	42
Plan 6, nord	644	Aibel AS	33
Plan 6, øst	646	Aibel AS	33
Plan 6, vest	1.040	Aibel AS	53
Plan 6, syd	680	Aibel AS	34
Plan kjeller, uoppvarmet	2.238	Aibel AS	0
Plan kjeller, oppvarmet	1.691	Aibel AS	0

- Underetasje: 3.929 m² BRA hvorav parkering: 2.238 m² BRA
- Plan 1: 2668 m² kontor-rom¹⁾ hvorav 135 m² trapper og heissjakter og ca 278 m² resepsjon. I tillegg 578 m² kjøkken og serveringsområde pluss 709 m² atrium
- Plan 2: ca 3.656 m² BRA kontorer¹⁾ hvorav 135 m² trapper og heissjakter.
- Plan 3: ca 3.656 m² BRA kontorer¹⁾ hvorav 135 m² trapper og heissjakter.
- Plan 4: ca 3.656 m² BRA kontorer¹⁾ hvorav 135 m² trapper og heissjakter.
- Plan 5: ca 3.656 m² BRA kontorer¹⁾ hvorav 135 m² trapper og heissjakter.
- Plan 6: ca 3.010 m² BRA kontorer¹⁾ hvorav 135 m² trapper og heissjakter.

De fleste parkeringsplasser ligger utenfor bygget.

Tabell A-4. Oversikt over etasjehøyder i bygningen.

	Romhøyde for ok gulv til uk dekke (m)	Høyde fra ok gulv til ok gulv (m)
Underetasje	2,5	2,8
Plan 1	4,22	4,5
Plan 2	3,1	3,4
Plan 3	3,1	3,4
Plan 4	3,1	3,4
Plan 5	3,1	3,4
Plan 6	3,1	3,4

¹ Toaletter, tekjøkken, møterom og patchrom er inkludert i arealet for kontorene.

Oppgitt bruttoareal (BTA) for underetasje er 4.019 m^2 . Bruksarealet (BRA) er oppgitt til 3.954 m^2 . Bruttoarealet for plan 1 vil være noe større fordi fasadekledningen stikker 170 mm utenfor underetasjen ytterbegrensning. Bruttoarealet for plan 1 anslås ut fra dette til å være ca. 4.040 m^2 .

Konklusjon – bygningen har følgende arealeffektivitet og kompaktfaktor:

- Fasadeareal / Oppvarmet romvolum **0,065**
 - Fasadearealet er ca 5.262 m^2 . Bygningens oppvarmede volum beregnet ut fra at BRA for plan 0 til 6 er ca. 80.700 m^3 .
- Surface-to-volume ratio **0,16**
 - (Omhylningsflate/Volum) – Omhylningsarealet er ca 13.200 m^2 . Bygningens oppvarmede volum beregnet ut fra at BRA for plan 0 til 6 er ca. 80.700 m^3 .
- Areal effektivitet **21,6 m^2 per person**
 - Regner med alle arealer unntatt underetasjen, $21.609 \text{ m}^2/1.000$

A3. VVS-teknisk

A3.1. Energiforsyning

Bygningens energiforsyning består av fjernvarme, fjernkjøling og elektrisitet.

A3.1.1 Fjernvarme

Fjernvarmen og fjernkjøling kjøpes fra Lyse energi AS.

A3.1.2 Plassering tekniske installasjoner

Teknisk rom er plassert i underetasjen. Begge ventilasjonsaggregatene samt undersentraler (varmevekslere) for fjernvarme og fjernkjøling er plassert i samme rom. Avtrekksvifter for toaletter og kjøkken er plassert på tak. Luft fordeles vertikalt via fem sjakter. Figur A-13 viser bilder fra teknisk rom.



Figur A-13. Rørføring i teknisk rom samt platevarmevekslere for fjernvarme og fjernkjøling. (Foto: SINTEF Byggforsk/ Jørn Stene)

A3.1.3 Energimåling

Aibel AS betaler strømrregningen.

Bygningen har følgende energimålere:

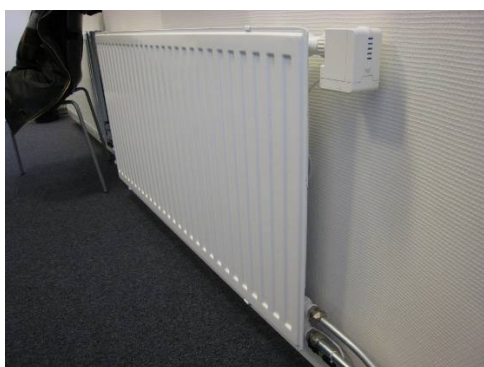
- To energimålere for fjernvarme, én for romoppvarming og ventilasjon og én for tappevann
- Én energimåler for fjernkjøling
- Én energimåler for elektrisitet – *dvs. ingen mulighet for måling av formålsdelt el.bråk*

A3.2. Oppvarming

A3.2.1 Kontorer

Kontorene varmes opp ved hjelp av radiatorer som er plassert under vinduene, Figur A-14. Tur-/returtemperatur for radiatorene ved dimensjonerende utetemperatur (DUT) er:

- Vann – turtemperatur: 70°C
- Vann – returtemperatur: 40°C



Figur A-14. Radiator med radiatorventil. (Foto: SINTEF Byggforsk/ Jørn Stene)

I følge driftsansvarlig er ønsket temperatur i kontorlandskapene satt i området 20 til 23°C avhengig av fasadeorientering. Da romløsningen er åpen vil nok i praksis temperaturene bli mindre forskjellig enn dette i praksis. I cellekontorene kan brukeren ved hjelp av PC selv sette ønsket temperatur.

Dødbåndet mellom oppvarming og kjøling er 1°C.

A3.2.2 Atriet

Atriet varmes opp ved hjelp av vannbaserte varmestrips plassert 3 meter opp på vegg.

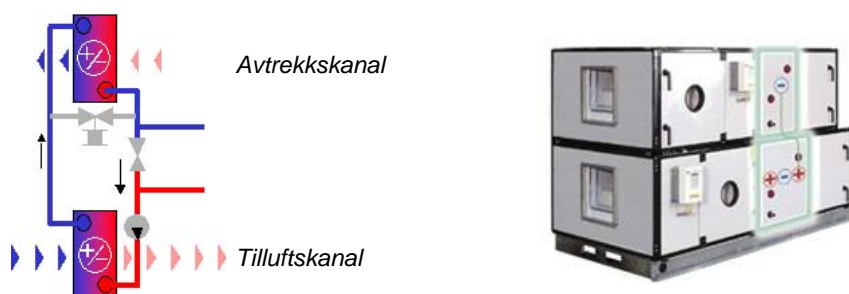
A3.3. Varmtvann

Varmtvann beredes fra fjernvarme. Utgående vanntemperatur reguleres til 55°C.

A3.4. Ventilasjon

Bygget ventileres/kjøles med klimatak fra YIT AS. Se Figur A-10. Ventilasjonen er behovsstyrt med bevegelsesdetektorer i cellekontorer og fra CO₂-følere i landskap. Varmegjenvinningssystemet er av type *Econet*, dvs. væskekoblede gjenvinnere som kan benyttes både til oppvarming og kjøling av tilluften, Figur A-15 (FläktWoods). Systemet har ingen luftlekkasje mellom tilluft og avtrekksluft, og det benyttes kun én varmeveksler i hver kanal (lavt trykktap).

Tabell A-5 gir en oversikt over ventilasjonsaggregatene med hensyn til plassering, nominell luftmengde, type varmegjenvinner og virkningsgrad, Tabell A-6 gir en oversikt over plassering av luftinntak og avkast, Tabell A-7 viser settpunkt-temperaturer for ventilasjonsaggregatene mens Tabell A-8 viser driftstider for ventilasjonsaggregatene.



Figur A-15. Econet varmegjenvinningssystem for ventilasjonsanlegg (FläktWoods).

Tabell A-5. Oversikt over ventilasjonsaggregater, aggregatnummer, plassering, nominell luftmengde, type varmegjenvinner, virkningsgrad og sonedeling.

Aggregat nr.	Rom	Nominell luftmengde [m ³ /h]	Type varmegjenvinner	Lufttilførsel til:
36.01	Teknisk rom i underetasje	100.000	Econet, oppgitt virkningsgrad = 0,64	Østre del av bygning
36.02	Teknisk rom i underetasje	100.000	Econet, oppgitt virkningsgrad = 0,64	Vestre del av bygning

Tabell A-6. Plassering av luftinntak og avkast.

Aggregat nr.	Inntak	Avkast
36.01	Tak, felles med 3602	Via parkeringskjeller og rister ved garasjeport
36.02	Tak	Via parkeringskjeller og rister ved garasjeport

Tabell A-7. Settpunkt-temperatur for ventilasjonsaggregater.

Aggregat nr.	Vinter	Sommer
36.01	18°C	14°C
36.02	18°C	14°C

Tabell A-8. Driftstider for ventilasjonsaggregater.

Aggregat nr.	Driftstider Mandag-fredag	Driftstider Helg	Kommentarer
36.01	06:00 til 19:00	06:00 til 16:00	Utenom driftstid kjøres aggregatene på redusert kapasitet.
36.02	06:00 til 19:00	06:00 til 16:00	Fra kl 06:00 tilføres grunnventilasjonsluftmengde dersom ingen er til stede.

A3.4.1 Atriet

Bygningen har ingen avtrekkskanaler. Luft strømmer til atriet fra kontordelene gjennom åpninger i veggene, Figur A-16. Åpningene er laget ved at det ikke er montert glass i øvre del av vinduene i tekjøkkene som vender mot atriet. Det er tre åpninger i hver etasje, og totalt 6 etasjer. Fra atriet strømmer luften gjennom et avtrekk som er plassert på gulvet og rett ned til teknisk rom, Figur A-16. Avtrekkstemperaturen er ca. 23-23,5°C.



Figur A-16 Vindusåpninger for utstrømning av avtrekksluft gjennom tekjøkken i hver etasje samt avtrekksjakt plassert på gulvet i atriet. (Foto: SINTEF Byggforsk/ Jørn Stene)

A3.5. Kjøling

Bygningens kjølesystem har dimensjonerende tur/returtemperatur 9/16°C. Hvis mulig benyttes frikjøling (kald natteluft) til å dekke romkjøling. Det er kun noen få rom som har lokal kjøling i form av fan coil-enheter. Tur-/returtemperaturen for disse er 12/17°C.

A3.6. Inneklima

Det er tidligere utført en spørreskjemaundersøkelse på oppdrag for YIT AS av Ragnhild Wiik i IRIS.

Spørreundersøkelsen var omfattende og rettet mot å måle produktivitet. Den ble gjennomført før medarbeiderne flyttet inn i Aibelbygget, og ca. ett år etter innflytting. Flyttingen medførte at medarbeiderne opplevde luftkvaliteten som bedre og at SBS-symptomene ble sterkt redusert. En ting som blir oppfattet som negativt i Aibel-bygget er stemmer fra andre for de som sitter i landskap.

A3.7. Effekt-energibruk pumper-vifter (SFP-SPP)

SFP for ventilasjon er oppgitt til 2 kW/(m³/s).

A3.8. Reguleringsteknisk

Sentralt reguleres Econet-systemets ventiler for kjølevann, gjenvinning og oppvarming i sekvens slik at ønsket tilluftstemperatur oppnås. En trykkløser regulerer via frekvensomformer

tilluftsviftene slik at ønsket trykk i tilluftskanalen oppnås (150 Pa). Avtrekksviften går som slave av tilluftsviften.

Anlegget tidsstyres innenfor brukstiden. Dersom det er varmt i været går anlegget over til frikjøling om natten (kjøling med relativt kald natteluft).

Spjeld åpner for tilluft til kantine når kjøkkenventilator aktiveres.

Avtrekk fra toalett tidsstyres som hovedsystemet.

I cellekontor aktiverer bevegelsesdetektor via EIB-systemets første trinn i VAV-enheten. Dette er en enhet som er plassert i Klimataket og som har to spjeldstyrte åpninger og en åpning som alltid er åpen. Ut fra ønsket temperatur reguleres via EIB-systemet (KNX) radiatorventil og VAV-enhet. Det tar 20 minutter etter at siste bevegelse er detektert før ventilasjonen reduseres. *KNX* er en løsning hvor "intelligens" er bygd inn i alle produkter. Det er benyttet kablet forbindelse for å unngå et stort antall enheter hvor batterier må byttes regelmessig.

I kontorlandskapne aktiverer CO₂-sensor via EIB-systemet første trinn i VAV-enheten. Ut fra ønsket temperatur reguleres via EIB-systemet radiatorventil og VAV-enhet.

Alle temperatursensorer er recalibrert etter at de ble montert.

A4. Elektroteknisk

A4.1. Lys og lysstyring

Lyset er behovsstyrt via bevegelsesdetektorer. Det tar 20 minutter etter at siste bevegelse er detektert før lyset slukkes.

Belysningen består av nedhengte lysrørarmaturer i både kontorene og i landskapene, med en armatur per arbeidsplass i kontorene og to arbeidsplasser per armatur i landskapene. Armaturen er av type Luceo 1 x 80 watt fra Trilux (lysrør/plasma, T5). Effekten er oppgitt til å være 10 W/m². Ut fra en samtidighetsbetraktning er det av RIE anslått at gjennomsnittelig effekt er 6,4 W/m².

A5. Annet

A5.1. Diverse infrastruktur

Det er tre heiser i bygget. Effekt er ikke kjent.

Hovedinngangen mot resepsjon har dørsluse. Øvrige innganger har enkeltdører mot gang som leder fram til heis og trappesjakt.

A5.2. Kantine/kjøkken

Det er antatt 30 kW installert effekt i teknisk utstyr på kantinekjøkken. Varmen som avgis fra dette utstyret vil fjernes direkte via kjøkkenavtrekket. Varmen tilkommer derfor ikke bygningen da dette avtrekket ikke går via varmegjenvinneren.

Driftstiden for kjøkken er 11.00-14.00 mandag til lørdag.

A6. Brukerteknisk

A6.1. IT-installasjoner

For hver arbeidsplass (PC) er det regnet 120 W, dette tilsvarer ca. 6 W/m². I Simien-simuleringen (Kapittel 1.6) er dette tallet økt til 8W/m².

I hver etasje er det to såkalte patch-rom. Patchrommene kjøles med luft som tas fra landskapene og føres tilbake til landskapene. Det er i tillegg to datarom i kjeller pluss ett UPS-rom. Effektbehovet for teknisk utstyr i patch-rom i og utenfor driftstid antas å være 50 kW. Patch-rommene kjøles vanligvis kun med ventilasjonsluft, men er utstyrt med fan coil-enheter for spisslastkjøling og back-up.

A6.2. Brukerstyring

I cellekontorene kan settpunktet for romtemperaturen settes av bruker via PC. For kontorlandskapene settes verdien av driftspersonalet.

A6.3. Energioppfølging

Bygningen er tilkopledd e-drift som er et system etablert av YIT. Det vil si at SD-anlegget er tilkopledd en sentral server som betjener 45 norske bygninger. Tanken er å bruke dette til energioppfølging.

A7. Registrert levert energi

Det foreligger kun målinger for 2008, se Tabell A-9.

Tabell A-9. Målt levert med graddagskorrigeringer for Sola og Oslo

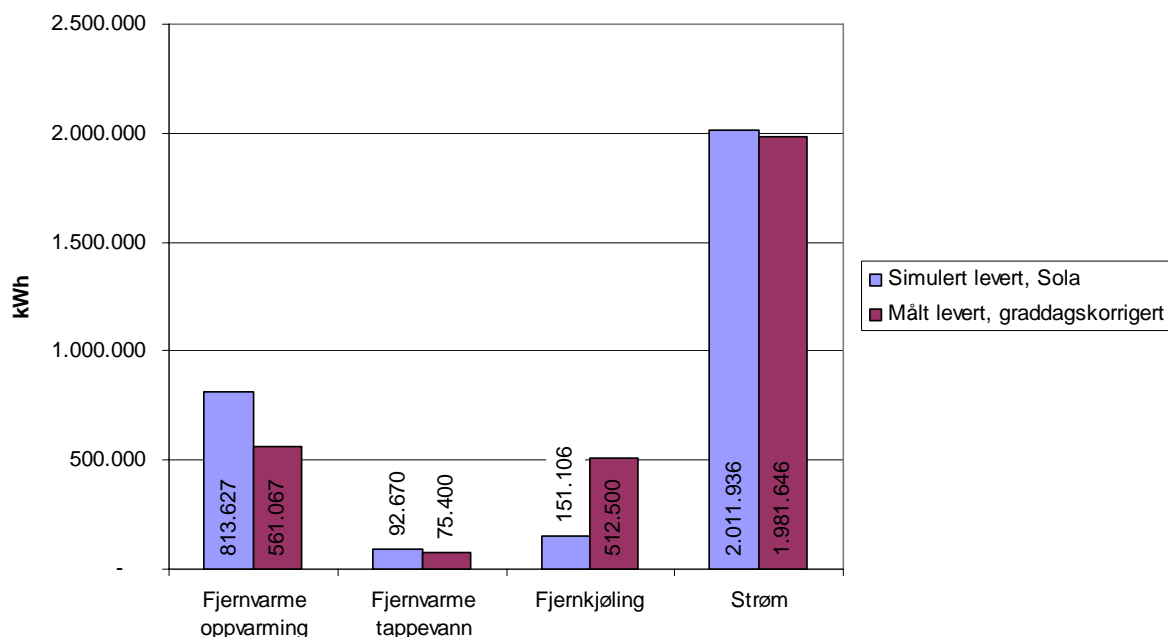
	Målt levert [kWh/år]	Målt levert, graddagskorrigert Sola [kWh/år]	Levert energi, graddagskorrigert Oslo [kWh/år]
Varme 1	476.940	561.067	683.658
Varme 2 (Tappevann)	75.400	75.400	75.400
Kjøling	512.500	512.500	512.500
Strøm	1.981.646	1.981.646	1.981.646
Sum	3.046.486	3.130.613	3.253.204
Graddager Sola 2008		2.914	
Graddager Sola normalår		3.428	
Graddager Oslo normalår		4.177	

A8. Beregnet levert energi

Aibel-bygget er simulert med dataprogrammet *Simien*².

Figur A-17 viser en sammenligning av målt og simulert forbruk for Aibel-bygget. Driftstiden i måleperioden har vært 85 timer per uke. Tabell A-10 viser de tilsvarende spesifikke verdiene. Målingene er gjort på sekundærsiden i varmesentralen. Elektrisitetsforbruket viser god overensstemmelse fordi simuleringen er tilpasset til måleresultatene gjennom å justere posten teknisk utstyr. Energiforbruket til tappevannsvarming viser god overensstemmelse mellom målt og simulert verdi. For kjøling er målt kjølebehov vesentlig større enn simulert. Dette skyldes i stor grad at sommeren 2008 var vesentlig varmere enn normalt, se Figur A-18.

² *SIMIEN* (SIMulering av Inneklima og ENergibruk i bygninger) utfører dynamiske simuleringer av tilstanden i bygninger. Bruksområdet er beregning av energibehov, validering av inneklima og dimensjonering av oppvarmingsanlegg, ventilasjonsanlegg og romkjøling. <http://www.programbyggerne.no/>



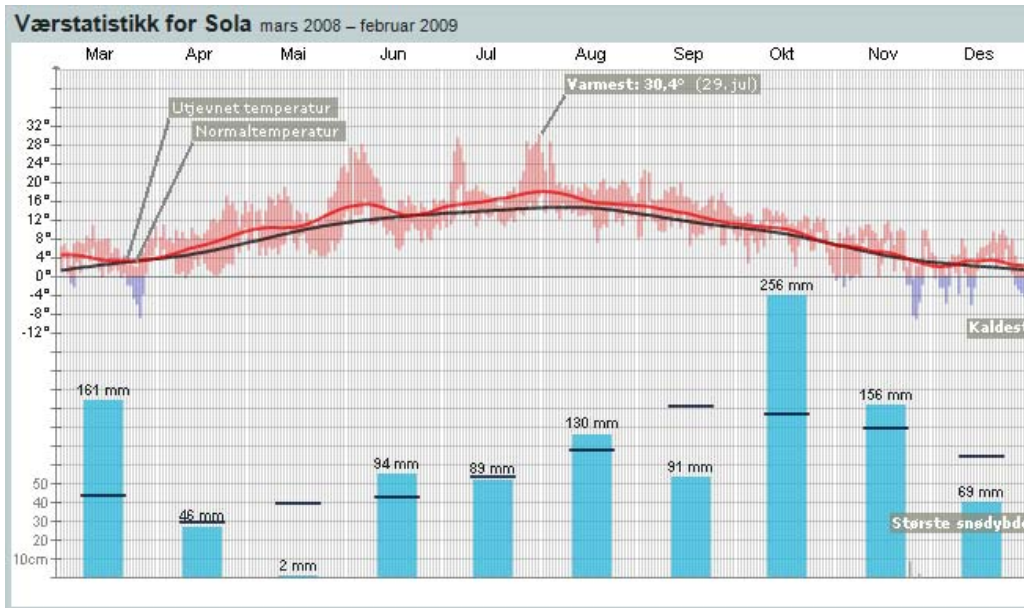
Figur A-17. Sammenligning av målt og simulert levert årlig energimengde til Aibel-bygget. Måleverdiene for romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft er graddagskorrigeret.

Figur A-17 viser også at målt energibruk til oppvarming og ventilasjon er en god del lavere enn simulert. Ut fra de begrensede måldata som foreligger er det vanskelig å si hva dette skyldes. Noen usikkerhetsmomenter er:

- Ventilasjonen er simulert med VAV med en antagelse om ca. 60% tilstedeværelse. Det er usikkert hvor stort dette tallet i virkeligheten er. I følge opplysninger fra ESS Support Services ligger tallet høyere enn dette.
- Det er kun benyttet en enkel graddagskorrigering for de målte verdiene for romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft (fjernvarme) for å regne om fra normalår til 2008.
- Simien regner trolig med konstant virkningsgrad for gjenvinner. I virkeligheten vil virkningsgraden øke når luftmengden reduseres.

Tabell A-10. Sammenligning av måling og simulering, spesifikke verdier. Oppvarming er graddagskorrigeret.

Vardebærer	Målt levert, graddagskorrigeret [kWh/m ²]	Simulert levert [kWh/m ²]	Avvik [kWh/m ²]	Avvik i forhold til målt verdi, prosent
Fjernvarme – romoppvarming og ventilasjonsvarme	24,1	34,9	10,8	45 %
Fjernvarme – oppvarming av tappevann	3,2	4,0	0,7	23 %
Fjernkjøling	22,0	6,5	-15,5	- 71 %
Elektrisitet	85,0	86,3	1,3	- 2 %
Sum	134,4	131,7	-2,6	- 2 %

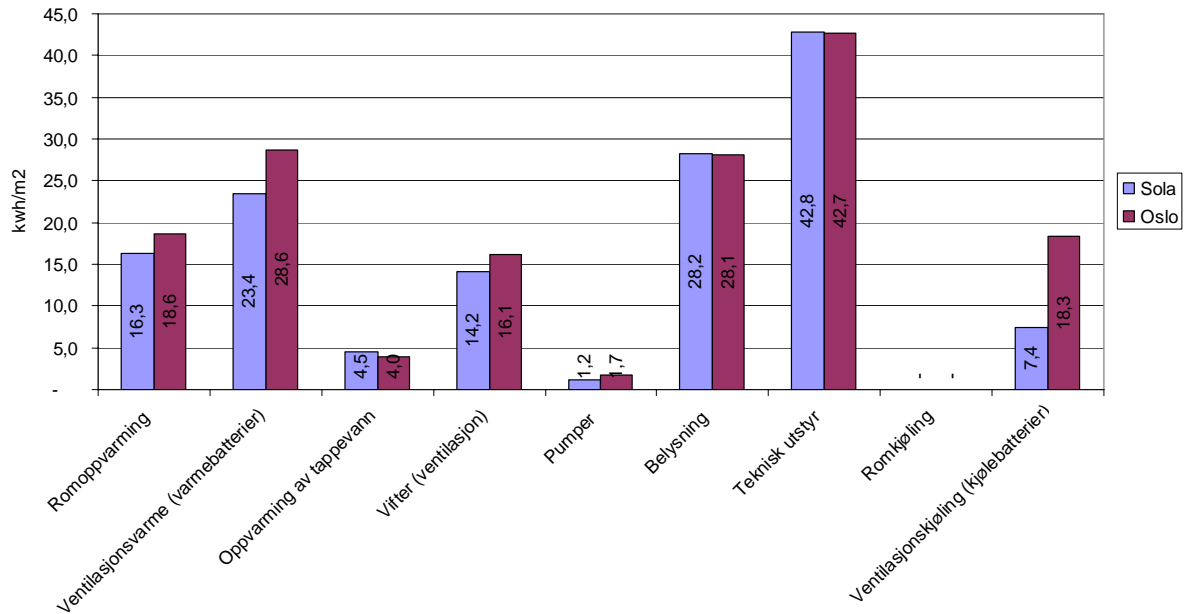


Figur A-18. Værstatistikk for Sola 2008 (kilde: Yr.no).

Tabell A-11 viser detaljert simulert energibudsjett med klimadata for Sola, mens Figur A-19 viser en sammenligning av simulert levert energi ved bruk av klimadata for Sola og Oslo.

Tabell A-11 Simulert energibudsjett, systemvirkningsgrader og levert energi.

Formål	Energi- budsjett [kWh]	System- virknings- grader [-]	Levert energi [kWh]	Spesifikt forbruk [kWh/m ²]
Romoppvarming	293.226	0,88	333.211	14,3
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	442.766	0,88	480.416	20,6
Oppvarming av tappevann	81.550	0,88	92.670	4,0
Vifter (ventilasjon)	330.011	1,00	330.011	14,2
Pumper	27.561	1,00	27.561	1,2
Belysning	656.789	1,00	656.789	28,2
Teknisk utstyr	997.575	1,00	997.575	42,8
Romkjøling	-	0,88	-	-
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	132.973	0,88	151.106	6,5
Totalt	2.942.451		3.069.339	131,7



Figur A-19. Sammenligning av simulert levert energi ved bruk av klimadata for Sola og Oslo.

A9. Netto energibehov

A9.1. Beregnet netto energibehov (driftsbetingelser iht. NS3031)

Evalueringen er gjort med to ulike sette med verdier. I det første settet er evaluering av bygningen gjort "som den er". I tabellene er dette kalt evaluering av virkelig bygning med VAV. Tabell A-12 til og med Tabell A-15 viser resultater fra evaluering mot NS 3031. Som det går fram av dette tilfredsstilles den totale energirammen for kontorbygninger, men blant annet varmetapstallene er ikke tilfredsstilt. I Tabell A-15 er det i tillegg vist en beregning (ikke som evaluering) med hvor bygningen er flyttet fra Sola til Oslo.

Tabell A-13 viser at midlere årsvirkningsgrad for all ventilasjon er ca. 48 % med VAV. Temperaturvirkningsgraden som er benyttet for VAV-delen av ventilasjonen er 64 %. For toaletter og kjøkkenavtrekk er det regnet med CAV uten varmegjenvinning. Middelet av dette blir 48 %. Frostsikring vil også bidra til å redusere virkningsgraden, men dette gir ubetydelige utslag når virkningsgraden er så lav som 64 %. En feilkilde er at det i simuleringen ikke tas hensyn til at virkningsgraden øker med avtakende luftmengde.

I det andre settet er det luftmengder, varmegjenvinner og infiltrasjon endret til å overensstemme med minimumskrav i NS 3031. Bygningen tilfredsstiller da ikke energirammen. På grunn av toaletter og kantine ikke har gjenvinning vil varmetapstallet for ventilasjon ikke tilfredsstilles.

Tabell A-12. Resultat av evalueringen. I evaluering med CAV er det benyttet 6,75 m³/h/m² (80% av nominell mengde) og roterende gjenvinner med 70 % virkningsgrad. Kantine og toaletter har ikke gjenvinning.

Evalueringskriterium	Evalueringskriterium	Evalueringskriterium
Evalueringskriterium	Evaluering virkelig bygning med VAV	Evaluering med CAV
Energiltak	Bygningen tilfredsstillende ikke kravene til energiltak i paragraf §8-21 a	Bygningen tilfredsstillende ikke kravene til energiltak i paragraf §8-21 a
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstillende ikke omfordeling energiltak (varmetapstall) ihht. §8-21 a	Bygningen tilfredsstillende ikke omfordeling energiltak (varmetapstall) ihht. §8-21 a
Energiramme	Bygningen tilfredsstillende energirammen ihht. §8-21 b	Bygningen tilfredsstillende ikke energirammen ihht. §8-21 b
Minstekrav	Bygningen tilfredsstillende minstekravene i §8-21 c	Bygningen tilfredsstillende minstekravene i §8-21 c
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstillende ikke minstekrav gitt i NS3031:2007 (tabell A.6)	Luftmengdene tilfredsstillende minstekrav gitt i NS3031:2007 (tabell A.6)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstillende ikke byggeforskriftenes energikrav	Bygningen tilfredsstillende ikke byggeforskriftenes energikrav

Tabell A-13. Energiltak (§8-21 a), I evaluering med CAV er det benyttet 6,75 m³/h/m² (80% av nominell mengde) og roterende gjenvinner med 70 % virkningsgrad. Kantine og toaletter har ikke gjenvinning

Beskrivelse	Krav	Evaluering virkelig bygning med VAV	Evaluering med CAV
Samlet glass-, vindus og dørareal delt på bruksarealet [%]	20.0	12,4	12,4
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0.18	0.22	0,22
U-verdi tak [W/m ² K]	0.13	0.16	0,16
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0.15	0.14	0,14
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	1.20	1.27	1,27
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0.06	0.06	0,06
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1.50	1.00	1,0
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	70	48	61
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	2.00	2.00	2,0
Lokal kjøling er ikke tillatt i tiltaksmodellen	-	-	-

Tabell A-14. Omfordeling energiltak (§8-21 a, varmetapstall). I evaluering med CAV er det benyttet 6,75 m³/h/m² (80% av nominell mengde) og roterende gjenvinner med 70 % virkningsgrad. Kantine og toaletter har ikke gjenvinning

Beskrivelse	Krav [W/m ² K]	Evaluering virkelig bygning med VAV [W/m ² K]	Evaluering med CAV [W/m ² K]
Varmetapstall yttervegger	0.02	0.03	0.03
Varmetapstall tak	0.02	0.03	0.03
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0.03	0.03	0.03
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0.24	0.19	0.16
Varmetapstall kuldebroer	0.06	0.06	0.06
Varmetapstall infiltrasjon	0.11	0.07	0.07
Varmetapstall ventilasjon	0.25	0.43	0.64
Totalt varmetapstall	0.74	0.84	1,0
Lokal kjøling er ikke tillatt i tiltaksmodellen	-	-	-

Tabell A-15. Energiramme (§8-21 b, samlet netto energibehov). I evaluering med CAV er det benyttet 6,75 m³/h/m² (80% av nominell mengde) og roterende gjenvinner med 70 % virkningsgrad. Kantine og toaletter har ikke gjenvinning

Beskrivelse	Virkelig simulert bygning flyttet til Oslo kWh/m ²	Evaluering virkelig bygning med VAV kWh/m ²	Evaluering med CAV kWh/m ²
Beregnet energibehov romoppvarming	16,4	12,0	34,4
Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	25,2	25,2	30,7
Beregnet energibehov oppvarming av tappevann	3,5	5,0	5
Beregnet energibehov vifter (ventilasjon)	16,1	9,2	19,8
Beregnet energibehov pumper	1,7	1,8	2,1
Beregnet energibehov belysning	28,1	25,1	25,1
Beregnet energibehov teknisk utstyr	42,7	34,5	34,5
Beregnet energibehov romkjøling	0	8,1	0,6
Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	16,1	12,4	20,8
Totalt beregnet energibehov	149,8	133,2	173,0
Forskriftskrav netto energibudsjett		165	165

A9.2. Beregnet netto energibehov (reelle driftsbetingelser)

Tabell A-16. Netto spesifikt energibehov og spesifikt levert energi, Sola

Formål	Netto spesifikt energibehov [kWh/m ²]	Spesifikt levert energi [kWh/m ²]
Romoppvarming	12,6	14,3
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	18,1	20,6
Oppvarming av tappevann	3,5	4,0
Vifter (ventilasjon)	14,2	14,2
Pumper	1,2	1,2
Belysning	28,2	28,2
Teknisk utstyr	42,8	42,8
Romkjøling	-	-
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	5,7	6,5
Totalt	126,3	131,7

A9.3. Avvik mellom normverdi i NS 3031:2007 og reelle driftsbetingelser

Se Tabell A-12 til og med Tabell A-15.

A10. Konklusjon / forbedringspotensial

Noen konklusjoner:

- Målt levert graddagskorrigert energi er 134,4 kWh/m² mot simulert 131,7 kWh/m².
- Simulert levert energi til kjøling stemmer dårlig med målte verdier ved simulert verdi ligger vesentlig lavere enn målt verdi. Kan forklares med at sommeren var varmere enn normalen for det året det foreligger målinger.
- Også for oppvarming er det et relativt stort avvik, men her ligger simulert verdi vesentlig høyere enn målt verdi
- For de andre postene ble det ved å gjøre rimelige tilpasninger i input til Simien oppnådd god overensstemmelse med målingene. Totalt avvik blir derfor at simulert ligger 5 % lavere enn målt verdi.
- Den relativt lave energibruken oppnås fordi det brukes behovsstyrt ventilasjon.

Ved å gjennomføre noen forbedringer kunne energibruken vært redusert:

- Avtrekksluft fra toaletter kan kjøres gjennom varmegjenvinner. Det vil fungere greit siden det i denne bygningen brukes en gjenvinnertype som ikke kan overføre lukt. Sjaktene for avtrekket er ført ned til kjeller.
- Varmegjenvinner med høyere virkningsgrad. En roterende gjenvinner ville gitt vesentlig høyere virkningsgrad. En av årsakene til at dette ikke ble valgt i utgangspunktet var begrenset takhøyde i tekniske rom. Den valgte typen gjenvinner har den fordel at den gir lavere returtemperatur i fjernvarmenettet.
- Utvendig avskjerming av vinduer. Bygningen har innvendig avskjerming. Hadde utvendig avskjerming vært benyttet ville kjølebehovet vært lavere.
- For å nå kravet til netto energibehov må U-verdiene for yttervegger, tak og vinduer forbedres.

Bravida-bygget i Fredrikstad

B.	Bravida-bygget i Fredrikstad	54
B1.	Generell beskrivelse	54
B1.1.	Adresse	55
B1.2.	Beliggenhet	55
B1.3.	Eie- og driftsforhold	56
B1.4.	Byggets historikk	56
B2.	Bygningsteknisk	57
B2.1.	Grunnforhold	57
B2.2.	Byggemetode	58
B2.3.	Fasader	59
B2.4.	Gulvarealer og romvolum	63
B3.	VVS-teknisk	64
B3.1.	Energiforsyning	64
B3.2.	Oppvarming	67
B3.3.	Varmtvann	68
B3.4.	Ventilasjon	68
B3.5.	Kjøling	69
B3.6.	Inneklima	69
B3.7.	Effekt-energi bruk pumper-vifter (SFP-SPP)	69
B3.8.	Reguleringsteknisk	69
B4.	Elektroteknisk	70
B4.1.	Lys og lysstyring	70
B5.	Annet	71
B5.1.	Diverse infrastruktur	71
B5.2.	Kantine – Kjøkken	71
B6.	Brukerteknisk	72
B6.1.	IT-installasjoner	72
B6.2.	Brukerstyring	72
B6.3.	Energioppfølging	72
B7.	Registrert levert energi	72
B8.	Beregnet levert energi	76
B9.	Netto energibehov	76
B9.1.	Avvik mellom normverdi i NS 3031:2007 og reelle driftsbetingelser	77
B10.	Konklusjon / forbedringspotensial	77

B. Bravida-bygget i Fredrikstad

B1. Generell beskrivelse

Bravida-bygget sto ferdig i 2002 og ligger 5 minutter unna Fredrikstad sentrum, langs RV109. Bygget går over 3 etasjer, alle over bakkeplan. Bygget er kompakt og langt. Det består av 2 nesten rektangulære deler knyttet sammen med en glassgård. Glassgården rommer vestibyle, heis og hovedtrapp. Brutto gulvareal er ca. 6.000 m². Bygget består hovedsakelig av kontorer, med et forretningsareal på plan 1. Et areal på ca. 1.000 m² (utleiearealet på plan 3, hele syd fløy) har aldri vært i bruk. Parkeringsplasser ligger utenfor bygget, på øst og syd siden.

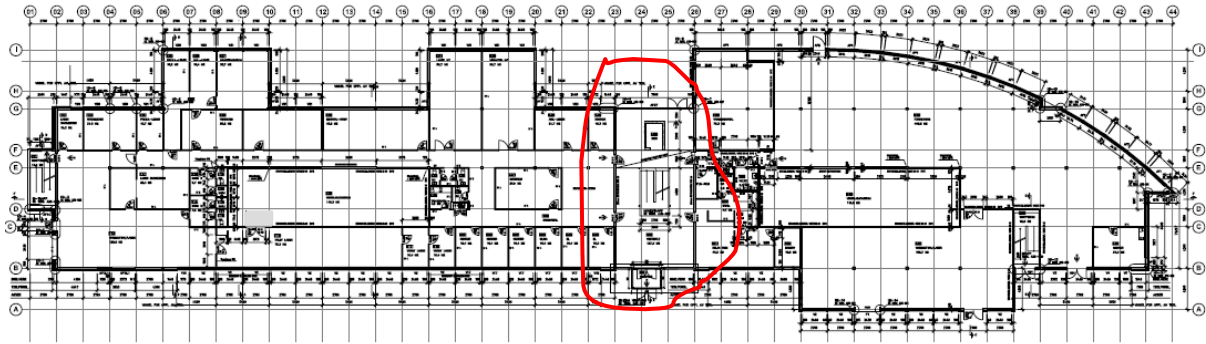


Bravidahuset sett ovenfra (Flyfoto: Eniro Norge AS)

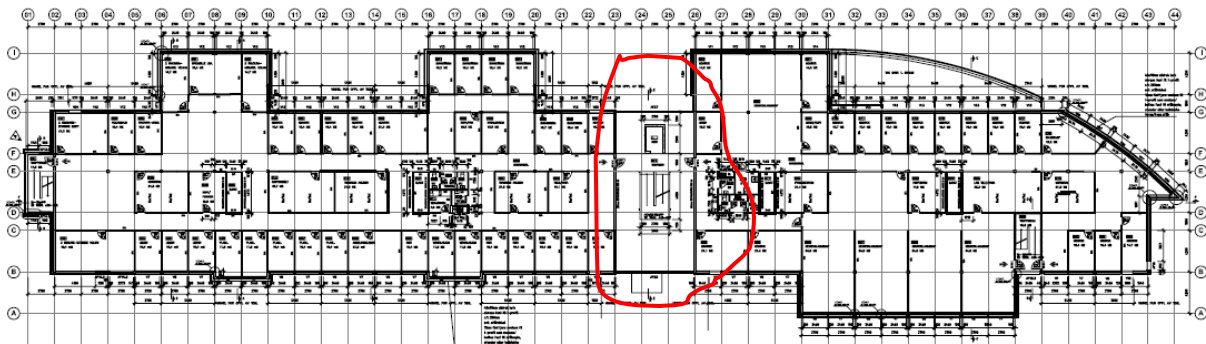


Bravidahuset sett fra syd. Langfasade mot øst og sydfasade dekket med solfanger. Parkeringsplasser ligger utenfor bygget (Foto: SINTEF Byggforsk/ Matthias Haase)

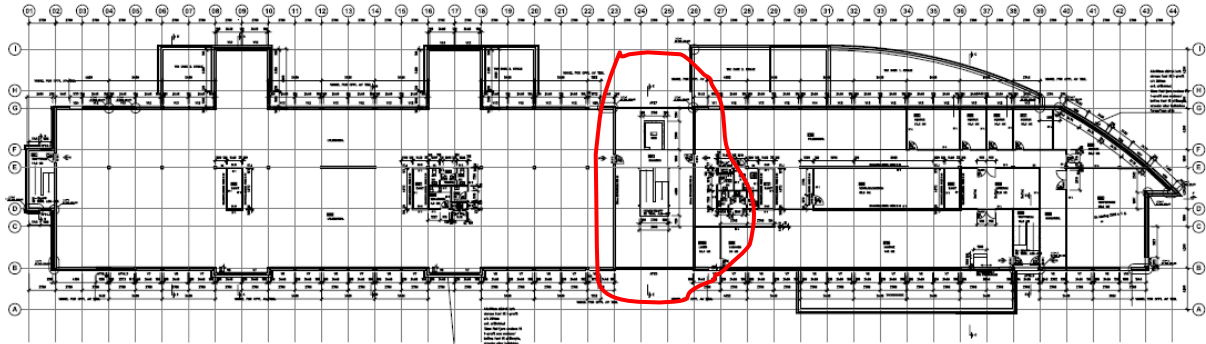
Figur B-1. Oversiktbilder for Bravidahuset i Fredrikstad



Plantegning 1. etasje (Arkitekttegning datert 10.10.2002 / Multiconsult GEAS AS)



Plantegning 2. etasje (Arkitekttegning datert 31.05.2002 / Multiconsult GEAS AS)



Plantegning 3. etasje (Arkitekttegning datert 10.10.2002 / Multiconsult GEAS AS)

Figur B-2. Plantegninger ved detaljprosjektering, Bravidahuset i Fredrikstad. Glassgård vises i midten (innenfor rødt omriss). Sydfly ligger på venstre side av glassgården på plantegningene. Nordfly ligger på høyre side.

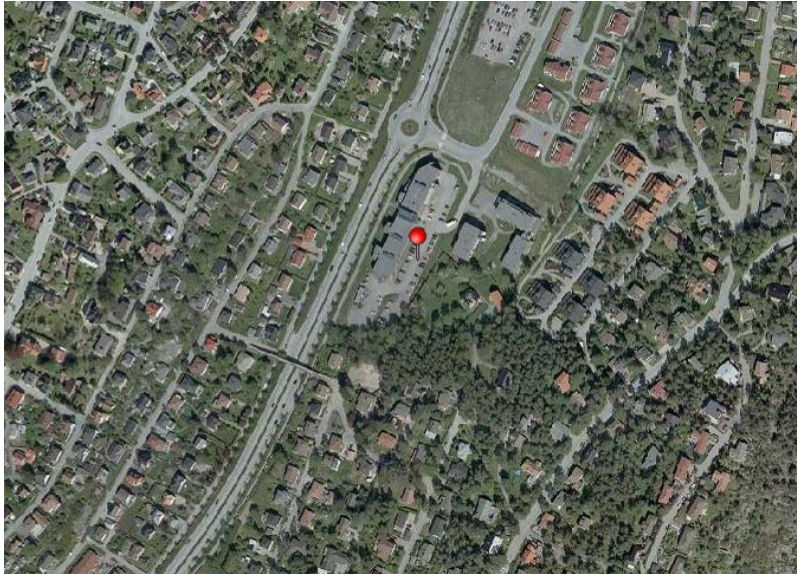
B1.1. Adresse

Wilbergjordet 1
1605 Fredrikstad

B1.2. Beliggenhet

B1.2.1 Orientering

Hovedfasadene til bygget er orientert øst-syd-øst (fasade mot parkeringsplassen) og vest-nord-vest. (fasade mot RV109).



Figur B-3. Beliggenhet til Bravidahuset (Flyfoto: Eniro Norge AS)

B1.2.2 Terrengskjerming

Bravidahuset ligger på en flat tomt langs RV109, på et område med noen boligfelter og noen kontorbygg. Bygget står fritt. Bebyggelse på øst og vest siden skjerner litt horisonten ($10^{\circ}/15^{\circ}$).

B1.3. Eie- og driftsforhold

Eier: Lillebæk, et lokalt eiendomselskap (bestående av blant annet Bravida-pensjonister)

Ansvarlig for forvaltning: Aberdeen Property Investors

Leietager: Bravida leier hele bygget og er ansvarlig for videre utleie. Dette utleiemønsteret er i bruk siden bygget ble tatt i bruk i 2003. Blir overført til Aberdeen Property Investors fra 01.01.2009.

Underleietager for Bravida: UMOE-IKT, Hjelp 24, RICOH, samt flere mindre leietager

Ansvarlig for driften: Bravida har hatt ansvaret for den tekniske driften av bygget siden 2003. Blir overført til Aberdeen Property Investors fra 01.01.2009.

Kontaktpersoner hos Bravida i forbindelse med LECO:

Bent Lislrud bent.lislrud@bravida.no Mob 95 07 17 22

Øystein Heie – vaktmester fra bygget sto ferdig til 01.10.2007 (pensjonert)

Enok Bekkevold – daglig drift Enok.Bekkevold@bravida.no Tlf 69 35 94 00

Klausen Ragnar – Avdelingsøkonom ragnar.klausen@bravida.no Mob 906 49 340

Kontaktperson Fredrikstad Energinett / MAIK

Per Jaavall Per.Jaavall@maik.no Tlf 69 36 15 27

B1.4. Byggets historikk

B1.4.1 Byggeår

2002

B1.4.2 Endringer etter ferdigstillelse

Det er gjort en del endringer i forhold til rominndeling og hva rommene brukes til siden 2002.

Det har vært betydelig ombygging og bruksendring på nord fløy på plan 3, og noe mindre ombygging på syd fløy på plan 1.

B1.4.3 Brukerorganisasjon per i dag

På plan 1 er ca. halv parten av arealet leid ut til Bravida, hovedsakelig syd fløy (kontorer, teknisk rom, lager / varemottak / verksted) og et rom i nord fløy (relax-rom med badstu og boblebad). Nord fløy har tidligere vært brukt som utstillingslokaler av Bravida Badehuset men har stått tomt i 2008 ("Badehuset Fredrikstad åpnet ny butikk i Hans Nielsen Haugesvei i april -07." Se <http://www.badehuset.com>) Arealet blir tatt i bruk igjen av en bilforretning fra 01.01.2009.

Plan 2 består hovedsakelig av kontorplasser, både cellekontorer og kontorlandskap. Syd fløy er leid ut til flere mindre leietagerne og noen kontorene står tomme, mens nord fløy er leid ut til UMOE-IKT.

På plan 3 har syd fløy stått tomt siden bygget sto ferdig i 2002. Nord fløy har tidligere vært brukt som undervisningslokaler av Folkeuniversitet. Arealet sto tomt i 2007 og ble bygd om. Hjelp 24 (Bedrifthelsetjeneste) flyttet inn 01.01.2008.

B1.4.4 Eksisterende tegninger

Digitale tegninger som er oversendt:

Utomhusplan

Opprinnelige ARK-tegninger fra 2002 (plan og fasade)

Vindusskjema

VVS-tegninger Ref: Hanne Holmstrøm hanne.holmstrom@planteknikk.no Tlf: 69 30 08 96

Flytskjema fra 2002 Ref: Øivind Nilsen oivind.nilsen@planteknikk.no Mob: 901 15 492

RIE-tegninger Ref: Tor Willy Bjørk tor.willy.bjork@bravida.no

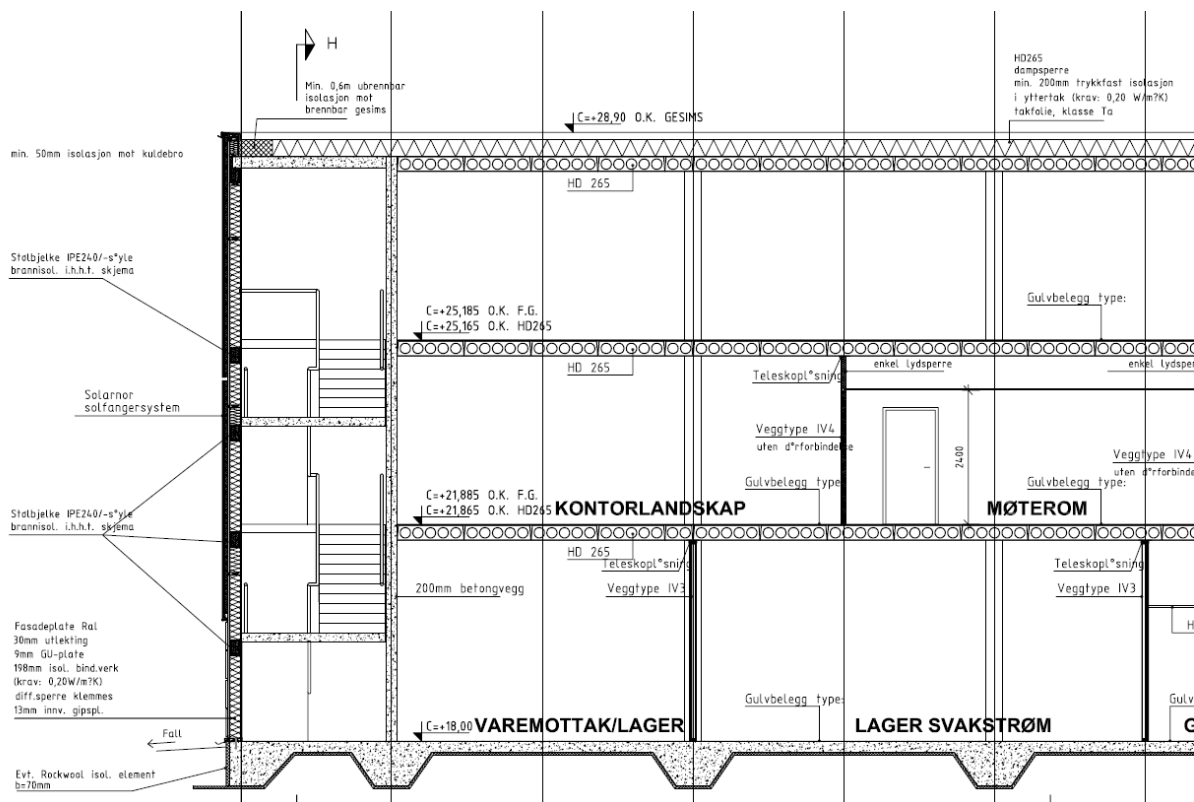
B2. Bygningsteknisk

B2.1. Grunnforhold

Grunntype: antatt fjell /granitt iht. Norges geologiske undersøkelse.

Bygget står på et plasstøpt betonggulv på grunn. Fundament er integrert i gulvet.

B2.2. Byggemetode



Figur B-4. Snitt ved detaljprosjektering der konstruksjoner er beskrevet, Bravidahuset i Fredrikstad. (Utsnitt fra arkitekttegning datert 06.06.2002 / Multiconsult GEAS AS)

B2.2.1 Fasader

Tegl, 30mm lufting, 9mm GU-plate, 198mm isolasjon bindingsverk, 13 mm innvendig gipsplate. Angitt U-verdi = 0,20 W/(m²•K). Ref. ARK-tegning, se Figur B-4.

B2.2.2 Yttertak

HD265, dampsperre, min. 200mm. trykkfast isolasjon, takfolie. Angitt U-verdi = 0,20 W/(m²•K). Ref. ARK-tegning, se Figur B-4.

B2.2.3 Vinduer

Glass til vinduer består av et energispareglass (Betegnelse 8ES+18+4/1/4). Glasspartner CG-glass NBI2070 07.05.02 19665/1 2354*878 8MM ENERGISUPER + 9MM SLK 414 + 0MM 18 OARG NorDan AS. Avlest i vindusrute ved befarng.

U-verdi for glasset = 1,4 W/(m²•K).

Angitt U-verdi for hele konstruksjonen = 1,6 W/(m²•K). Ref. Vindusskjema.

Solfaktor = 0,48

Lystransmisjon = 0,71

B2.2.4 Glassfelter

Glass til glassfelter i øst består av et solbeskyttelsesglass.

Cool-lite SKN 165B-12-6MM HERDET BØCKMANN. Avlest ved befarng.

U-verdi for glasset = 1,1 W/(m²•K).

Angitt U-verdi for hele konstruksjonen = $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Ref. Skjema alu-/glassfasader-tak
Solfaktor = 0,32
Lystransmisjon = 0,60

Glass til glassfelter i vest består av et energispareglass, med støydemping.
Scandiglass 10MM Float – 18-8/38 FUTUR M/ARGON Brødrene Bøckmann. Avlest ved befarings.

U-verdi for glasset = $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
Angitt U-verdi for hele konstruksjonen = $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Ref. Skjema alu-/glassfasader-tak
Solfaktor = 0,60
Lystransmisjon = 0,80

B2.2.5 Etasjeskiller

Hulldেকেelementer HD 265 (265mm) (Ref. ARK-tegning, se Figur B-4)

B2.2.6 Himlinger

Gips himling i korridorer og møterom samt relax rom og opprinnelig kantine. Eksponert betong i alle kontorarealer på plan 1, 2 og 3 og i forretningsareal på plan 1. (Registret ved befarings)

B2.2.7 Skillevegg

Skillevegg mellom glassgård og kontorarealer: 200mm betongvegg. Skillevegg mellom kontorer eller møterom og korridor: 10cm skillevegg med enkel gipsplate på hver side. (Ref. ARK-tegning, se Figur B-4)

B2.2.8 Kuldebroer

Omfang av kuldebro er ukjent.

Kuldebroyter i overgang etasjeskiller / yttervegg : 50mm isolasjon

Bygget har et bæresystem i betong og 5 cm kuldebroyter i fasadene. Det forutsettes en normalisert kuldebroverdi lik $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ iht. tabell A.4 i NS3031.

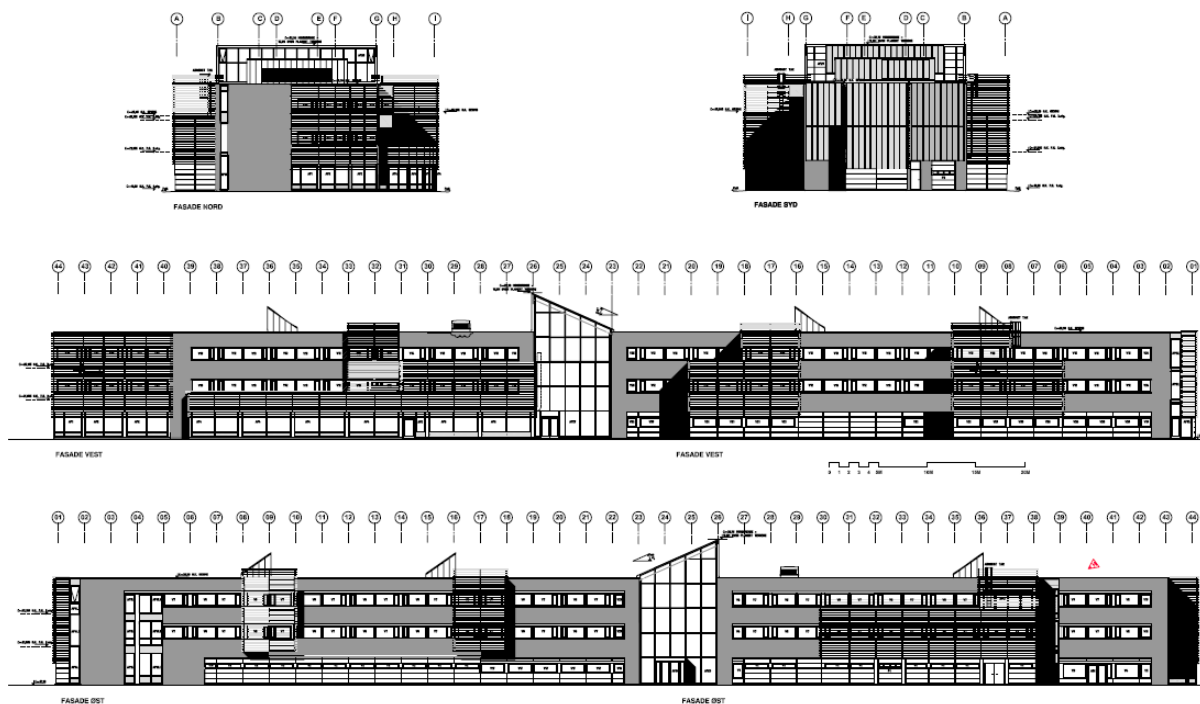
B2.2.9 Infiltrasjon

Det er ikke kjent om det ble gjennomført tetthetsmålinger ved gjennomføring eller ferdigstillelse av bygget.

Det forutsettes at bygget oppfyller myndighetenes krav til tetthet som gjaldt da bygget ble utført. Følgelig antas lekkasjetall ved 50Pa å være lik 1,5 luftskifte /time (TEK 1997).

B2.3. Fasader

B2.3.1 Utforming av fasader



Figur B-5. Fasadetegninger AS BUILT, Bravidahuset i Fredrikstad. Oppe til venstre: Fasade nord. Oppe til høyre: Fasade syd. Midten: Fasade vest. Nede: Fasade øst (Arkitekttegning datert 18.12.2002 / Multiconsult GEAS AS)

B2.3.2 Beskrivelse av vinduer og glassfelter

Tabell B-1. Beskrivelse av vinduer og glassfelter for hver himmelretning.

Himmelretning	Beskrivelse
Nord	Store glassfelter i forretningsareal (plan 1, nordfløy) Glassfelt høyde = 2,62m. Vanlige vinduer på plan 2 og 3. Vindushøyde = 1,29m. Noen glassfelter i sydfløy (utstikk)
Syd	Ingen vindu, fasaden er dekket med solfanger. Noen glassfelter i sydfløy (utstikk)
Vest	Store glassfelter i forretningsareal (plan 1, nordfløy) Glassfelt høyde = 2,62m. Vanlige vinduer i kontor på plan 1, (sydfløy). Vindushøyde = 0,965m. Vanlige vinduer på plan 2 og 3. Vindushøyde = 1,29m.
Øst	Små vinduer i lager/varemottak (plan 1). Vindushøyde = 0,445m. Vanlige vinduer på plan 2 og 3. Vindushøyde = 1,29m.

Vinduer mot kontorarealer kan åpnes. Det er noen faste vinduer på plan 1 i lager, varemottak, verksted og lignende rom.



Figur B-6. Glassfelter i forretningsareal på plan 1, nordfløy (Foto: SINTEF Byggforsk/ Matthias Haase)



Figur B-7. Fasade syd med solfangere (Foto: SINTEF Byggforsk/ Matthias Haase)



Figur B-8. Fasade vest med utstikk (Foto: SINTEF Byggforsk/ Matthias Haase)



Figur B-9. Fasade øst. Venstre bilde: Nordfløy. Høyre bilde: Sydfløy (Foto: SINTEF Byggforsk/ Catherine Grini)

B2.3.3 Arealoversikt, fasader

Tabell B-2. Oversikt veggareal, vindusareal og glassfeltareal for hver himmelretning.

Himmelretning	Veggareal ¹⁾ [m ²]	Vindusareal [m ²]	Glassfelt [m ²]
<i>Fasader</i>			
Nordvest (315°)	269	-	55
Nordnordvest (330°)	140	33	36
Nord (25°)	246	-	45
Syd (205°)	346	-	31
Vest (295°)	830	241	32
Øst (115°)	1 014	241	54
Sum uten glassgård	2 844	514	253
<i>Glassgård</i>			
Vest (295°)	100	-	100
Øst (115°)	101	-	101
Vertikal del av taket, nordvendt (25°)	-	-	57
Skråtak (24°helning), sydvendt (205°)	-	-	56
Sum	3 045	514	567

1) Veggareal inkludert vindu og glassfelt. Arealer er beregnet iht. ARK-tegninger og vinduskjemaer.

B2.3.4 Solavskjerming

Tabell B-3. Oversikt solskjerming for hver himmelretning.

Himmelretning	Solskjerming
Nordvest (315°)	ingen solskjerming (glassfelt)
Nordnordvest (330°)	gardiner (vindu) / ingen solskjerming (glassfelt)
Nord (25°)	ingen solskjerming (glassfelt)
Syd (205°)	ingen solskjerming (glassfelt)
Vest (295°)	gardiner
Øst (115°)	utvendige persiener, manuell styring
Glassgård	ingen solskjerming, verken i fasade eller på tak

B2.3.5 Dobbelfasade

Bygningen har ingen dobbelfasade.

B2.4. Gulvarealer og romvolum

Tabell B-4. Oversikt gulvareal og romvolum

Område	Areal BTA [m ²]	Areal NTA [m ²]	Romhøyde ok gulv til uk dekke [m]	Romhøyde ok gulv til uk himling [m]	Netto volum over NTA [m ³]
Plan 1, sydfløy	1 096	1 032	3,6	2,4	3 327
Plan 1, nordfløy	1 013	943	3,6	2,4	3 275
Plan 2, sydfløy	1 102	1 041	3,015	2,4	2 801
Plan 2, nordfløy	917	860	3,015	2,4	2 355
Plan 3, sydfløy	1 037	982	3,015	2,4	2 958
Plan 3, nordfløy	742	692	3,015	2,4	1 841
Hele bygget uten glassgård og uten plan 3 sydfløy	4 869	4 568			13 600
Glassgård	131	127			1 226
Hele bygget uten plan 3 sydfløy	5 000	4 695			14 826
Hele bygget	6 038	5 677			17 785

Tabell B-5. Oversikt gulvareal med leietaker og antall faste arbeidsplasser i 2008

Område	Gulvareal NTA [m ²]	Leietaker år 2008	Antall faste arbeidsplasser 2008 ¹⁾	
Plan 1, syd	kontorer lager lager lager teknisk rom	622 163 32 96 118	Bravida Bravida Ricoh UMOE IKT -	17 (Noen prosjektleder er ute en del) 0 0 0 0
Plan 1, nord	forretning relax rom teknisk rom	648 77 219	Ingen Bravida -	0 0 0
Plan 2, syd		1 040	Ricoh, div. små leietaker	34
Plan 2, nord		860	UMOE IKT	28 (Teknikker er sjelden til stedet)
Plan 3, syd		982	Ingen	
Plan 3, nord	utleie kantine teknisk rom	455 184 53	Hjelp 24 Ingen -	13
Glassgård		127	-	
Sum		5 677		92
Sum lager og teknisk rom		682		
Sum kontorarealer i bruk		2 978		

1) Antall faste arbeidsplasser er beregnet ut fra plantegninger og befaring

Det er ingen underetasje og ingen parkeringsplan i bygget. Parkeringsplasser ligger utenfor bygget.

Tabell B-6. Oppsummering arealer

Brutto gulvareal (BTA)	6.038 m ²
Netto gulvareal (NTA)	5.677 m ²
Netto volum over NTA	17.785 m ³
Total fasadeareal	3.045 m ²
Fasadeareal i forhold til volum	0,17m ² /m ³
Surface-to-volume ratio ¹⁾	0,41m ² /m ³
Total glassareal	1.081 m ²
Glassareal i forhold til NTA	19,0 %
Antall faste arbeidsplasser	92
NTA per fast arbeidsplass	61,7m ²

¹⁾ Surface-to-volume ratio beregnes ut fra all omkringliggende areal (gulv, tak og fasader) delt på romvolum.

B3. VVS-teknisk

B3.1. Energiforsyning

Bygningens energiforsyning består av elektrisitet. Leverandør er Fredrikstad Energi.

B3.1.1 Geovarme og varmepumpe

Geovarme: 15 brønner som går 200 m ned i bakken. Varmepumpe vann/vann.

Maks. avgitt effekt: ca.250 kW

Varmepumpen går året rundt

B3.1.2 Kjel

Kjel skal brukes til spisslast og som back-up for varmepumpe som er avhengig av strøm for å fungere. Oljekjelen er tenkt miljøvennlig og skal kunne bruke bioolje. Det benyttes likevel vanlig olje. Dette skyldes lav forbruk. Rapsolje har dårlig lagringsegenskaper og vil gro når kjelen ikke er i bruk. Måler i

tanken. Antatt forbruk er 1000 liter i året (Ref. vaktmester). Kjelen starter i prinsipp ikke før -17 °C ute, men startet da vi var på befaring, rundt 0 °C ute, da den ene pumpen til varmepumpe ikke ville starte. Maks. avgitt effekt: ca.500 kW

B3.1.3 Solfangeranlegg

300m² solfanger fordelt på sydfasade og tak fra Solarnor

3kW sirkulasjonspumpe

Maks. avgitt effekt: ca. 185 kW

Erfaringer fra solfangeranlegg

2003-2005: ikke i bruk

2006: nye pakninger (sprukket fordi ingen vannsirkulasjon i rørene)

2007: i drift om sommeren

2007: stopp etter sommeren, sirkulasjonsfeil?

2008: ikke i bruk

Solfangeranlegg og varmepumpe er koblet ”i serie”.

B3.1.4 Plassering tekniske installasjoner

Tekniske installasjoner i bygget er delt på forskjellige arealer:

På plan 1, nord fløy: ventilasjonsrom med aggregat 36.02, 36.03 og 36.05 + snøsmelting og gulvvarme

På plan 1, syd fløy: ventilasjonsrom med aggregat 36.01

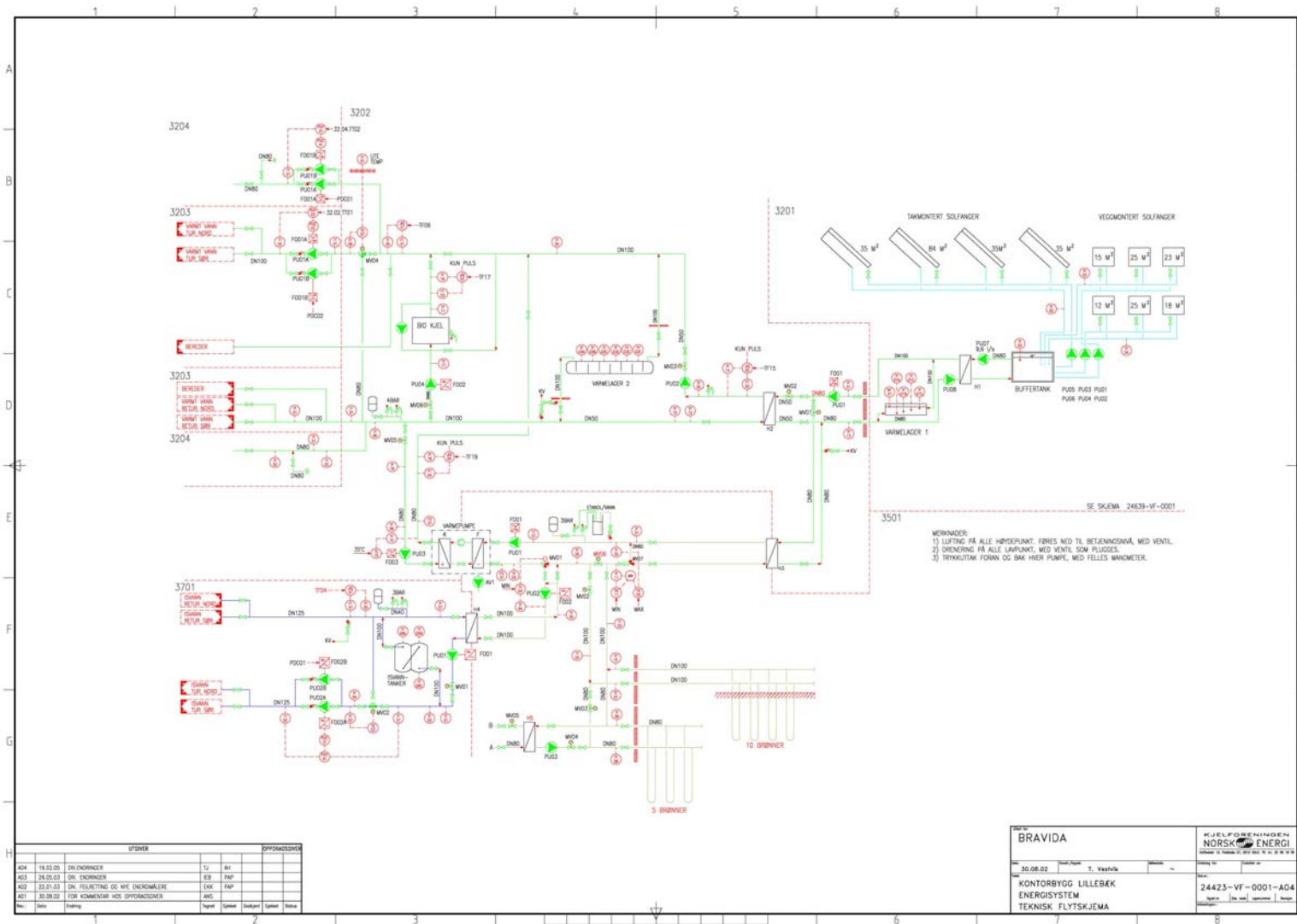
På plan 3, nord fløy: ventilasjonsrom med aggregat 36.04

På plan 1, nord fløy: varmesentral

På plan 1, syd fløy, rom 113 (varemottak/lager): buffertank solfangeranlegg

Bakkeplan, utendørs, vest og syd fasade: brønner til geovarme

B3.1.5 Flytskjema



Figur B-10. Teknisk flytskjema for Bravida-bygget

B3.1.6 Energipris

Registrering av energibruk: kun 2 strømmåler for hele bygget. Den ene er koblet til varmpumpe (spotpris), den andre dekker all annet elektrisk forbruk (vanlig pris). Ikke tydelig oversikt over energibruk til de forskjellige energipostene.

Bravida betaler hele strømregningen. Energikostnader inngår i husleien, som igjen er avhengig av leid areal.

Ingen incentivordninger som stimulerer til energisparing.

B3.2. Oppvarming

B3.2.1 Prinsipp

Vannbåren varme både til varmebatterier i ventilasjonsaggregatene og til romoppvarming.

B3.2.2 Kontorer

Vannbåren varme til romoppvarming via kombinert klimaarmatur i tak (varme, kjøling, lys, og ventilasjon). Det er ingen radiator under vindu i bygget.

Klimaarmatur er koblet til en dobbelt rørledning (varme og kjøling) som er montert over himling i korridorene. Rørledningen går som en ringledning på hver plan og i hver fløy.

Det brukes lav temperaturoppvarming. Vann turtemperatur: 32 °C /Vann returtemperatur: 28 °C (observert ved befaring).

Ved befaring 04.12.2008 har sirkulasjonspumpen som forsyner bygget med vannbåren varme gått i 45.371 timer (22 448 + 22 923 timer). Dette tilsvarer døgkontinuerlig drift året rundt i litt over 5 år (5 år * 8.760 timer = 43.800 timer).

Styring av romtemperatur:

1 settpunkt for romtemperatur per rom (samme settpunkttemperatur hele året, dag og natt, uavhengig av tilstedeværelse). Verdien settes av driftspersonalet avhengig av ønsket fra hver bruker.

På plan 1: ønsket romtemperatur ligger i gjennomsnitt rundt 23 °C

På plan 2: ønsket romtemperatur ligger i gjennomsnitt rundt 24 °C

På plan 3: ønsket romtemperatur ligger i gjennomsnitt rundt 25 °C

Lavest settpunkttemperatur: 20 °C (kun i 1 kontor)

Høyest settpunkttemperatur: 29 °C (kun i 1 kontor)

Brukt i simulering: 23 °C (antas som en riktig gjennomsnitt pga lager)

Plan 3, sydfløy: arealet er ikke i bruk, ingen romoppvarming, ingen ventilasjonsoppvarming (ingen lufttilførsel)

B3.2.3 Forretning

Temperaturstyring kun ved tilluft. Vanlig ventilasjonsløsning med tilluftsventiler i tak.

Ingen klimaarmatur i tak

Ingen radiator under vindu

B3.2.4 Glassgård

Vannbåren gulvvarme

Vann turtemperatur ved befaring: 32 °C

Vann returtemperatur ved befaring: 28 °C

Settpunkttemperatur vinter. PÅ når romtemperatur < 20 °C - AV når romtemperatur > 22 °C

B3.2.5 Relax-rom (Rom 151)

Vannbåren gulvvarme

Det virket som om gulvvarmen ikke var i bruk ved befaring.

Settpunkttemperatur vinter. PÅ når romtemperatur < 26 °C - AV når romtemperatur > 28 °C

B3.3. Varmtvann

Varmtvannsbehovet for hele bygget dekkes med en 100 liters varmtvannsbereder fra OSO.

Varmtvann koblet til vannbåren varme: ja

Forvarmet med varmepumpe

Etteroppvarming er elektrisk

Settpunkttemperatur varmtvann: 60 °C

Relax: boblebad og badstu varmes opp elektrisk

B3.4. Ventilasjon

B3.4.1 Balansert mekanisk ventilasjon

Tabell B-7. Oversikt ventilasjonsaggregater med aggregatnummer, romplassering, nominell luftmengde, type varmegjenvinner, plassering inntak og avkast og sonedeling

Aggregat nr.	Rom	Nominell luftmengde [m ³ /h] ¹⁾	Varmegjenvinner og virkningsgrad ²⁾	Inntak/Avkast	Lufttilførsel til følgende område
36.01	130	22.440 ³⁾	Roterende (66%)	På taket	Syd fløy, plan 1, 2 og 3
36.02	148	6.400	Roterende (69%)	På taket	Nord fløy, forretningsareal på plan 1
36.03	148	10.510	Roterende (59%)	På taket	Nord fløy, kontorer på plan 2 og 3, samt glassgård
36.04	320	5.000	Kryssveksler (38%)	På taket	Nord fløy, opprinnelig kantine på plan 3
36.05	148	600	Kryssveksler (n.a.)	Plan 1, fasade øst	Nord fløy, relax-rom på plan 1

1) Nominell luftmengde er beregnet iht. VVS-tegninger.

2) Oppgitt virkningsgrad tilsvarer registrert virkningsgrad ved befaring.

3) Det er antatt at aggregatet er tatt ut med en luftmengde lik 10.000m³/h for utleiearealer på plan 3 som ikke er detaljprosjektert.

Tabell B-8. Settpunkt for tilluftstemperatur og driftstider for ventilasjonsaggregater

Aggregat Nr.	Settpunkt tilluft		Driftstider		Kommentarer
	Vinter	Sommer	Man.- Fre.	Helg	
36.01	21	20	kl.06-20	kl.08-12	Innstilling SD-anlegg 04.12.2008
36.02	21	20	kl.09-16	kl.08-14	Innstilling SD-anlegg 04.12.2008
36.03	21	20	kl.06-20	kl.08-14	Innstilling SD-anlegg 04.12.2008
36.04	21	20	kl.07-20	kl.08-14	Innstilling SD-anlegg 04.12.2008
36.05	24	Varierer med utetemperatur	kl.00-24	kl.00-24	Aggregatet inngår ikke i felles SD-anlegg Settpunkt for tilluftstemperatur og driftstider er antatt (vaktmester). Aggregatet har elektrisk varmebatteri og ingen kjølebatteri

Plan 3, sydfløy: arealet er ikke i bruk, ingen lufttilførsel

Utenom de oppgitte driftstidene er aggregatene slått av.

Vannbårent varme- og kjølebatteri koblet på samme rørnett som klimaarmatur i taket.

Varme: Vann turtemperatur : 32 °C/ Vann returtemperatur : 28 °C

Kjøling: Vann turtemperatur : 15 °C/ Vann returtemperatur : 17 °C

B3.4.2 Naturlig ventilasjon

Glassgård ventileres med balansert ventilasjon som tilføres i 1.etasje og trekkes fra i 3.etasje. I glassgård er det i tillegg behov for lufting med brannluker på varme sommerdager.

B3.5. Kjøling

Vannbåren kjøling til både ventilasjons- og romkjøling. Kaldt vann fra borebrønner pumpes rundt i bygget (5/6 °C). Temperatur heves til 15 °C (pga kondensfare siden sirkulasjonsrør ikke er isolert) ved blanding med retur fra oppvarming. Vann turtemperatur: 15 °C / Vann returtemperatur: 17 °C

Vannbåren kjøling til romkjøling via kombinert klimaarmatur i tak (varme, kjøling, lys, og ventilasjon). Se også pkt.B3.2.2.

Ved befaring 04.12.2008 har sirkulasjonspumpen som forsyner bygget med vannbåren kjøling gått til sammen i 46 286 timer (31 945 + 14 341 timer). Dette tilsvarer døgkontinuerlig drift året rundt i litt over 5 år (5 år * 8.760 timer = 43.800 timer). Effekten til sirkulasjonspumpen er 3 kW.

Styring av romtemperatur:

Settpunkttemperatur for kjøling er lik settpunkttemperatur for romoppvarming.

1 settpunkt for romtemperatur per rom (samme settpunkttemperatur hele året, dag og natt, uavhengig av tilstedeværelse). Verdien settes av driftspersonalet avhengig av ønsket fra hver bruker.

Se også pkt. B3.2.2.

B3.6. Inneklima

B3.6.1 Kontorarealer

Tilbakemelding fra brukere: 13 spørreskjemaer delt ut 04.12.2008, 13 skjemaer utfylt (kun Bravida ansatte)

Hovedtrekk: positiv tilbakemelding

Forholdene som ca. halvparten opplever ikke helt tilfredsstillende: varierende romtemperatur, for lav romtemperatur, andres tobakksrøyk, kan ikke selv påvirke temperaturen.

Tilbakemelding fra driftspersonell: ca. 5 personer i bygget som alltid klager, og kommer tilbake. Ingen klager om sommeren. Klager om trekk, for kaldt om vinteren, ikke mulighet til å styre temperatur selv.

B3.6.2 Glassgård

Reelle temperatur forhold om vinteren: tilfredsstillende

Reelle temperatur forhold om sommeren: overoppvarming. Behov for lufting med brannluker.

B3.7. Effekt-energibruk pumper-vifter (SFP-SPP)

Viftetype: frekvensregulert, bortsett fra 36.05 (relax rom)

SFP: antatt 2 kW/(m³/s) pga. VAV og korte kanalføringer

SPP: ukjent

B3.8. Reguleringsteknisk

Det er installert et integrert styringsnettverk i bygget

Styring av ventilasjon: bevegelsessensor, ventilasjon redusert med 70 % (grov anslag fra teknikere som var ansvarlig for innregulering) når rommet ikke er i bruk

Registrering: nei

Ikke mulig å lese luftmengder ut fra SD-anlegg da vi var på befaring

Styring av varme: bevegelsessensor, ingen fravær innstilling

Styring av kjøling: bevegelsessensor, ingen fravær innstilling
Unøyaktig temperaturføler



Figur B-11. Plassering av termostat og bevegelsessensor over døren på vegg mot korridor - Cellekontor (Foto: SINTEF Byggforsk/ Catherine Grini)

B4. Elektroteknisk

B4.1. Lys og lysstyring

B4.1.1 Installert effekt

Kontorarealer: Kombinert klimaarmatur i tak (2 x 35W)

Møterom: Kombinert klimaarmatur i tak + downlight med dimming

Forretning / verksted / lager / teknisk rom: Armatur med 2 lysrør (2 x 28W i forretningsareal, antatt lik overalt)

Tabell B-9. Oversikt installert effekt til belysning, samt areal, spesifikk effekt og antatt driftstid (Ref. RIE-tegning)

Område	Installert effekt [W]	Areal NTA [m ²]	Spesifikk effekt [W/m ²]	Driftstid
Plan 1, sydfløy	6.766	1.032	6,6	Ikke i bruk
Plan 1, nordfløy	5.646	943	6,0	
Plan 2, sydfløy	8.356	1.040	8,0	
Plan 2, nordfløy	6.246	860	7,3	
Plan 3, sydfløy	-	-	-	
Plan 3, nordfløy	5.424	692	7,8	
Kontorarealer	24.716	3.597	6,9	kl.08-16
Korridor/gang	7.722	971	8,0	kl.00-24
Glassgård	800	127	6,3	kl.07-19
Sum hele bygget	33.238	4.695	7,1	

B4.1.2 Styring

Det er behovstyring med bevegelsessensor i cellekontorer. Lyset slås av 5 minutter etter den siste registrerte bevegelsen i rommet.

Det er ingen behovstyring av lyset i korridorer/gangarealer. Det antas at lyset aldri slås av i disse arealer.

B5. Annet

B5.1. Diverse infrastruktur

B5.1.1 Heis

Det er 1 heis i bygget.

Energiforbruk til heisdrift varierer mellom 7.000 kWh/år og 3.000 kWh/år ved 200.000 start i året, avhengig av motortype (Ref <http://www.kone.no>).

Antatt start i året for heisen i Bravidahuset er vurdert lik:

47 arbeidsuker * 5 arbeidsdager * 100 personer * 2 start per person per dag = 47.000 start i året

Det forutsettes at energibruken knyttet til heisen ligger på 2.000 kWh/år.

B5.1.2 Luftport, karusell

Hovedinngang: ingen karusell men vindfang. Ingen luftgardin.

Luftgardin over dør AD1 ved inngangen til forretningsareal (Rom 144), Thermozone AD200 fra FRICO

Viftekonvektor over dør i lager syd (Rom 113 Varemottak/lager), modell fra SABIANA

B5.1.3 Utendørs belysning

Utendørs belysning består av følgende armaturer:

23 stk Pullerter O31 fra Glamox (80W)

25 stk Hector fra Glamox (80W)

4 stk lys i bakken Helios fra Glamox (70W)

Styring skjer via fotocelle.

Det forutsettes at energibruken knyttet til utelys ligger på 15.000 kWh/år. Det er installert 4.120W og det forutsettes 10 timers brukstid i gjennomsnitt over hele året.

B5.1.4 Parkeringskjeller

Det er ingen parkeringskjeller i bygget. Parkeringsplasser ligger utenfor bygget, på øst og syd siden.

B5.1.5 Snøsmelteanlegg

Vannbåren snøsmelteanlegg

Vann turtemperatur ved befarings: 25°C

Settpunkttemperatur vinter. PÅ når utetemperatur < 3°C - AV når utetemperatur > 4°C

B5.1.6 Avfall

Det er ingen avfallsrom i bygget. Avfall samles i container utenfor bygget, på parkeringsplassen.

B5.1.7 Badstu – Boblekar

I Relax-rom (Rom 151) er det installert badstu og boblekar som forsynes med elektrisitet.

Det forutsettes at energibruken knyttet til relaxrom ligger på ca. 100 kWh/år ut fra en installert effekt på 2 kW og 1 times brukstid i uke i gjennomsnitt over hele året.

B5.2. Kantine – Kjøkken

Det er ingen kantinedrift i bygget per i dag.

B6. Brukerteknisk

B6.1. IT-installasjoner

Effekt installert i hvert kontor: 1 PC per kontor, 92 faste arbeidsplasser

Effekt installert i serverrom: ukjent (rom 203 tele/data), antatt lik 20 kW med bakgrunn i døgnkontinuerlig levert el. effekt.

Tabell B-10. Oversikt installert effekt til IT-installasjon, samt antatt driftstid

Område	Installert effekt [W]	Areal NTA [m ²]	Spesifikk effekt [W/m ²]	Driftstid
PC inkl. kopimaskin, printer ...	9.200	4.568	2,0	kl.08-16
Serverrom (antatt)	20.000	4.568	4,4	kl.00-24
Glassgård	0	127	-	-

B6.2. Brukerstyring

Settpunkt for romtemperatur settes av driftspersonalet. Se også pkt. B3.2.2 og B3.5.

Systemet var planlagt med mulighet for individuell bestemmelse av settpunkt via egen PC, men fungerte ikke i praksis.

B6.3. Energioppfølging

Bygget har ingen kontinuerlig energioppfølging.

Rapporteres energiforbruket til ENOVA? Ukjent, sannsynligvis ikke

Rapporteres energiforbruket til eieren? Ukjent, sannsynligvis ikke

B7. Registrert levert energi

Tabell B-11. Registrert levert energi

År	Tilfeldig kraft ¹⁾ [kWh]	Fast abonnement [kWh]	Sum el. [kWh]	Olje-forbruk ²⁾ [kWh]	Gulvareal ³⁾ [m ²]	Spesifikk energibruk [kWh/m ²]	Graddagskorrigert Spes. energibruk ⁴⁾ [kWh/m ²]
2003 ⁵⁾	24 546	437 091	461 637	10 000	4 695	-	Ikke relevant
2004	168 501	519 112	687 613	10 000	4 695	149	152
2005	119 106	496 685	615 791	10 000	4 695	133	136
2006	117 766	447 918	565 684	100 000	4 695	142	147
2007	141 327	411 923	553 250	10 000	4 003	141	146
2008	114 977	421 058	536 035	10 000	4 047	135	140
Gjennomsnitt 2004-2008						140	144

1) Tilfeldig kraft går til drift av varmepumpen. Den har aldri vært slått av i perioden 2003-2007 (bortsett fra 2 eller 3 ganger for testing). Ref. samtale med vaktmester.

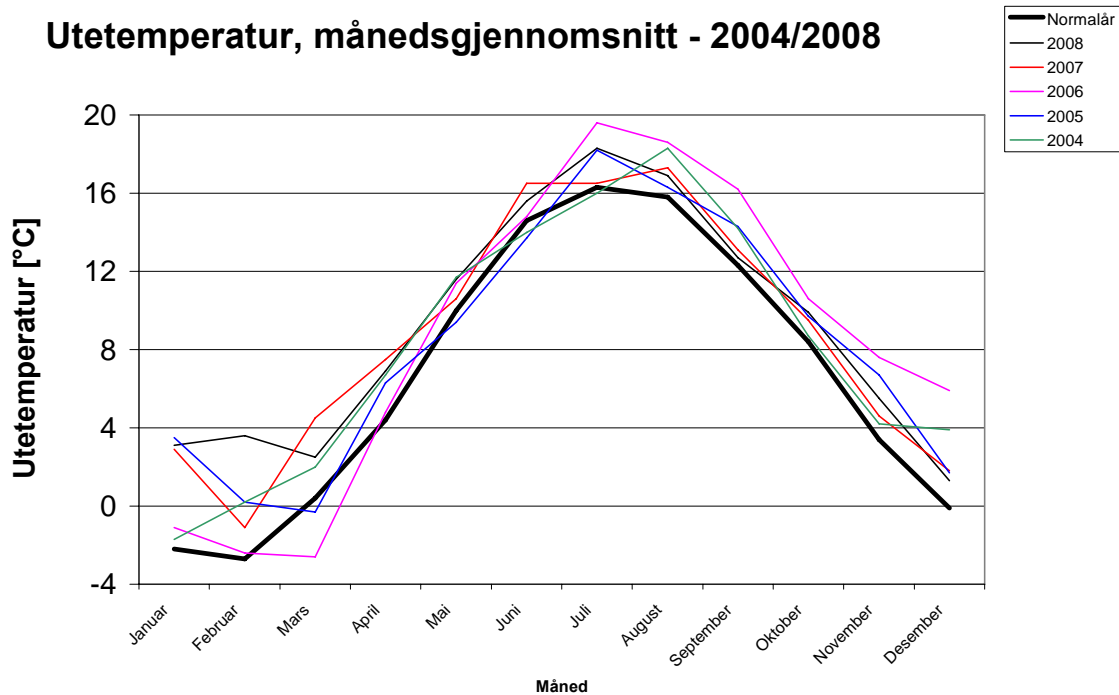
2) Oppgitt oljeforbruk er ikke målt men anslått av vaktmesteren. Det benyttes i gjennomsnitt 1.000 liter olje i året, bortsett fra 2006. Da måtte varmepumpen stoppes i en uke. En del var blitt ødelagt, som måtte spesialbestilles.

3) Oppgitt gulvareal tilsvarer netto gulvareal i bruk på det gitte tidspunktet. NTA er beregnet iht. ARK-tegninger.

4) Graddagskorrigerings er foretatt i forhold til graddager beregnet av Meteo Norge (Bjørn Aune) - stasjon 03050 Fredrikstad – Nasjonal normal (1971-2000)

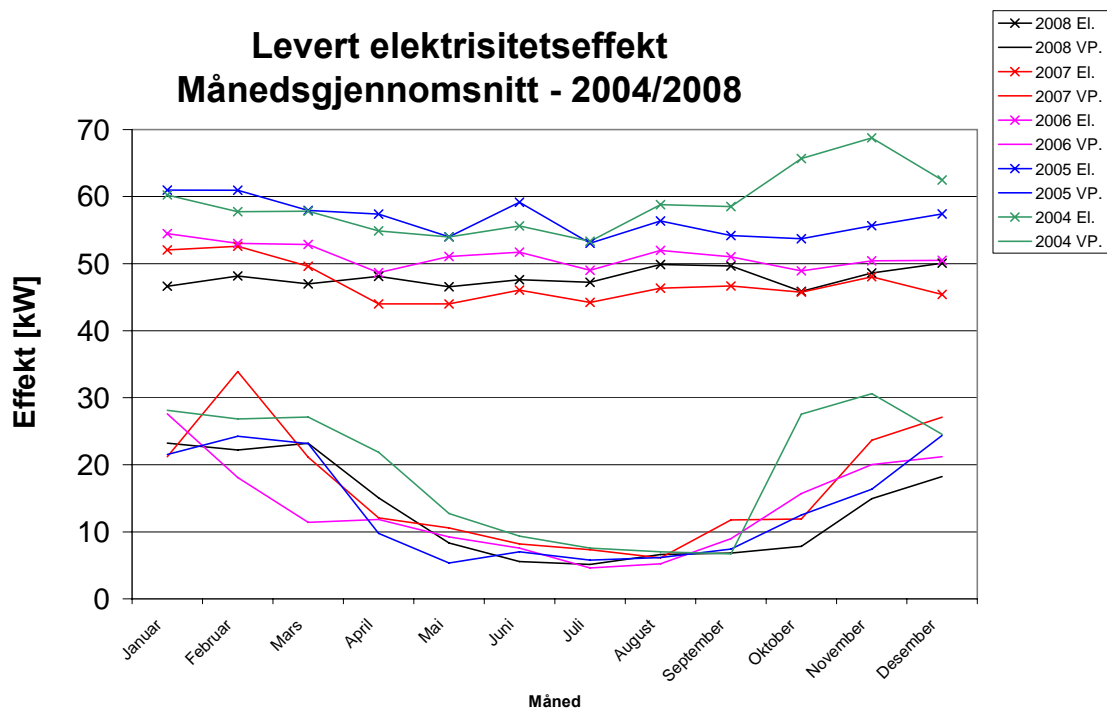
5) Bygget var ikke i bruk hele året i 2003 (innflyttingsår)

Utetemperatur, månedsgjennomsnitt - 2004/2008

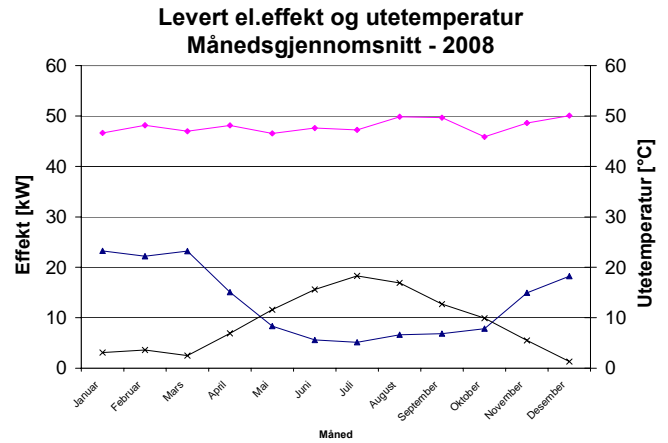
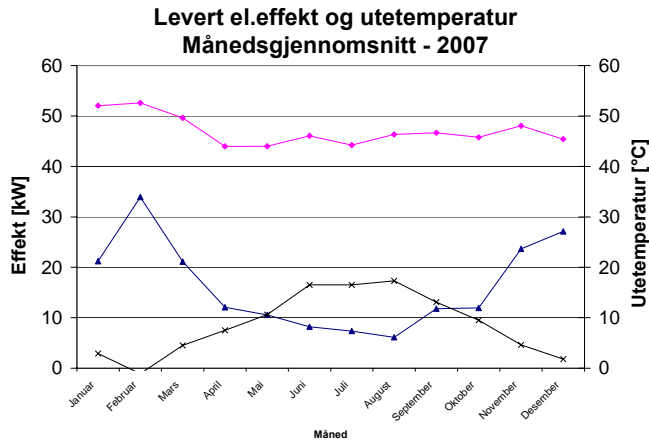


Figur B-12. Månedsgjennomsnitt utetemperatur for periode 2004 – 2008, samt normalutetemperatur. Målestasjon: STRØMTANGEN FYR, Fredrikstad kommune, stasjonsnummer 17000. Utetemperaturer registrert av Meteorologisk institutt og hentet fra <http://eklima.met.no>

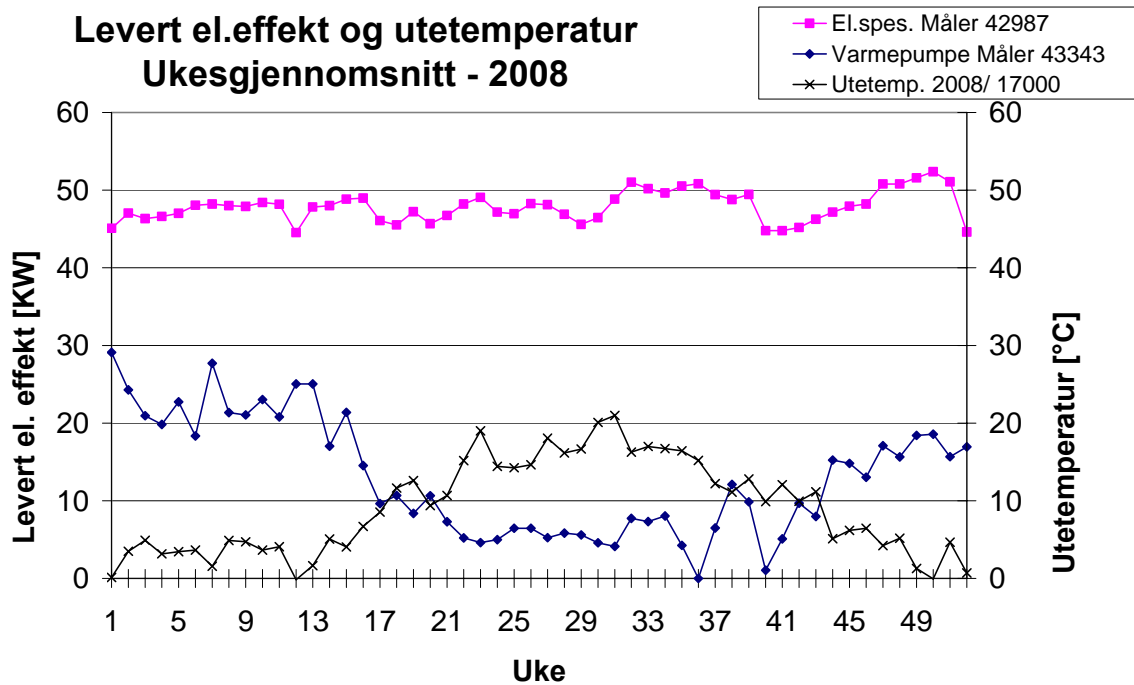
Levert elektrisitetseffekt Månedsgjennomsnitt - 2004/2008



Figur B-13. Månedsgjennomsnitt levert elektrisitetseffekt for periode 2004 – 2008, delt per måler.

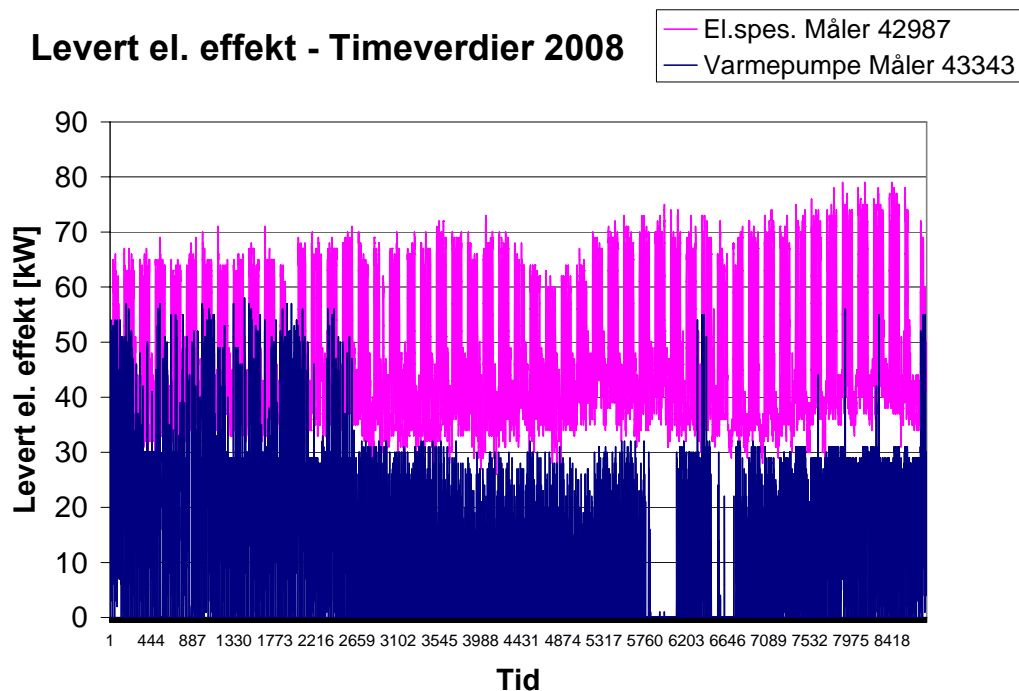


Figur B-14. Månedsgjennomsnitt levert elektrisitetseffekt og utetemperatur for år 2007 og 2008. Elektrisitet til varmepumpe vises i blått. Elektrisitet til annet forbruk vises i rosa. Utetemperatur vises i svart.



Figur B-15. Ukesgjennomsnitt levert elektrisitetseffekt og utetemperatur for år 2008. Elektrisitet til varmepumpe vises i blått. Elektrisitet til annet forbruk vises i rosa. Utetemperatur vises i svart.

Levert el. effekt - Timeverdier 2008

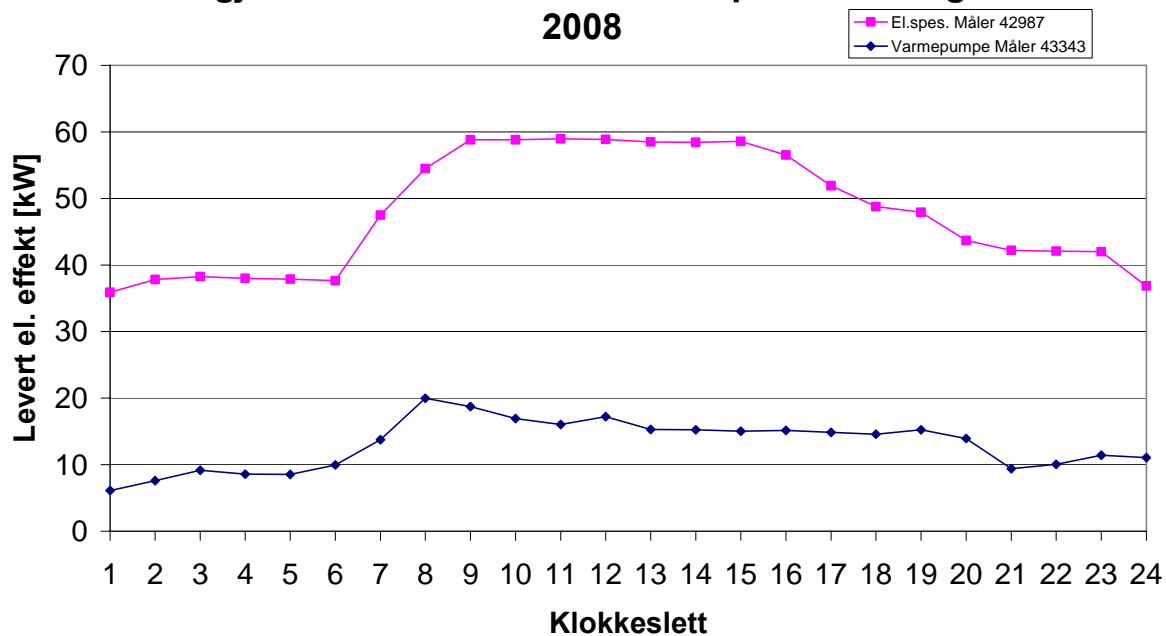


Figur B-16. Levert elektrisitetseffekt, timeverdier for år 2008. Elektrisitet til varmpumpe vises i blått. Elektrisitet til annet forbruk vises i rosa.

Levert elektrisitet til varmpumpe svinger fra 0 til 55 kW.

Levert elektrisitet til annet forbruk går aldri under 26 kW og er sjelden under 35 kW.

Årsgjennomsnitt time for time i løpet av ett døgn - 2008



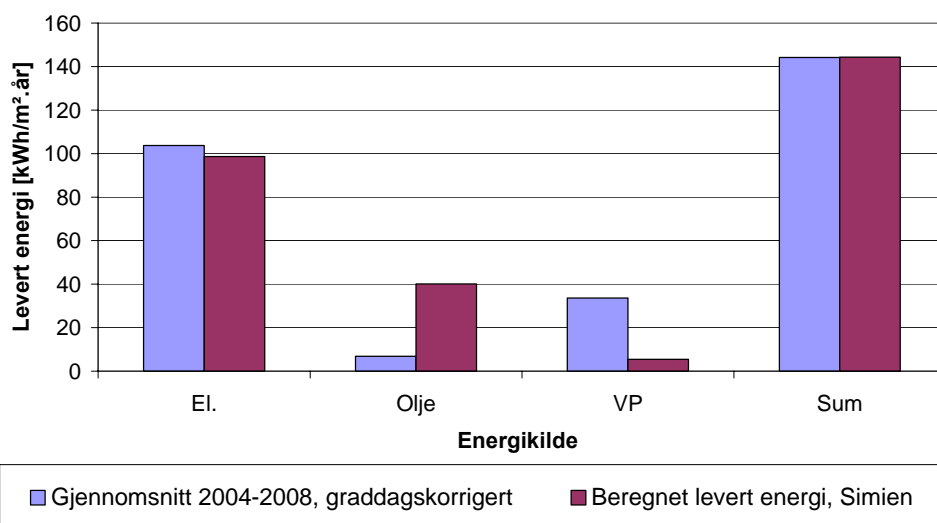
Figur B-17. Levert elektrisitetseffekt, årsgjennomsnitt time for time i løpet av ett døgn for år 2008. Elektrisitet til varmpumpe vises i blått. Elektrisitet til annet forbruk vises i rosa.

B8. Beregnet levert energi

Tabell B-12. Beregnet levert energi (reelle driftsbetingelser)

Energikilde	Energibruk	Spesifikk energibruk
Elektrisitet	463.500 kWh	98,7 kWh/m ²
El. til varmepumpesystemer	188.261 kWh	40,1 kWh/m ²
Olje	25.575 kWh	5,4 kWh/m ²
El. til solenergisystemer	0 kWh	0 kWh/m ²
Totalt levert energi	677.337 kWh	144,3 kWh/m ²

Sammenligning målt og beregnet levert energi



Figur B-18. Sammenligning målt og beregnet levert energi.

B9. Netto energibehov

Tabell B-13. Beregnet netto energibehov (driftsbetingelser iht. NS3031 kontra reelle driftsbetingelser)

Energipost	Spesifikk energibruk		
	Driftsbetingelser for kontrollberegning iht. NS3031 [kWh/(m ² .år)]	Reelle driftsbetingelser [kWh/(m ² .år)]	Forskjell NS3031 – reelle driftsbetingelser [kWh/(m ² .år)]
Romoppvarming	26,1	36,1	
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	62,7	43,5	9,2
Oppvarming av tappevann	5,0	1,2	3,8
Vifter (ventilasjon)	20,2	18,5	1,7
Pumper	24,9	12,7	12,2
Belysning	25,1	21,8	
Teknisk utstyr	34,4	45,1	-7,4
Romkjøling	23,7	12,9	10,8
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	4,6	2,5	2,1
Total	226,8	194,2	32,6

B9.1. Avvik mellom normverdi i NS 3031:2007 og reelle driftsbetingelser

Tabell B-14. Avvik mellom normverdier fastsatt i NS3031:2007 og reelle driftsbetingelser

	NS 3031	Bravida	Kommentarer
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	8	7,1	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	8	7,1	
Driftstid belysning	12 / 5 / 52	11,8 / 5 / 52	Gjennomsnitt. Se 0
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	11	6,4	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	11	6,4	
Driftstid utstyr	12 / 5 / 52	19 / 5 / 52	Gjennomsnitt. Se 0
Effektbehov varmtvann i driftstiden [W/m ²]	1,6	0,4	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0	0	
Driftstid varmtvann	12 / 5 / 52	12 / 5 / 52	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	4	2	
Oppholdstid personer	12 / 5 / 52	8 / 5 / 52	
Gjennomsnittlig luftmengde dag/ natt [m ³ /(h·m ²)]	7 / 2	7,4 / 0	Gjennomsnitt. Varierer fra aggregat til aggregat. Se 0
Driftstid ventilasjon	12 / 5 / 52	14 / 5 / 52	
Settpunkttemperatur for romoppvarming			
på dagtid	21	22	
om natten	19	22	
Driftstid oppvarming	12 / 5 / 52	24 / 7 / 52	

I Bravidahuset er ventilasjonsaggregatene slått av om natten, mens det ved kontrollberegning mot byggeforskriften skal benyttes en minst tillatt luftmengde lik 2m³/(h·m²). Denne parameteren alene forklarer det meste av avviket mellom spesifikk energibruk beregnet med driftsbetingelser iht. NS3031 kontra reelle driftsbetingelser. Som følge av økt ventilasjonsluftmengde om natten blir varmebehovet i ventilasjonsaggregatet justert opp, samt energi til viftedrift. Siden tilluftstemperatur er lik 21 °C om vinteren og romkjøling slås på ved 23 °C året rundt, vil den tilførte luftmengden føre til økt romkjøling (bygget kjøles ikke ned ved varmetap om natten). Videre øker energibehov til pumpedrift.

Fredrikstad klima er mildere enn Oslo klima.

Settpunkttemperatur for oppvarming er høyere i Bravidahuset enn det som er fastsatt i NS3031:2007.

B10. Konklusjon / forbedringspotensial

Energimålinger av levert energi bekrefter et relativt lavt energiforbruk. I gjennomsnitt har energibruken vært 144 kWh/(m²·år) i perioden 2004-2008. Forbruket ligger ca. 44 % høyere enn intensjonen om 100 kWh/(m²·år).

Levert energi ligger lavt takket være varmepumpen, samt lav utnyttelsesgrad av bygget (lav tilstedeværelse, høy andel av lagerrom, 1/6-del av bygget har aldri vært tatt i bruk)

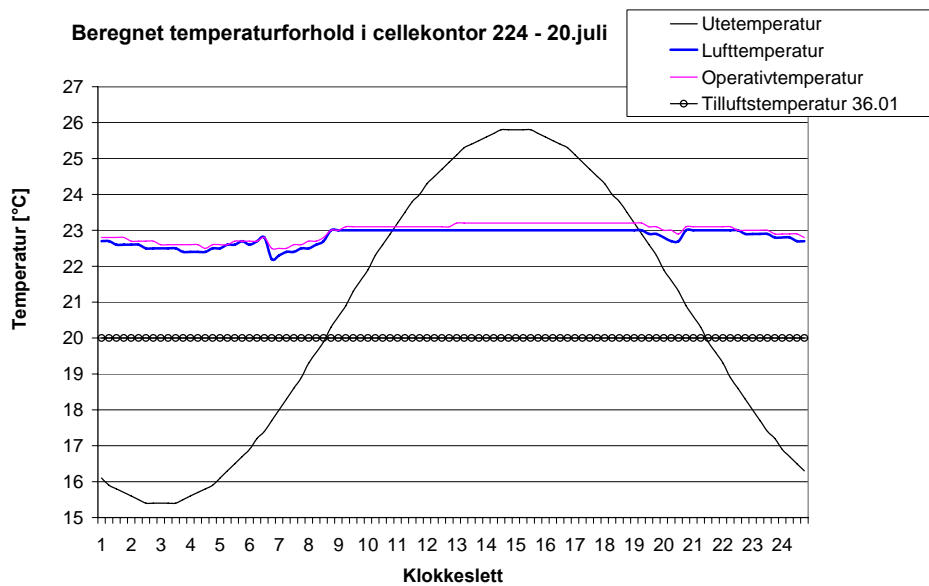
Bygget driftes ikke optimalt i forhold til energieffektivitet:

Døgnkontinuerlig drift av sirkulasjonspumper til kjøling og oppvarming året rundt virker unødvendig. Solfangeranlegget brukes ikke.

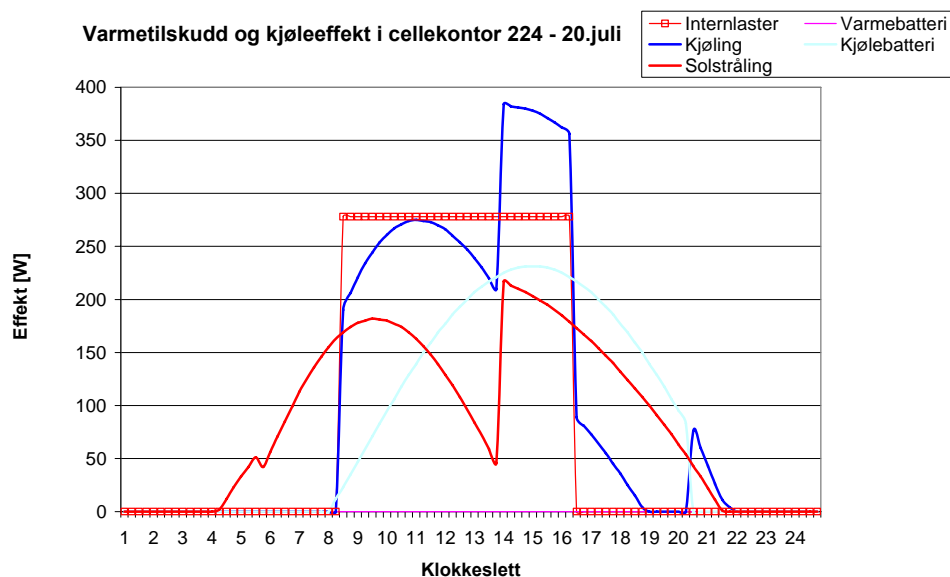
El. spesifikk forbruk er høyt. Høyt forbruk døgnet rundt, i gjennomsnitt 35 kW om natten året rundt. Det er ukjent hva det høye elektriske forbruket skyldes. En mulig årsak kan være effekten som alle pumpene i anlegget behøver for å gå døgnkontinuerlig.

Beregninger av inneklima for utsatt fasade

Beregninger er utført for cellekontoret 224 på plan 2. Kontoret har et areal lik 10,4m² og ligger i øst fasade. Det anses til å være representativt for kontorene som vender mot øst (soluttsatt fasade).



Figur B-19. Beregnet temperaturforløp i cellekontor 224 ved sommer forhold (20.juli)



Figur B-20. Beregnet varmetilskudd og kjøleeffekt i cellekontor 224 ved sommer forhold (20.juli)

Termiske forhold om sommeren i kontorene som vender mot øst bør kunne tilfredsstillende enhver bruker. Soltilskuddet er begrenset (vindu med normal størrelse samt utvendige persiener). Samtidig vil den installerte lokal kjøling kunne holde lufttemperatur til det nivået som ønskes. Det benyttes i settpunkttemperatur i hvert rom, som hver bruker bestemmer ut fra egne ønsker.

FN-huset i Arendal

C.	UN-building Arenal.....	81
C1.	General description.....	81
C1.1.	Address	81
C1.2.	Location	81
C1.3.	Ownership and use.....	82
C1.4.	Building's history	83
C2.	Building properties.....	84
C2.1.	Ground conditions	84
C2.2.	Building method	84
C2.3.	Façades	87
C2.4.	Floor area and volume	87
C3.	HVAC installations	88
C3.1.	Energy supply	89
C3.2.	Heating.....	89
C3.3.	Hot water	90
C3.4.	Ventilation	90
C3.5.	Cooling	92
C3.6.	Indoor climate.....	92
C3.7.	Fans and pumps	92
C3.8.	Controls.....	93
C4.	Electrical installations.....	93
C4.1.	Lighting and control.....	93
C5.	Other.....	93
C6.	User equipment.....	93
C6.1.	Occupancy	93
C6.2.	Electrical equipment	94
C6.3.	Supervision of real energy use.....	94
C7.	Metered delivered energy	94
C7.1.	Totals from electricity company	95
C7.2.	Partials from internal meters.....	96
C7.3.	Synthesis	97
C8.	Calculated delivered energy	98
C8.1.	Calibration	98
C8.2.	Delivered energy: calculate vs metered	104
C9.	Net energy	106
C9.1.	Difference between standard and real conditions of use.....	106
C10.	Questionnaire results	108
C10.1.	School	108
C10.2.	Health station	111
C10.3.	Office	112
C10.4.	All floors.....	114
C11.	Conclusions	116
	Appendix A – sketch of heating and cooling system	117

C. UN-building Arendal

C1. General description

The building was visited by Igor Sartori and Matthias Haase in date 05.12.2008.

The FN huset is located in the historical centre of Arendal, and it faces the waterfront. The building is five storeys high and has a compact shape with a nearly rectangular base. It has a heated floor area of about 2 400 m² and a volume of about 6 700 m³. On one side it has an adjacent construction of the same height, while it is free on the other three sides (or it has only low rise houses adjacent on a small fraction of the façade). The facades facing south and east have a large fraction of glazed area.

C1.1. Address

Teaterlassen 3
N-4836 Arendal
Norway

C1.2. Location

The building is located in Arendal, a city in the south-east cost of Norway, see Figure C-1. Climate data are retrieved from the website <http://eklima.met.no> for the climatic station of Torungen in Arendal. For an overview of the site and the building orientation see Figure C-2 and Figure C-3.

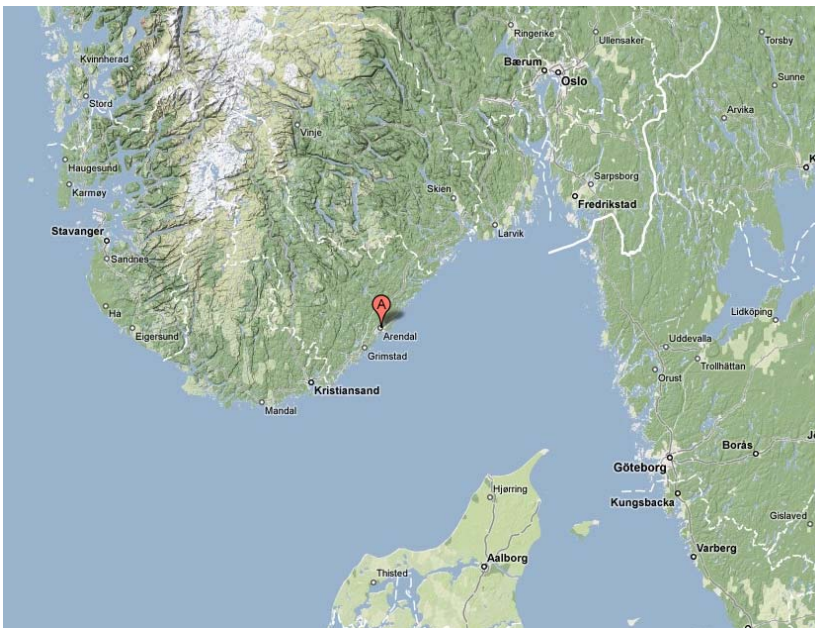


Figure C-1. Location (Map: maps.google.com)



Figure C-2. Overview (Photo: Torill R. Larsen, Arendal kommune)



Figure C-3. Orientation (Photo: Gulesider.no)

C1.2.1 Orientation

The façade facing the sea (harbour) is oriented South South-East, SSE. In the simulation it has been used an angle of 165° from North, N (clockwise).

C1.2.2 Exposition

The building is exposed to the exterior on three sides, and is on the waterfront. In the simulation it has been considered a non-screened building with more than one façade exposed to wind.

C1.3. Ownership and use

The building hosts three independent institutions: an international high school occupies the first two floors, a health station for mothers and babies takes the third floor, while the UN-GRID offices are on the fourth and fifth floors.

C1.4. Building's history

The building was originally constructed in 1965 as the administrative building of the local electric company. In 2004 the building was purchased by GRID (UN institution under the UNEP programme) and completely renovated, See Figure C-4. The renovation work was completed in 2006.

The UN-GRID office pursues a policy of sustainability and environmental neutral impact, and they are amongst the promoters of a Climate Neutral Network, which involves also the municipality of Arendal. The spillage material from renovation was sorted and recycled. In order to pursue their policy they had set a target of 150 kWh/m²y for net energy demand after rehabilitation, which was later lowered to 135 kWh/m²y during the process (even though the participant at the meeting did not remember exactly why). The main measures adopted consist of:

- a sort of double skin façade that employs so called box windows, described later
- extra insulation on external walls and roof
- adoption of a heat pump coupled with sea water to supply both heating in winter and cooling in summer
- the use of solar collectors for domestic hot water production (only marginal effect because there is little demand for hot water in this building, more for the image).

It is unofficially believed that the energy consumption before renovation was above 300 kWh/m²y, while today's consumption, due to the heat pump, is just above 100 kWh/m²y. At the moment of deciding on the investment it was assumed as a rough estimation that extra investment in the buildings envelope (so without considering the heat pump) would have guaranteed a saving of at least 100 kWh/m²y. Considering approx. 2,500 m² and an energy cost of 1 NOK/kWh, this would give a saving of 250 000 NOK/y, or 2,5 Mill. NOK in 10 years. Despite these considerable savings, the total cost for purchasing and renovating the building was also high: approx. 40 Mill. NOK, or about 18 000 NOK/m². Hence, the running cost for this building results high due to the amortization of the high investment, and from an investor point of view the return on investment would normally not be attractive.



a)



b)

Figure C-4. FN huset in year a) 2006 after the renovation work, and b) 2004 before (Photo: Skanska)

C1.4.1 Existing documentation and contacts

Skanska:

Kai Paulsen, Thore Andre Thorsen (contact)

Firma: Strømmen Oppvekstsenter

Tel: 46 62 04 30

email: Thore-Andre.Thorsen@skanska.no

Asked for construction details as after rehabilitation; data are on their way via post, in a memory stick, but haven't arrived yet at the moment this report is written.

A7 Arkitekter:

Ragnild og Tore Drange

email: ragnild@a7arkitekter.no;

Provided architectural drawings for the floors planimetry, windows overview, and construction details as before rehabilitation.

Schüco:

Alex Bjørnulf

Tel 23 12 40 84, Fax 22 29 07 08

email: abjoernulf@schueco.com

Provided some details for the box-windows.

Firma Øvind Bertsen (ventilasjon og varme):

Tor Heien

email: tor@berntsen.no

Provided drawings and technical details for the HVAC systems.

Electrical plant:

Ole Myklebost

Tel 38 14 54 57, Mob 48 11 85 21

email: Ole.myklebost@siemens.com

Provided drawings for the electrical plant.

YIT (metered electricity):

Øyvind Evesen

Mob:94858367

email: oyvind.evensen@yit.no

Provided data on metered electricity consumption.

GRID-Arendal:

Tel. + 47 9173 5 690

Luana Karvel; Luana.Karvel@grida.no

Harald Holt; Harald.Holt@grida.no

Øystein Halvorsen; Oystein.Halvorsen@grida.no (internal contact for metered data)

Peter Prokosch; Peter.Prokosch@grida.no

Janet Fernandez Skaalvik; Janet.F.Skaalvik@grida.no

C2. Building properties

C2.1. Ground conditions

The ground soil is assumed to be equivalent to mountain/granite for its thermal properties.

C2.2. Building method

C2.2.1 Façade

Before renovation the north wall was made of heavyweight concrete, with a layer of lightweight concrete on the interior and 10 cm insulation on the exterior. On the other walls there is a bearing structure of concrete pillars, in between which there is a light structure with again 10 cm insulation; but most of the space in between pillars is taken by windows.

After renovation the external walls were insulated with 20 cm mineral wool, and the concrete pillars additionally covered with bricks, as reported by the architect during the meeting. In the simulation it has been assumed all external walls have an overall U-value = 0.2 W/m²K.

C2.2.2 External roof

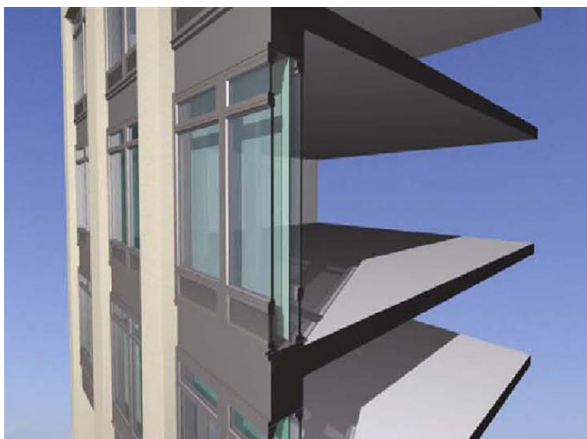
After renovation it has 30 cm of mineral wool, as reported by the architect during the meeting. In the simulation it has been assumed all external walls have an overall U-value = 0.13 W/m²K.

C2.2.3 Windows

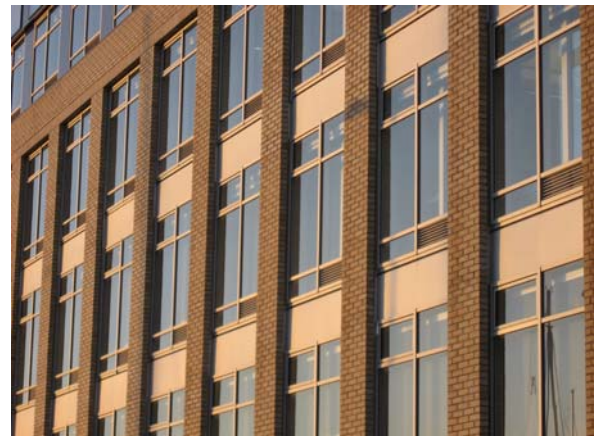
The south and east facades are equipped with box-windows. This is a sort of double skin façade, but where every single window is independent. The box window is mounted in between the load bearing concrete pillars. The inner glass is a double glass with low emission coating, while the external one is a single clear glass. The external part of the box has an opened grate in the bottom right part (always open), and an operable opening in the upper left part. In summer time the opening allows air circulation within the cavity, so limiting the risk of overheating. See Figure C-5 and Figure C-6 a) for the thermal properties.

Windows in the north façade and all windows on first floor are not box-windows.

In the simulation it has been assumed that the box-windows have a glazed area of 80%, g-value of 0.27 and an overall U-value of 1 W/m²K, including the frame. This is to take somehow into consideration an improvement in the performance of the inner glass due to the box-window, in the absence of any better data or measurement or specific analysis. The other windows (non box-windows) are assumed to have a glazed area of 90%, g-value of 0.33 and an overall U-value of 1.2 W/m²K, including the frame.



a)



b)

Figure C-5. the box-window a) sketch b) (Photo: Sintef Byggforsk / Matthias Haase)

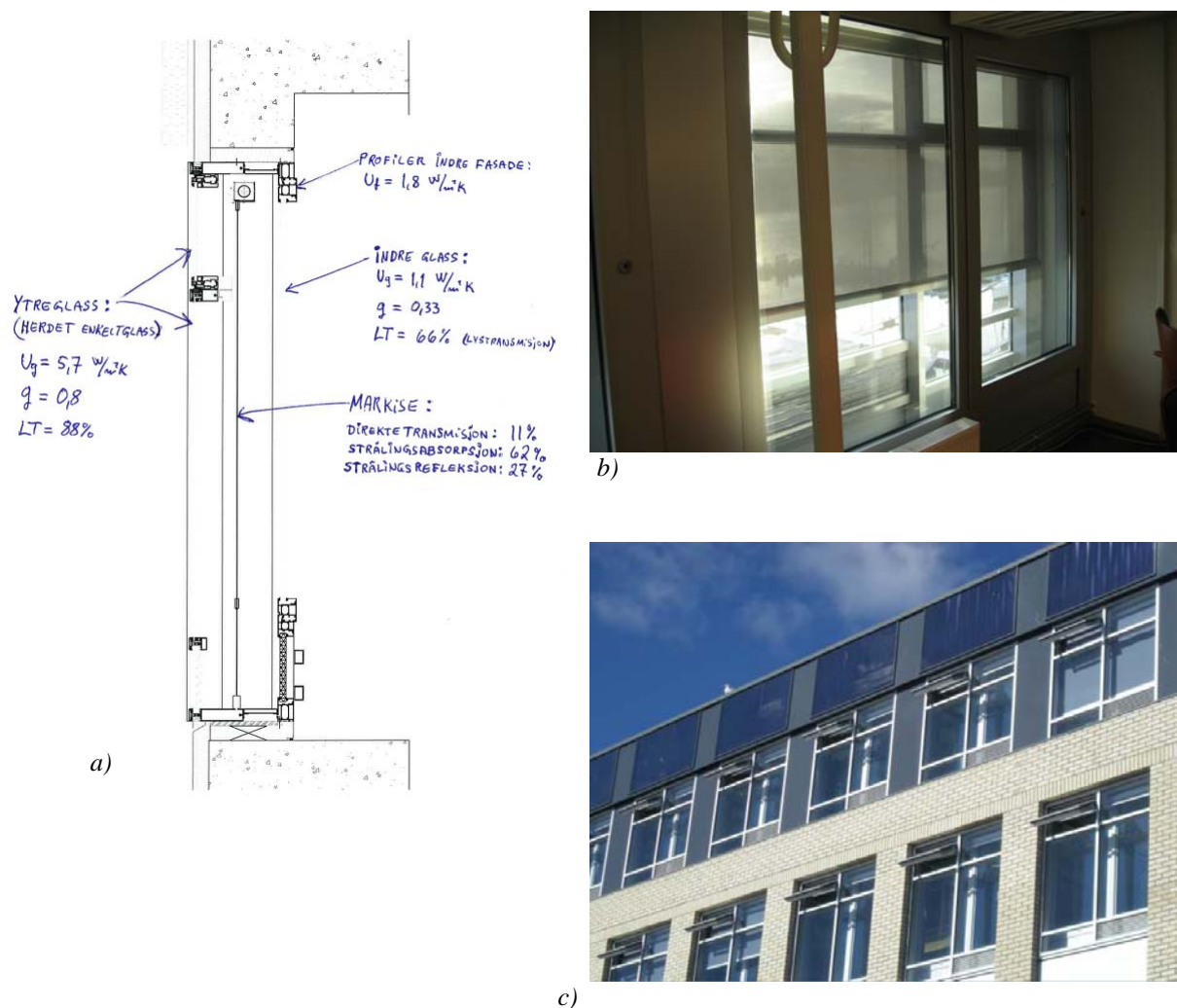


Figure C-6. a) box-window properties b) solar shading curtain c) automatic window opening (Photo: Sintef Byggforsk / Matthias Haase)

C2.2.4 Solar shading

Solar shading curtains are mounted in the box-window cavity, and are controlled manually by the users. See Figure C-6 b). In the simulation it has been assumed that solar shading conforms to the NS3031 definition of manual control.

C2.2.5 Double skin façade (box-windows) control

The operable parts of the box-windows are operated automatically in response to temperature sensors. Two sensors are installed on the south façade and two on the east façade. All windows in one façade are operated together. See Figure C-6 c).

C2.2.6 Internal walls and ceilings

Floor slabs are made of concrete, 30 cm thick. Ceilings are covered with acoustic insulating counter-ceilings.

C2.2.7 Thermal bridges

There is no information available on the thermal bridges. In the simulation it has been assumed a normalized value of $0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$, according to the NS 3031.

The values for this feature have been fine tuned to calibrate the results with the metered data, see Calibration.

C2.2.8 Infiltrations

There is no information available on infiltrations, and a blower door test has not been performed. In the simulation it has been assumed $n_{50} = 2.0$ ach, which is a little higher than the requirement for new construction ($n_{50} = 1.5$ ach in TEK07). This should take into consideration that the recent renovation work has improved the air tightness, but still the building is exposed to the sea wind. The values for this feature have been fine tuned to calibrate the results with the metered data, see Calibration.

C2.3. Façades

The building has been partitioned into three zones, corresponding to the three different institutions that occupies it: school in the first and second floors, health station in the third, and office in the fourth and fifth. For each zone, three façades are considered: south, east and north. The west façade is toward an adjacent building and so it is assumed to have no thermal dispersions.

Table C-1. Façade and window areas

Zone	South [m ²]		East [m ²]		North [m ²]	
	Total	Window	Total	Window	Total (exposed)	Window
School	194	134	88	61	194	36
Health station	93	72	42	33	93	18
Office	186	143	84	65	228	36
Window % per façade	74 %		74 %		17 %	
Window % per heated floor area	25 %					

C2.4. Floor area and volume

Figure C-7 shows the plan of the 4th floor.

Table C-2. Floor areas and room volumes

Floor	Use	Heated Area (bruksareal) [m ²]	Room air Volume [m ³]
Basement	Technical room for heat pump	30 (not considered)	
1.	School	668	2 004
2.	School	439	1 208
3.	Health station	428	1 177
4.	Office	428	1 177
5.	Office	428	1 177
Sum		2 391	6 743



Figure C-7. 4th floor, GRID offices (A7 arkitekter)

C3. HVAC installations

See Figure C-8 for a schematic summary of the heating and cooling sources and distribution principles. See Appendix A – sketch of heating and cooling system for more details.

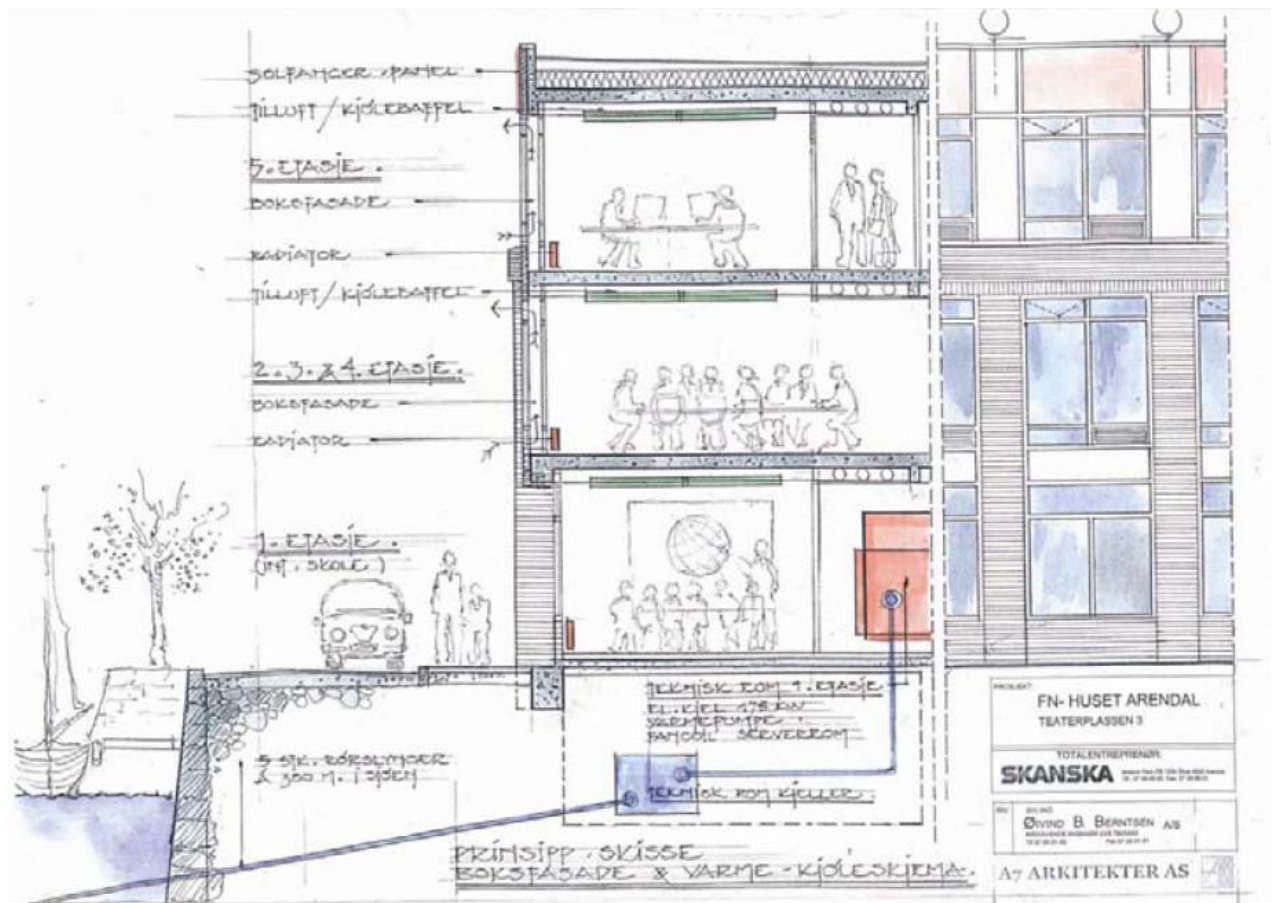


Figure C-8. Sketch of heating and cooling principle (a7 arkitekter)

C3.1. Energy supply

Electricity is the only energy carrier used in this building.

Two cooling machines (16kW + 18.3 kW, Daikin EUWN20HzW1) are used as heat pump in winter and as cooling machine in summer. The alternate function is obtained by manually inverting the inlet/outlet pipes at season change. The machines use seawater as the heat source/sink. According to data from the VVS contact person the data are somehow different and the dimensioning is as follows:

- Heat pump: heating power of 104 kW, electricity use of 43 kW, hence a COP = 2.4.
Temperature of the fluid: evaporator 0/-5 °C, condenser 45/50 °C.
- Cooling machine: cooling power of 145 kW, electricity use of 40 kW, hence a COP = 3.6.
Temperature of the fluid: evaporator 13/8 °C, condenser 40/45 °C.

There is also an electric boiler connected in series with the heat pump that is used to cover the peak load and also serves as a back-up system. The electric boiler has a capacity of 175 kW.

C3.2. Heating

The building is equipped with radiators for space heating of the rooms. The radiators are designed to work with a supply/return temperature of 60/40 °C. The actual supply temperature is determined by the heat pump, in order to optimise its COP. The flow of hot water into the radiators, instead, is adjusted locally. In every floor there are a number of digital thermostats (per each room or open space area) and it is possible for the users to set the desired temperature. The temperature setting is unique for heating and cooling. However, the users can change the settings any time they want, so winter and summer set points are normally different. It shall be noticed that because the cooling machine cannot operate in winter (see above §C3.1) there is never simultaneous cooling and heating in winter. This may happen in summer though (or in swing season) when the cooling

machines are operating and the electric boiler can still supply heating if that is required by some of the thermostatic controllers.

C3.2.1 Heating capacity

From the technical drawings it results that hot water to the radiators is supplied through a heat exchanger. On the supply side of the heat exchanger is the heat pump + electric boiler plant. This is dimensioned for a load of 2.5 l/s, and a temperature difference of 5 °C, as from above. Hence it results:

$$q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T = 2.5 \frac{l}{s} \cdot 4200 \frac{J}{kgK} \cdot 5K = 52500W \cdot \frac{1}{2391m^2} \cong 22 \frac{W}{m^2}$$

C3.3. Hot water

Hot water production is made by solar collectors and an electric boiler of 5 kW capacity, coupled with two accumulator tanks of 1 000 l each.

C3.3.1 Solar collectors

The solar collectors' area is about 30 m², mounted vertically on the south façade, on top of the upper floor windows. The vertical mounting increases the solar energy harvesting in winter while decreasing overheating problems in summer. It is estimated that on an annual basis the solar system covers 50% of the domestic hot water demand.



Figure C-9: Solar collectors on the top of the south façade (photo Sintef Byggforsk / Matthias Haase)

C3.4. Ventilation

There are two balanced ventilation systems, one for the school and the other for the health station and the offices. Both are equipped with a rotary wheel heat recovery, heating battery and cooling battery. From the technical drawings of the ventilation system it was possible to estimate the capacity of the heating and cooling batteries.

The supply air is distributed in the rooms by means of conventional ceiling air diffuser in the school, while in the upper floors it is distributed through ceiling elements that provides both ventilation and radiant cooling, see Figure C-10.



Figure C-10. Integrated ventilation and cooling in the ceiling elements, a) overview b) detail (photo Sintef Byggforsk / Matthias Haase)

In both systems the return air is collected in a single point in each floor (sentralt avtrekk). This reduces the ductwork and therefore the pressure drop in the return air path; as a consequence the return air fans have a nominal power lower than the corresponding supply fan. The parameters for the two ventilation systems are reported in Table C-3.

Table C-3. Main parameters for the ventilation systems

	Nominal air flow [m ³ /h]	Supply air temp [°C]		Operation Mon-Thu	Operation Friday
School	8 000	Oct-Apr 19	May-Sep 18 (assumed)	07:30 – 16:00	07:30 – 16:00
Health station Office	11 000	Oct-Apr 21	May-Sep 18 (assumed)	07:00 – 17:00	07:00 – 16:00

C3.4.1 Ventilation heating battery capacity

Water flows are taken from the technical drawings, while delta temperature is assumed.

$$\text{School: } q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T = 0.75 \frac{\text{l}}{\text{s}} \cdot 4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 15\text{K} = 47250\text{W} \cdot \frac{1}{1107\text{m}^2} \cong 42 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Health station and Office: } q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T = 1.1 \frac{\text{l}}{\text{s}} \cdot 4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 15\text{K} = 69300\text{W} \cdot \frac{1}{1284\text{m}^2} \cong 54 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

C3.4.2 Ventilation cooling battery capacity

Water flows are taken from the technical drawings, while delta temperature is assumed.

$$\text{School: } q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T = 2.0 \frac{l}{s} \cdot 4200 \frac{J}{kgK} \cdot 5K = 42000W \cdot \frac{1}{1107m^2} \cong 38 \frac{W}{m^2}$$

$$\text{Health station and Office: } q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T = 2.7 \frac{l}{s} \cdot 4200 \frac{J}{kgK} \cdot 5K = 56700W \cdot \frac{1}{1284m^2} \cong 44 \frac{W}{m^2}$$

C3.4.3 Natural ventilation

Where there are box-windows natural ventilation is not possible. The inner pane of the windows is operable but the handlers have been removed to avoid improper use of the windows. Natural ventilation is still possible by opening the windows in the north side in all floors, and by all windows in the first floor.

C3.4.4 Night ventilation

There is no night ventilation.

C3.5. Cooling

The school does not have an active cooling system. The health station and the office floors have active room cooling supplied by integrated ceiling elements for ventilation and radiant cooling, see §C3.3.

C3.5.1 Cooling capacity

Water flows are taken from the technical drawings, while delta temperature is assumed.

Health station and Office only:

$$q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T = 1.8 \frac{l}{s} \cdot 4200 \frac{J}{kgK} \cdot 5K = 37800W \cdot \frac{1}{1284m^2} \cong 29 \frac{W}{m^2}$$

C3.6. Indoor climate

The temperature set point is decided by the users using digital thermostats, and there is no setback for night and weekend, or it is unknown. Table C-4 reports the set point temperatures registered at the moment of the visit.

Table C-4. Range of temperature set points at the moment of the visit

	Set point temperature [°C]	Notes	Adopted in Simulation [°C]
School 1. floor	18 – 22	One small office 23.8	21.5
2. floor	21 – 22		
Health station 3. floor	21 – 24		23
Office 4. floor	21 - 22.5		21
	5. floor	19 – 21	

C3.7. Fans and pumps

In both ventilation systems the return air is collected in a single point in each floor (sentralt avtrekk). This reduces the ductwork and therefore the pressure drop in the return air path; as a consequence the return air fans have a nominal power lower than the corresponding supply fan. The parameters for fans and pumps are reported in Table C-5. Data for the fans are given while those for the pumps are assumed.

Table C-5. Main parameters for fans and pumps

	Nominal air flow [m ³ /h]	Nominal supply fan power [kW]	Nominal supply fan power [kW]	Nominal SFP [kW/m ³ /s]	SFP from calibration* [kW/m ³ /s]	Nominal SPP [kW/l/s]
School	8,000	2.23	1.90	1.9	2.9	1.0
Health st Office	11,000	3.26	2.81	2.0	2.9	1.0

* see §C8.1.3

C3.8. Controls

Lighting and ventilation in the rooms are controlled by a motion sensor. After 20 minutes of inactivity lights are switched off and ventilation is reduced at 30%.

C4. Electrical installations

C4.1. Lighting and control

From the electrical plant drawings it emerges the following installed lighting capacity:

- 1st floor (School): 9 320 W
- 2nd floor (School): 5 006 W
- 3rd floor (Health station): 3 388 W
- 4th floor (Office): 3 081 W
- 5th floor (Office): 2 998 W

The building is equipped with motion sensors that automatically switch off lights after 20 min of inactivity. It is also possible to manually adjust the light intensity in some of the lights. In consideration of this the lighting contribution to the internal gains has been assumed:

- School: 10 W/m² (13 W/m² of installed capacity, 10 W/m² standard value in NS 3031)
- Health station: 7 W/m² (8 W/m² of installed capacity, 8 W/m² standard value in NS 3031)
- Office: 6 W/m² (7 W/m² of installed capacity, 8 W/m² standard value in NS 3031)

C5. Other

The building has a small tea-kitchen in each of the three institutions, whose energy demand is (supposed to be) included in the average electrical equipment demand in each zone. There is no parking in the building and there are no revolving or electric doors. There is a lift, a snow melting system under the sidewalk around the building, and some external lighting. These latter items may be metered all together in a main meter, see §C7.2 (but this is only inferred because no clear explanation was given).

C6. User equipment

C6.1. Occupancy

Based on the information collected during the meeting the number of people in the building is indicatively as follows:

- School: 80-90 pupils (between 6 and 16 years old), plus professors and administrative personnel
- Health station: around or less than 10 mothers with babies (not necessarily staying over night), plus nurses
- Office: 10-15 people per floor

However, because of the uncertainty on these numbers, in the simulation it has been assumed the standardized internal heat contribution from people in accordance with NS-3031, so:

- School: 12 W/m²
- Health station: 3 W/m²
- Office: 4 W/m²

The occupation time has been assumed:

- School: 8 hours a day, 5 days a week, 48 weeks (holidays in July) – NS 3031: 10/5/44
- Health station: 10 hours a day, 5 days a week, 52 weeks (no holidays) – NS 3031: 12/5/52
- Office: 10 hours a day, 5 days a week, 52 weeks (no holidays) – NS 3031: 12/5/52

C6.2. Electrical equipment

The number and power of electrical equipment has not been counted during the visit to the building. Rather, as metering is available on the electric consumption for the different floors (all non-HVAC consumption) the amount of power used by electrical equipment has been inferred by calibrating the input to the metered data (assumed to be constant every month), as explained later, see Calibration. The resulting figures are:

- School: 4 W/m² (6 W/m² standard value in NS-3031)
- Health station: 4.5 W/m² (4 W/m² standard value in NS-3031)
- Office: 10.5 W/m² (11 W/m² standard value in NS-3031)

The offices have a server room with an installed capacity of approx. 4 kW that operates 24/7. However, the calibration was made without taking this into consideration, and the electrical equipment is supposed to be in use according to the occupancy schedule. The use of electricity to operate the lift is not measured separately, and so it is included in the above figures.

C6.3. Supervision of real energy use

There are 8 internal meters in the building and the real energy use is supervised by YIT.

A screen installed at the entrance of the office area shows to the users the total power consumption and the power consumption from the day before. See Figure C-11.



Figure C-11. Display of the power consumption by the entrance of the office area (photo Sintef Byggforsk / Matthias Haase)

C7. Metered delivered energy

Metered data for this building are available in two ways: total electricity use as metered remotely by the electricity company (nettleverandør), and electricity use divided by purpose metered locally in the building by several meters (Ref. YIT).

C7.1. Totals from electricity company

The metering from the electricity company is made on hourly basis, and is available from after the renovation, hence from October 2006. Figure C-12 shows the last two entire years set of data grouped weekly.

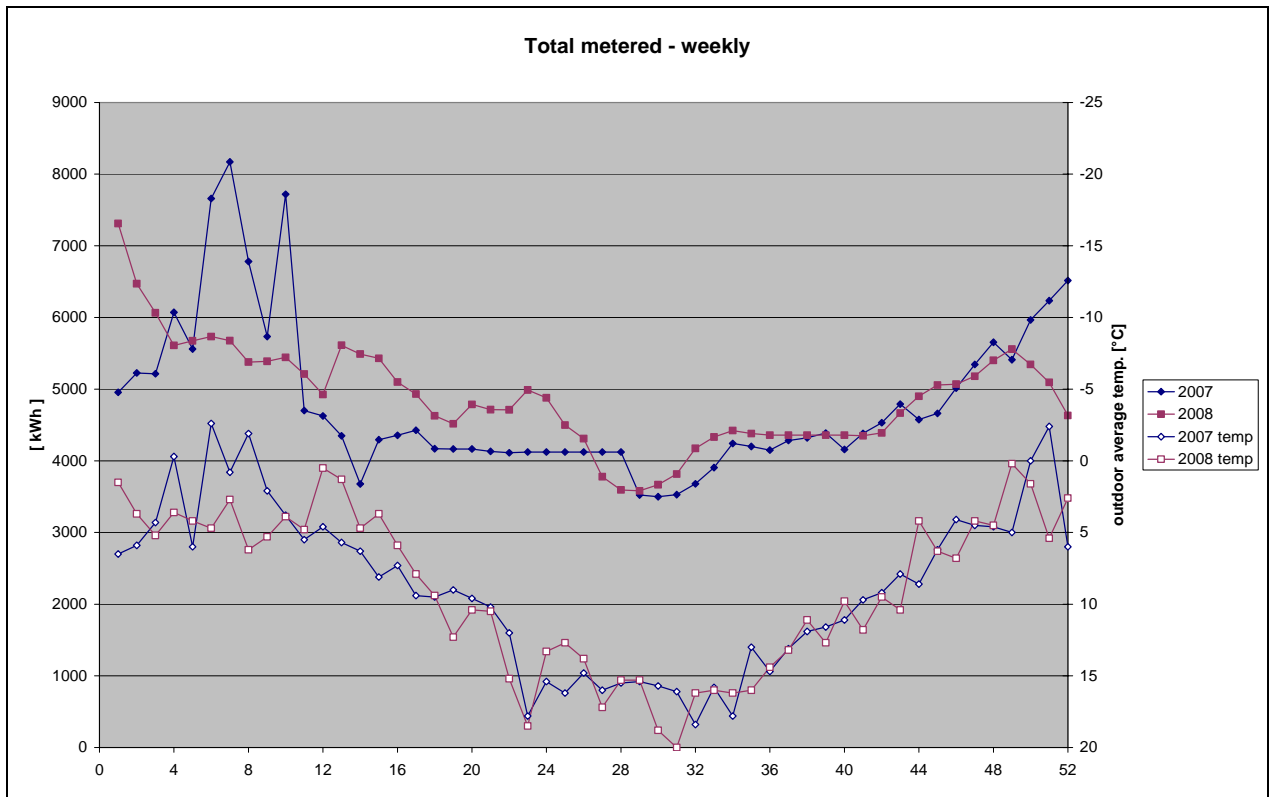


Figure C-12. Total energy use per week

The weekly data can be rearranged in order of increasing temperature, as in Figure C-13, so to visualize the temperature dependence of energy consumption. The data plot seems quite flat above about 8-10 °C, and below the average slopes are not too steep. This indicates that the building has a small cooling demand and a relatively small heating demand, while the temperature independent consumption is a significant portion of the total. This represent a typical situation of a compact building (internally dominated building) with relatively good insulation level and in a cold climate (winter dominated climate). The fact that there is a heat pump installed also contributes to flatten the temperature depending consumption in winter time.

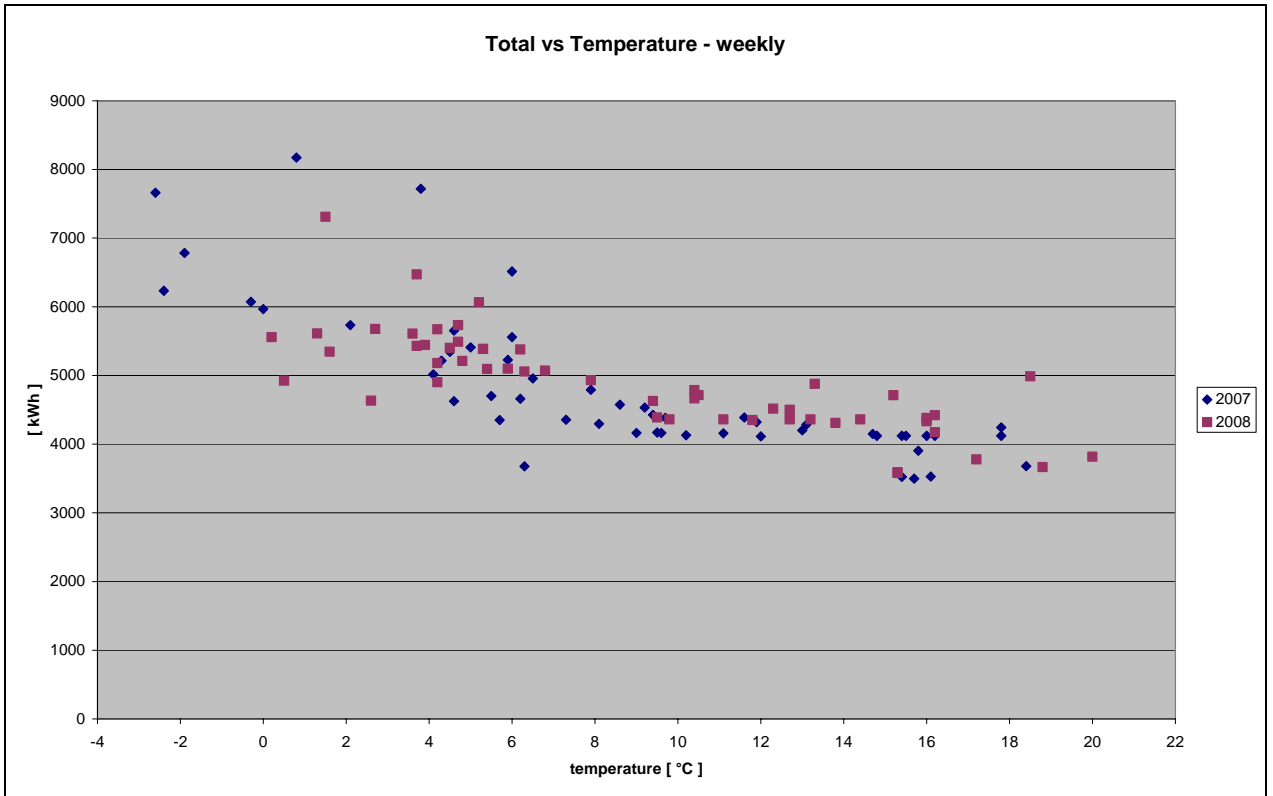


Figure C-13. Total energy use per week, temperature arranged

C7.2. Partial from internal meters

The building has also a number of energy meters in the technical room. Communication with contact persons both in YIT and in GRID provided the measurement reported in Table C-6. It must be said that at the moment of the visit it was not clear to the GRID personnel what exactly the meters named “underfordeling xxxx” measure. According to the contact person in YIT the subdivision (underfordeling) meters include diverse energy uses, i.e. lighting and plugged equipment. Furthermore, it is not clear what is measured by the meter named main meter (hovedfordeling); it may be that it includes the lift, the server room, external and corridor lights and the small electric boiler that backs up hot water preparation. It is unclear how the snow melting system works; during the visit it was understood that snow melting is made by water pipes under the sidewalk around the building, with hot water provided by the heat pump/electric boiler system. Nevertheless this information may be wrong and the main meter may include also the energy use for snow melting purposes.

Table C-6. Energy use metered by internal meters

Meter	Energy [kWh]	Date of reading
Elektrokjele	65 980	9 th February 2009
Vvs anlegg	97 281	9 th February 2009
Varmepumpe	103 063	9 th February 2009
Underfordeling 433.12	39 474	9 th February 2009
Underfordeling 433.21	24 722	9 th February 2009
Underfordeling 433.31	27 544	9 th February 2009
Underfordeling 433.41+51	79 820	9 th February 2009
Hovedfordeling	113 390	27 th February 2009
Total	551 274	

C7.3. Synthesis

The data from both the electricity company and the internal meters are reported and compared in Table C-7. The difference in the totals is significant, and it is believed that the two measurements refer to different time spans, i.e. the internal meters started their measurements in a later date than when the building started being occupied after renovation.

Disregarding the small error due to reading the main meter in another date than the other meters, the two totals can be compared. The comparison would suggest that the internal metering started around the 15.12.2006, because if the electricity company data are considered from this date onwards the total energy consumption is approximately equal to what measured by the internal meters.

Table C-7. Comparison between measurements from electricity company and internal meters

	From	To	Total [kWh]
From electricity company	01.10.2006	08.02.2009	621 606
From electricity company	15.12.2006	09.02.2009	551 242
From internal meters	?	09.02.2009	551 274

It follows from **Feil! Fant ikke referansekilden.** that the metered energy consumption refers to a period of approximately 26 months. The energy use for the temperature independent purposes can be assumed constant every month and the monthly value used to calibrate the energy simulation. In order to do this the metered data have to be associated to some energy purpose, as shown in Table C-8.

Table C-8. Metered energy consumption and its interpretation

Meter	Energy [kWh] Original reading	Months	Interpretation of energy purpose
Elektrokjele	65 980	26	Electric boiler
Vvs anlegg	97 281		Fans and pumps
Varmepumpe	103 063		Heat pump (winter + summer)
Underfordeling 433.12	39 474		Electric specific, School
Underfordeling 433.21	24 722		
Underfordeling 433.31	27 544		
Underfordeling 433.41+51	79 820		
Hovedfordeling	113 390		Electric specific, Office
			Unknown
Total	551 274		

C8. Calculated delivered energy

C8.1. Calibration

All energy simulations are made using the Norwegian software Simien (www.programbyggerne.no). Results from Simien include net and delivered energy as yearly totals, but only net energy figures are available as monthly values. Hence, post elaboration was required to calculate the monthly values for delivered energy that can be compared with the metered data. This was done using the supply system efficiencies, COPs and load coverage share used as input to Simien. The sum of the monthly data corresponds well to the yearly totals given by Simien, with only a small difference in the decimals.

All data given in this chapter are on delivered energy, if not otherwise specified.

The following purposes (or energy services) are supposed to be temperature independent, and so their monthly value can be calculated from Table C-8 and used to calibrate the input in the simulation software Simien:

- Electric specific, which includes lighting and electrical equipment. See §C4.1 and C6.2 for more details.
- Fans and pumps, which refer to a ventilation system that supply a constant nominal air volume as in Table C-5.

C8.1.1 Main meter

The energy use metered by the main meter (hovedfordeling) is considered constant each month for simplicity. Nevertheless, as seen in §C7.2 the main meter may include electricity to the small back-up electric boiler (5kW) used for hot water preparation (in combination with the solar collectors). This has been considered in the simulation, so that part of the energy use is variable during the year, while part is constant. The yearly total, however, matches the total of the main meter.

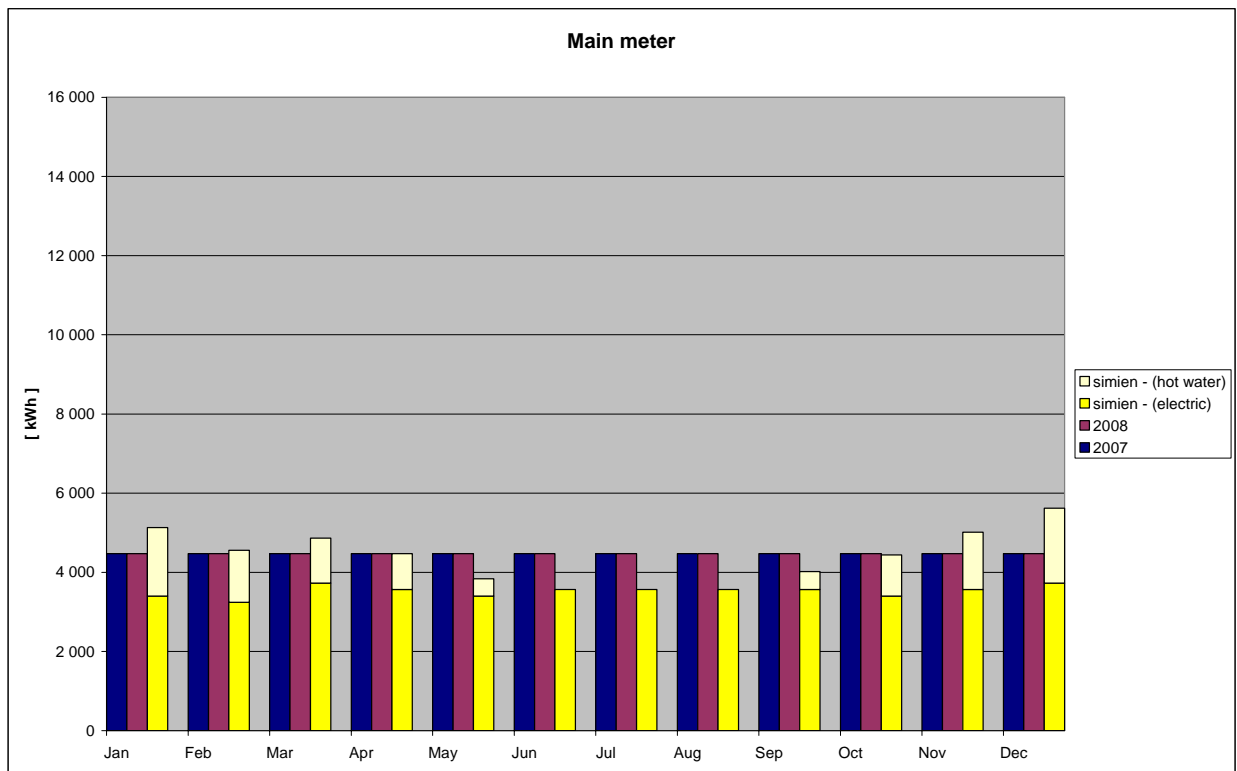


Figure C-14. Main meter - Energy use registration for 2007 and 2008 compared with simulated energy use

C8.1.2 Electric specific

Lighting values are set as described in §C4.1. Values for electrical equipment in each zone are fine tuned in order to match the totals reported in Table C-8. Figure C-15 shows the comparison between adjusted metered data and simulation results. The lower value from Simien in July is due to the school being considered closed for holidays.

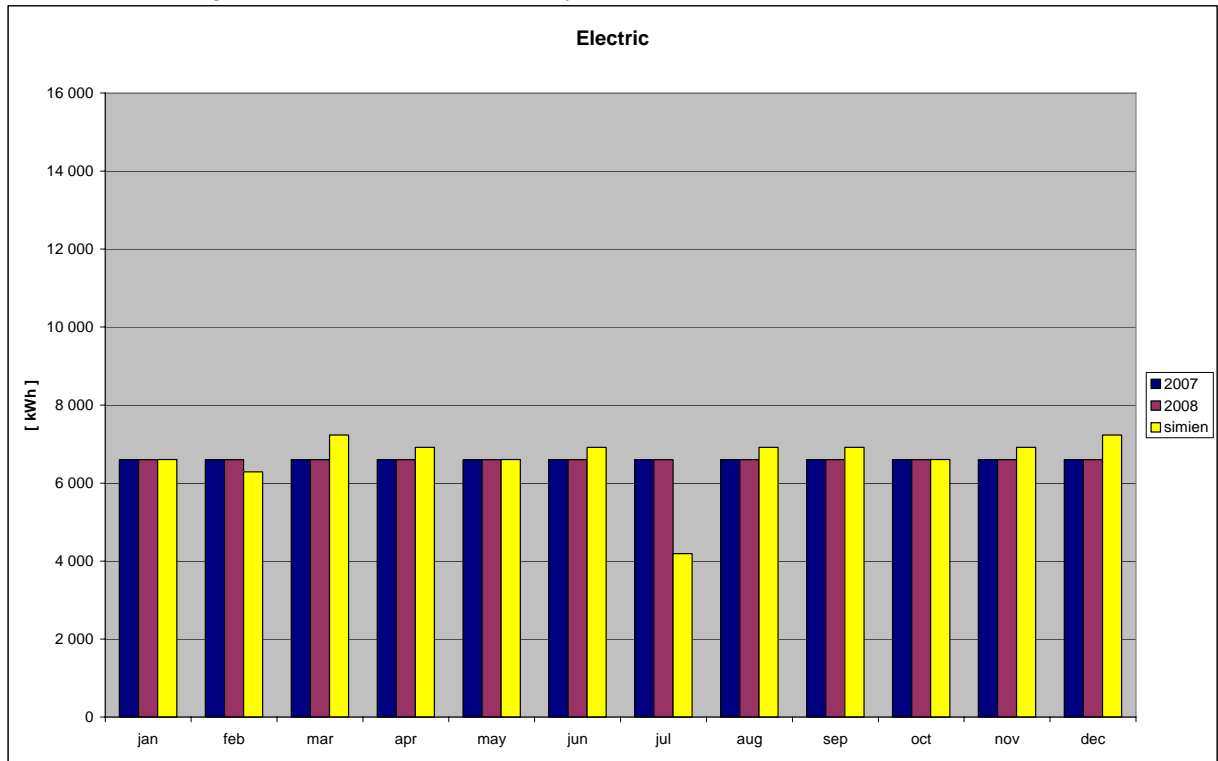


Figure C-15. Electric specific consumption (lighting + el. Equipment) for the whole building

C8.1.3 Fans and pumps

The input on SFP and SPP were fine tuned in order to match the adjusted metered data. According to the data from the VVS contact person the nominal SFP should be around 2.0 kW/m³/s in both ventilation systems, as reported in **Feil! Fant ikke referanseilden.** To match the adjusted metered data SFP values result significantly different: 2.9 kW/m³/s. This difference may be partly explained by the fact that in reality some extra component's consumption is included in the measurements, i.e. the heat exchanger's rotary wheel and anti-frost heater. Nevertheless, this suggest that there may be a higher than expected energy consumption from the ventilation fans.

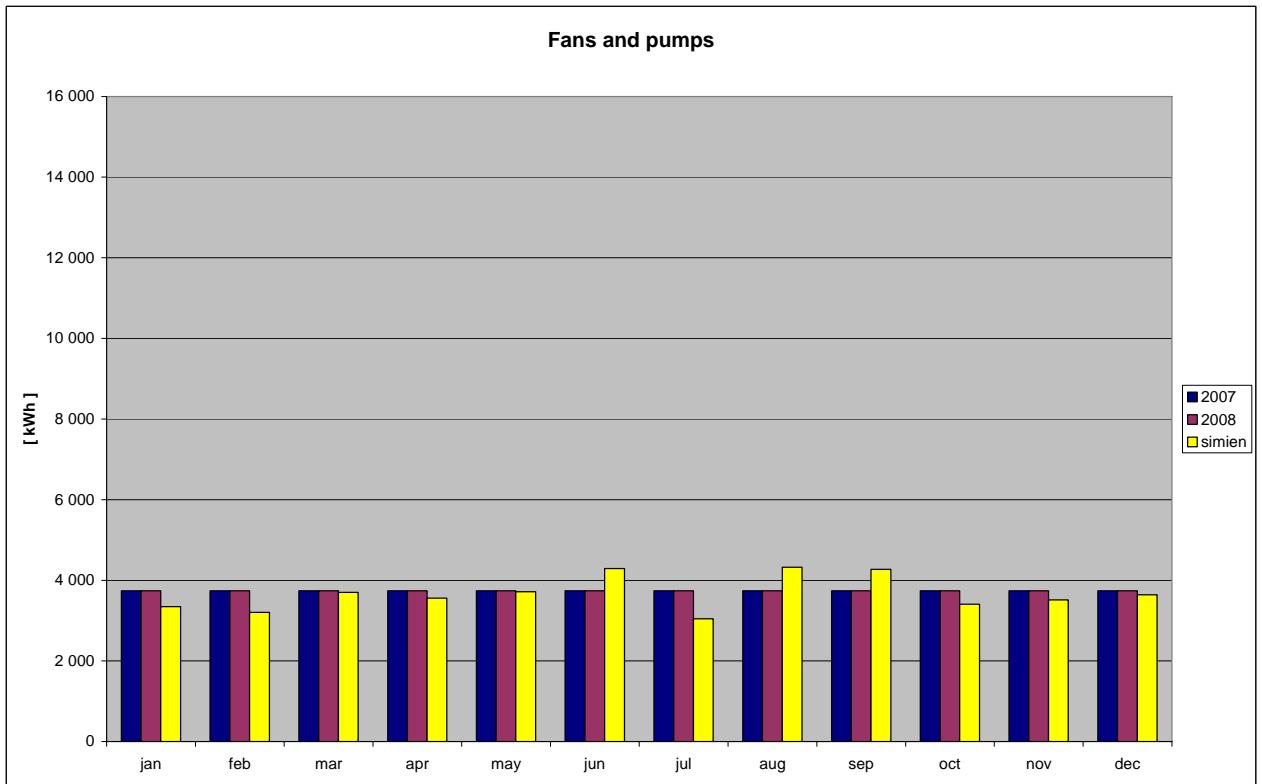


Figure C-16. Fans and pumps consumption for the whole building

C8.1.4 Outdoor temperature

Before to compare the temperature dependent loads it is worth looking at the different monthly average temperatures from the years 2007, 2008 and the Simien weather data file, see Figure C-17. Compared to the last two years the Simien weather data file presents lower average temperatures in the first half of the year, meaning a colder winter and a cooler summer, while in the second half of the year there is no substantial difference between the three data series. These differences can partly explain why in Simien heating demand tends to be higher than measured while cooling demand tends to be lower.

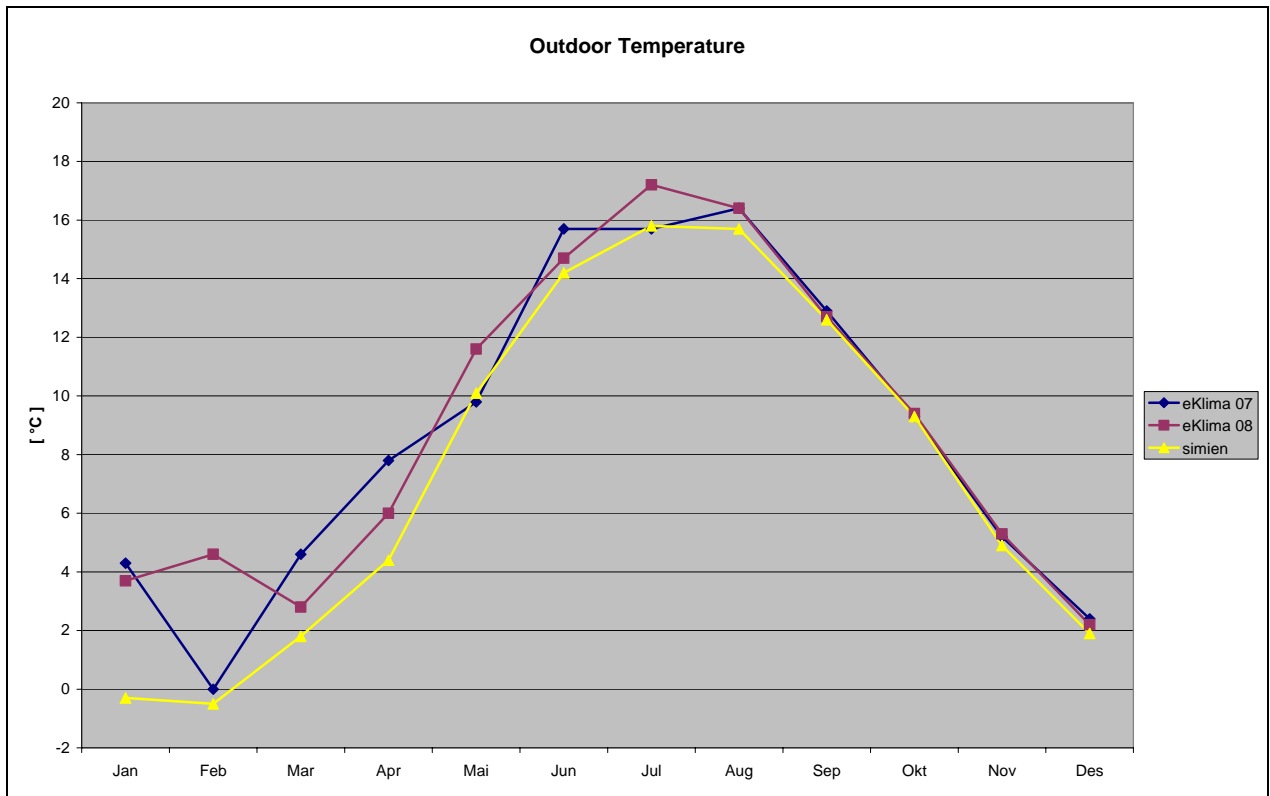


Figure C-17. Monthly average outdoor temperatures

C8.1.5 Heating

Once the data for electric specific and fans and pumps consumption has been parcelled out from the measurements, the remainder is interpreted as being the temperature dependent energy consumption. The consumption in the months from January to April and from October to December is assumed to be for heating purposes. The consumption from June to August is assumed to be for cooling purposes; while the consumption in May and September is assumed being half for heating and half for cooling.

The heating consumption inferred in this way from the measurements is compared with Simien results in Figure C-18. More in details, it is worth noticing that:

- Annual energy use for heating is 63 470 kWh (2007), 64 753 kWh (2008) and 70 967 kWh (Simien)
- Ratio of energy to the heat pump (cooling machine) system over the total energy consumption: 19% (internal meters) and 19% (Simien).
- Ratio of energy used by the electric boiler to energy used by the heat pump (cooling machine) system is: 64% (internal meters) and 62% (Simien).

The results discussed above and shown in Figure C-18 were obtained by fine tuning the following parameters:

- Share of annual room heating covered by the heat pump: 77%
- Share of annual ventilation heating covered by the heat pump: 77%
- Overall COP of heat pump system (including distribution and regulation): 2.26, when the machine's COP is nominally 2.4, see §C3.1.
- Heat recovery efficiency (rotary wheel): 65%, no data were available from the collected documentation.

It is also possible to look at the correlation between energy consumption for heating purposes and outdoor monthly average temperature, as shown in Figure C-19.

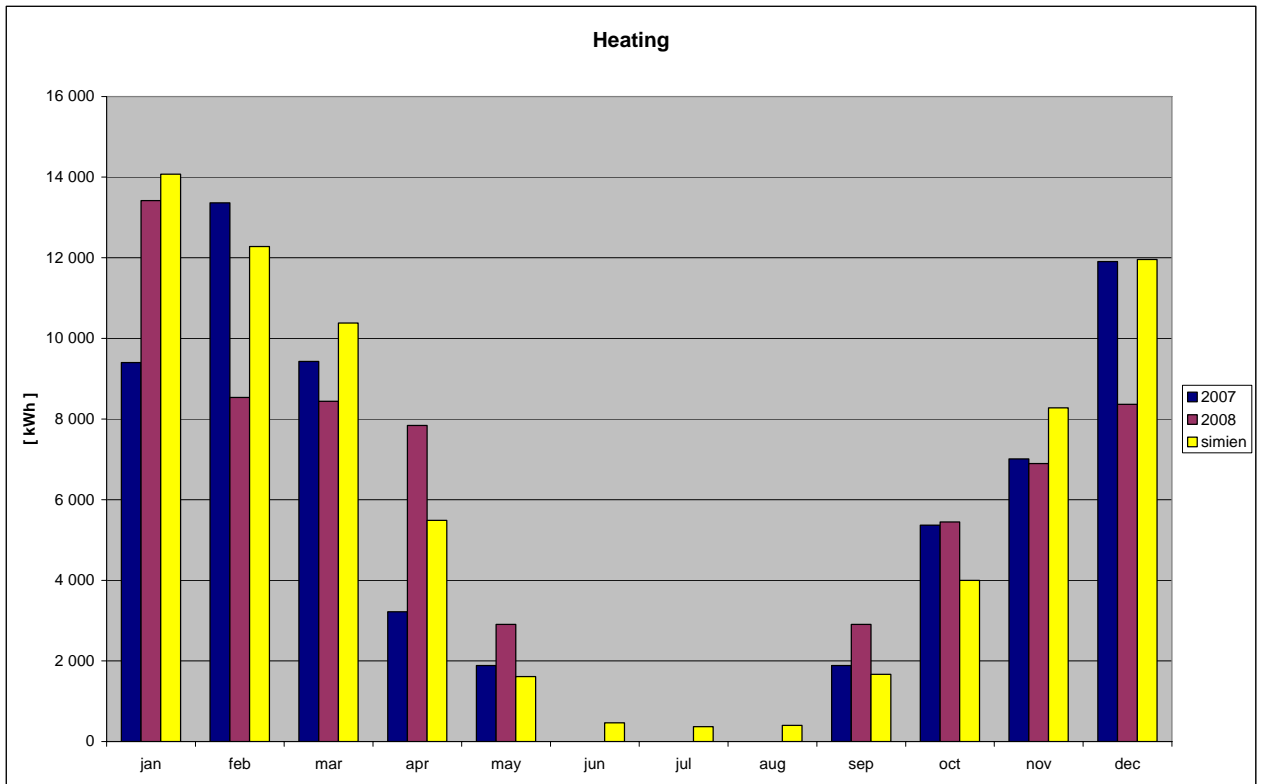


Figure C-18. Monthly delivered energy for heating, including hot water needs

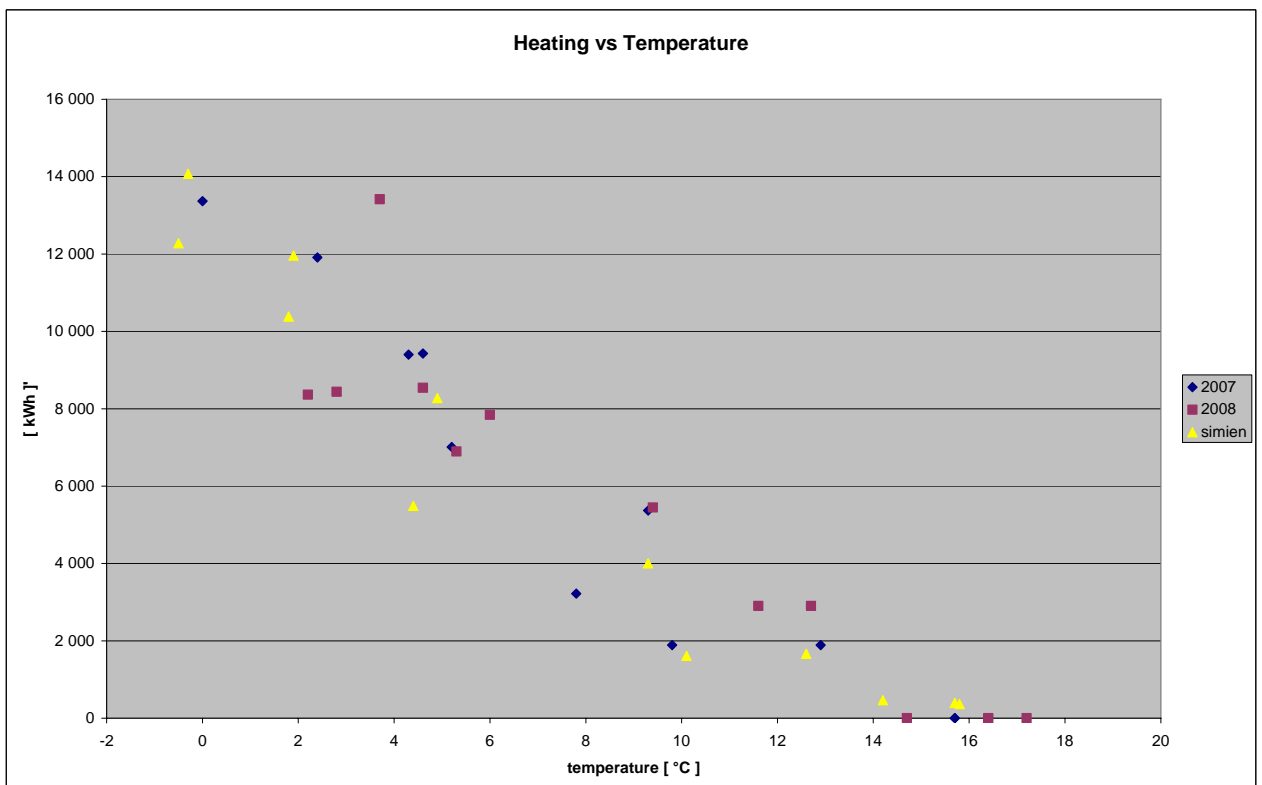


Figure C-19. Correlation between heating energy consumption and temperature

C8.1.6 Cooling

Once the data for electric specific and fans and pumps consumption has been parcelled out from the measurements, the remainder is interpreted as being the temperature dependent energy

consumption. The consumption in the months from January to April and from October to December is assumed to be for heating purposes. The consumption from June to August is assumed to be for cooling purposes; while the consumption in May and September is assumed being half for heating and half for cooling.

The cooling consumption inferred in this way from the measurements is compared with Simien results in Figure C-20. More in details, it is worth noticing that:

- Annual energy use for cooling is 11 233 kWh (2007), 15 028 kWh (2008) and 9 363 kWh (Simien)

The results discussed above and shown in Figure C-20 were obtained by fine tuning the following parameters:

- Share of annual room cooling covered by the heat pump: 100%
- Share of annual ventilation cooling covered by the heat pump: 100%
- Overall COP of heat pump system (including distribution and regulation): 2.4, when the machine's COP is nominally 3.6, see §C3.1.
- Ventilation supply air temperature in summer: 18°C in the whole building.

It is also possible to look at the correlation between energy consumption for cooling purposes and outdoor monthly average temperature, as shown in Figure C-21.

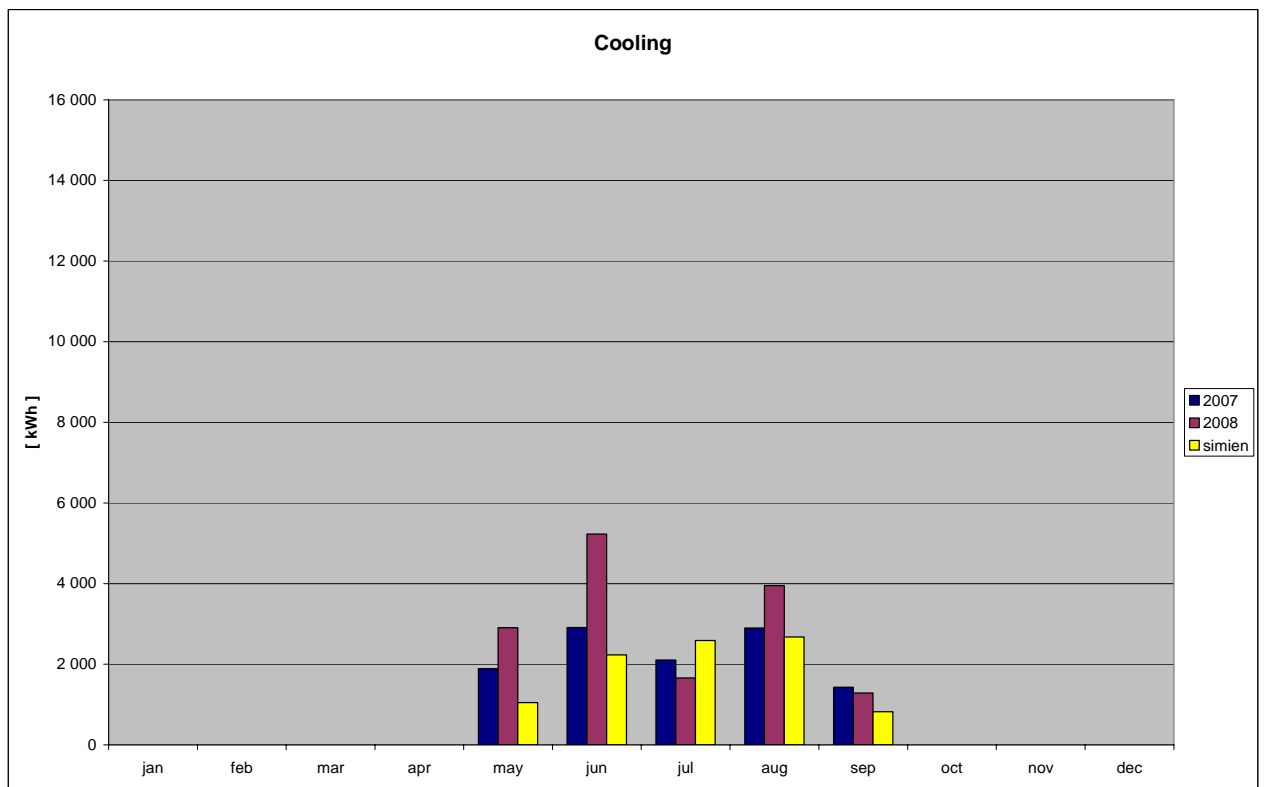


Figure C-20. Monthly delivered energy for cooling

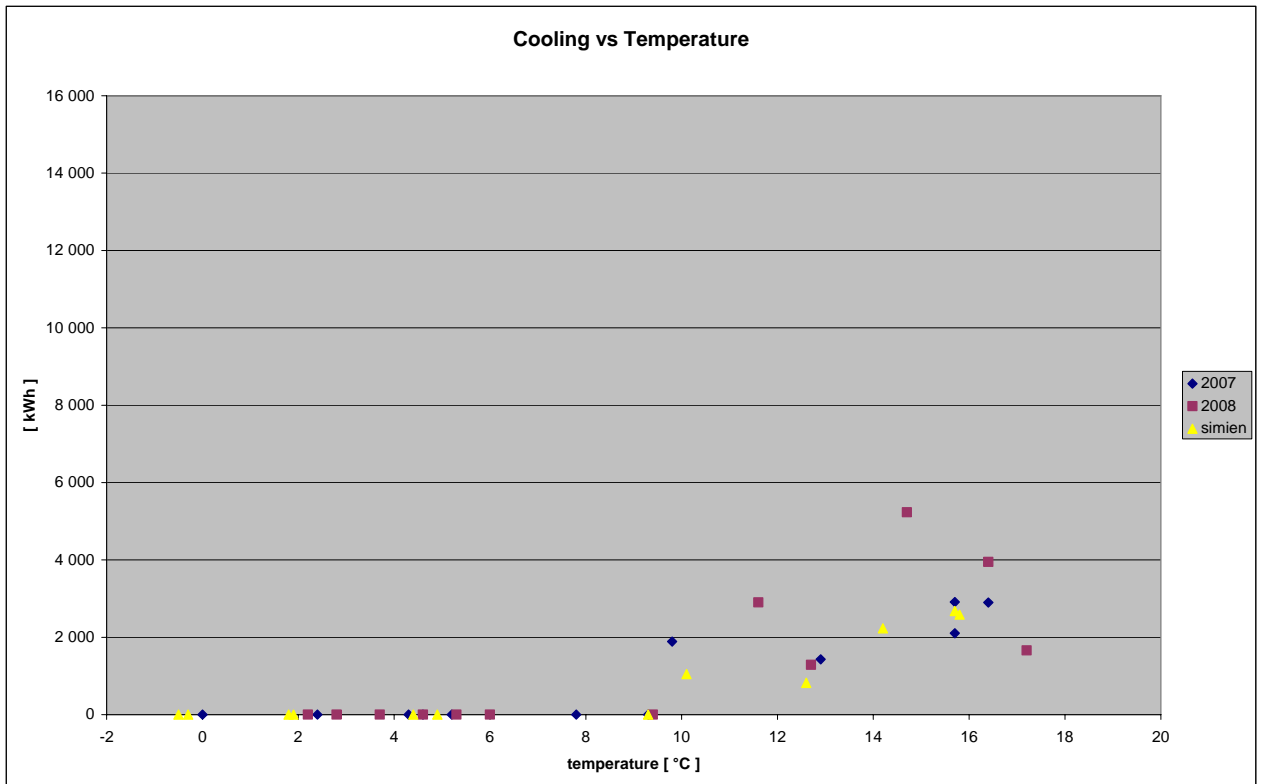


Figure C-21. Correlation between cooling energy consumption and temperature

C8.2. Delivered energy: calculate vs metered

The monthly values of total delivered energy metered for years 2007 and 2008 are shown in Figure C-22, and compared to the values obtained by the simulation in Simien (with post elaboration as explained in the Calibration paragraph). The monthly average outdoor temperatures are superimposed in the graph.

Figure C-23 shows the annual delivered energy intensities per square meter of heated floor area, subdivided into the energy uses that the available measurements allow for. Table C-9 shows total energy and intensity with degree-days correction (for heating only).

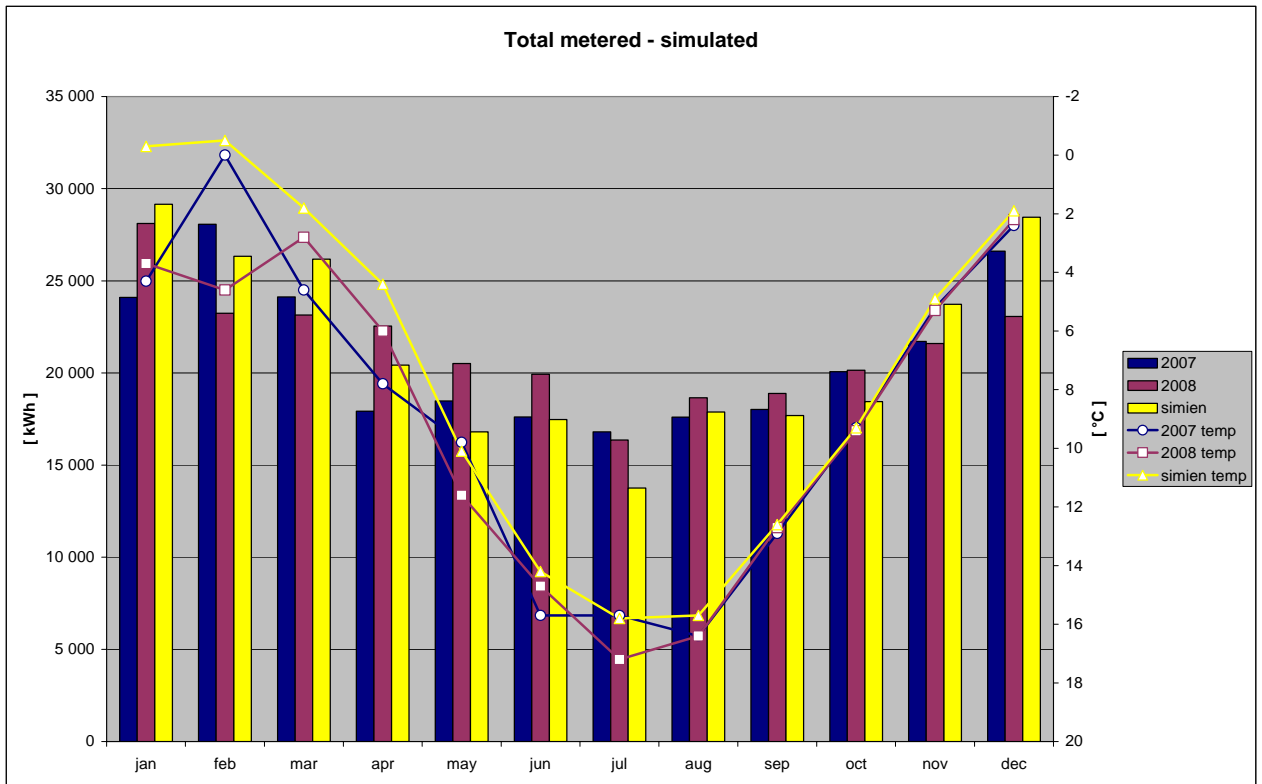


Figure C-22. Monthly delivered energy and outdoor average temperature

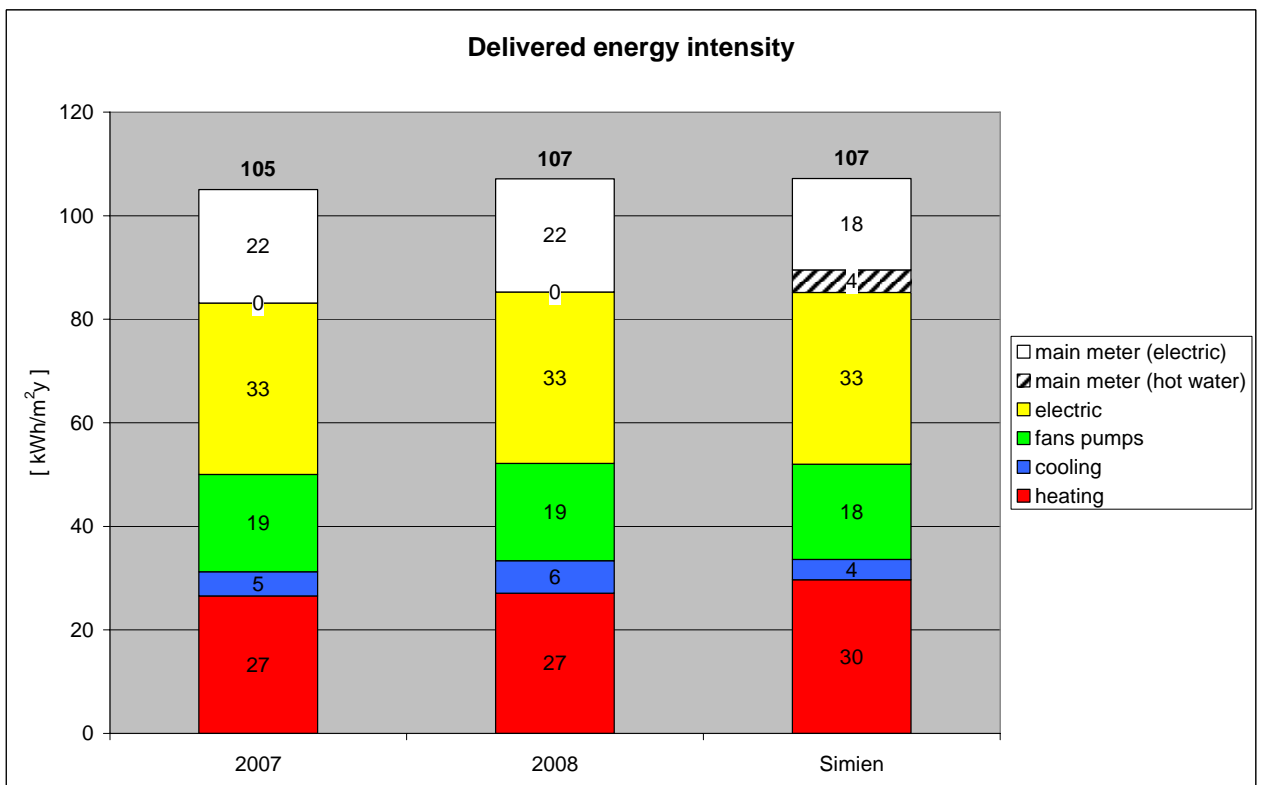


Figure C-23. Annual delivered energy intensity per square meter of heated floor area, divided by energy use

Table C-9. Delivered Energy, with degree-days corrected values

Year	Total	Intensity	Intensity degree-days corrected
	kWh/a	kWh/m ² a	kWh/m ² a
2007	251 117	105	108
2008	256 194	107	111
Simien	256 128	107	-

C9. Net energy

It is also possible to compare the results from Simien on net energy demand with the requirement from the last building code, TEK07. The TEK07 requirements are only on the total energy, and the values are different for each building category and therefore shall be compared zone by zone. The health station is here compared with reference values for an office building because it is mainly run as such. Occupation time is normally only during daytime, when mothers with young babies come for consulting with the doctors and nurses; only occasionally there is some patient staying over night. The temperature, however, is kept at higher levels (23°C) all day round.

Furthermore, as it is not known exactly what the main meter (“hovedfordeling”) meter actually measures, it is necessary to make some assumptions. It is assumed that the main meter measures electricity used by electrical equipment in the zones and in the common areas (i.e. lift), and it is distributed into the three zones proportionally with their floor area.

C9.1. Difference between standard and real conditions of use

The values in TEK07 are normative for new constructions and for buildings that undergo major renovation work. However, the FN huset was renovated before the TEK07 was enforced, and so the comparison has only informative value.

The TEK07 values met (totals only) should be when using standardised input for the calculations, as specified in the norm NS 3031. It is worth comparing also the net energy when applying real conditions of use for occupation time, ventilation flow rates and so on. Results are shown in Figure C-24 and Table C-10.

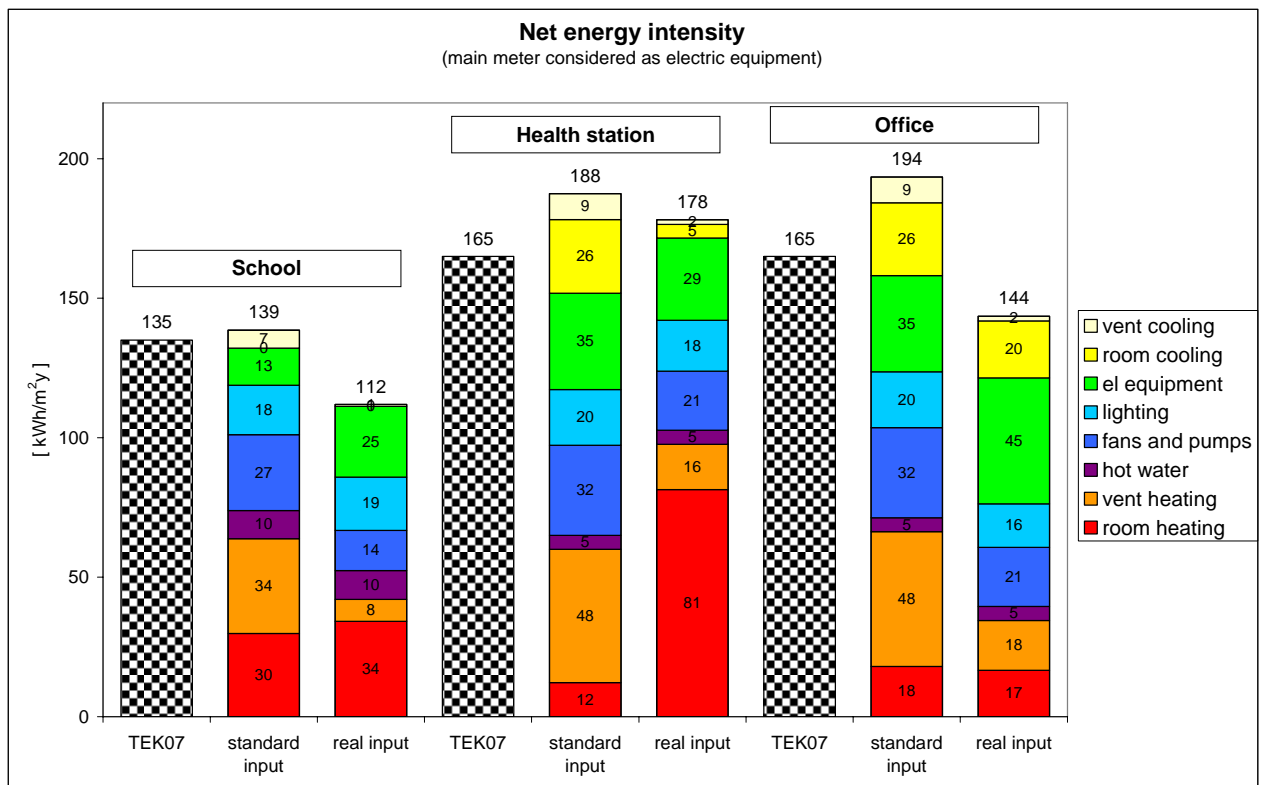


Figure C-24. Annual net energy intensity, comparison with TEK07 reference

Table C-10. Annual net energy intensity, comparison with TEK07 reference

area m2	School 1 107		Health station 428			Office 856			
	TEK07	standard input	TEK07	standard input	real input	TEK07	standard input	real input	
room heating		30	34	12	81	18	17		
vent heating		34	8	48	16	48	18		
hot water		10	10	5	5	5	5		
fans and pumps		27	14	32	21	32	21		
lighting		18	19	20	18	20	16		
el equipment		13	25	35	29	35	45		
room cooling		0	0	26	5	26	20		
vent cooling		7	1	9	2	9	2		
total	135	139	112	165	188	178	165	194	144

It is interesting noticing that none of the three zones would satisfy the TEK07 limits when using standardised input. Calculating with real conditions of use lowers the total for all zones, with school and office falling abundantly below the limits. The diverging results can be explained by causes that are in part common to all zones and in part specific of each zone.

C9.1.1 Common to all zones

The envelope's properties of the FN huset are generally poorer than those specified in the TEK07 §8.21-a), exception made for the windows, which area though is higher than specified. Heat recovery unit is also assumed to have an average lower efficiency (65% instead of 70%). Ventilation is operated less hours during day time (1 and ½ h for the school, 2 h the rest) and is completely switched off at night (NS 3031 minimum is 2 m³/hm² for non-occupation time). The fans' SFP is significantly higher (2.9 instead of 2.0 kW/(m³/s)), and this cause the fans energy demand being higher than expected when applying standard input. Applying real conditions of use, instead, results in lower energy for fans operation because of the reduced time when the ventilation is on. All data are summarised in Table C-11.

Table C-11. Building's properties compared with TEK07

	Unit	Calculation	TEK07
U-value ground floor	[W/m ² K]	0.22	0.15
U-value external walls	[W/m ² K]	0.20	0.18
U-value roof	[W/m ² K]	0.13	0.13
U-value windows	[W/m ² K]	1.2 (Box-window) 1.0	1.2
Windows area / BRA (average)	%	25%	20%
Normalized thermal bridge value	[W/m ² K]	0.12	0.06
Air tightness n ₅₀	[ach]	2.0	1.5
Total heat loss coefficient (average)	[W/m ² K]	1.14	0.93
Minimum airflow non-occupied	[m ³ /hm ²]	0	2
Heat recovery efficiency	%	65%	70%
SFP, Specific Fan Power	[kW/(m ³ /s)]	2.9	2.0

C9.1.2 School

Ventilation is operated with lower airflow rate than minimum allowed in NS 3031 (7.2 instead of 10 m³/hm²), and this explains the extremely low demand for ventilation heating and cooling. Notably, the low flow rate should be considered in relation to the questionnaire results, see §C10, that highlight how students in the school complain about poor air quality. Lower ventilation flow rates, in turn cause a higher demand for room heating. Electrical equipment demand (including a share of the main meter) is higher than standard.

C9.1.3 Health station

Temperature setting is higher than in NS 3031 (23 instead of 21°C), there is neither night setback nor night ventilation, and this explains the higher demand for room heating, also because of dispersions toward the two adjacent zones that are kept at a lower temperature. The lower time of ventilation system operation explains the lower demand for ventilation heating and cooling. This is partly due also to the higher room temperature that causes the heat recovery unit to be more effective¹. In summer the temperature setting is higher (23 instead of 22°C) and is not active in the weekends; this explains the lower room cooling demand.

C9.1.4 Office

The lower time of ventilation system operation explains the lower demand for ventilation heating and cooling. In summer cooling is not active in the weekends, and this explains the lower room cooling demand. Electrical equipment demand (including a share of the main meter) is higher than standard.

C10. Questionnaire results

The following figures show the results of the questionnaire submitted to all people present in the building the day of visiting. Of particular interest are the results from the school, because of the high number of respondents and because the school is the only zone not served by a room cooling system.

C10.1. School

Number of respondents: 58

With reference to question 1, see §C10.1.1, the three items of discomfort that are most complained about are (answer: “Ja, ofte”):

¹ However, this feature is purely due to the simulation of the three zones as being served by three independent ventilation systems. In reality both the health station and the office zones are served by a single system and so the return air from the two zones is mixed.

- Noise, 48%
- Stuffy air, 31%
- Dry air, 31%

With reference to question 2, see §C10.1.2, the building’s feature that is perceived as poorer is (answers: “dårlig + meget dårlig”):

- Ventilation and airing possibilities, 29%

With reference to questions 3, 4 and 5, see §C10.4, the comfort conditions are considered as in Table C-12, where it appears that noise is the major issue of discomfort.

Table C-12. Level of satisfaction of comfort conditions

	Very good + Good	Acceptable	Bad + Very Bad	n.a.
Temperature	43 %	40 %	14 %	3 %
Noise	26 %	24 %	45 %	5 %
Air quality	43 %	31 %	22 %	3 %

Relevant problems experienced with temperature conditions are, question 3 see §C10.4.1:

- Annoying sun in summer, 66%
- Annoying sun in spring, 52%
- Problems with sun shading, 53%
- Too hot in summer, 48%
- Cold floor in winter, 43%

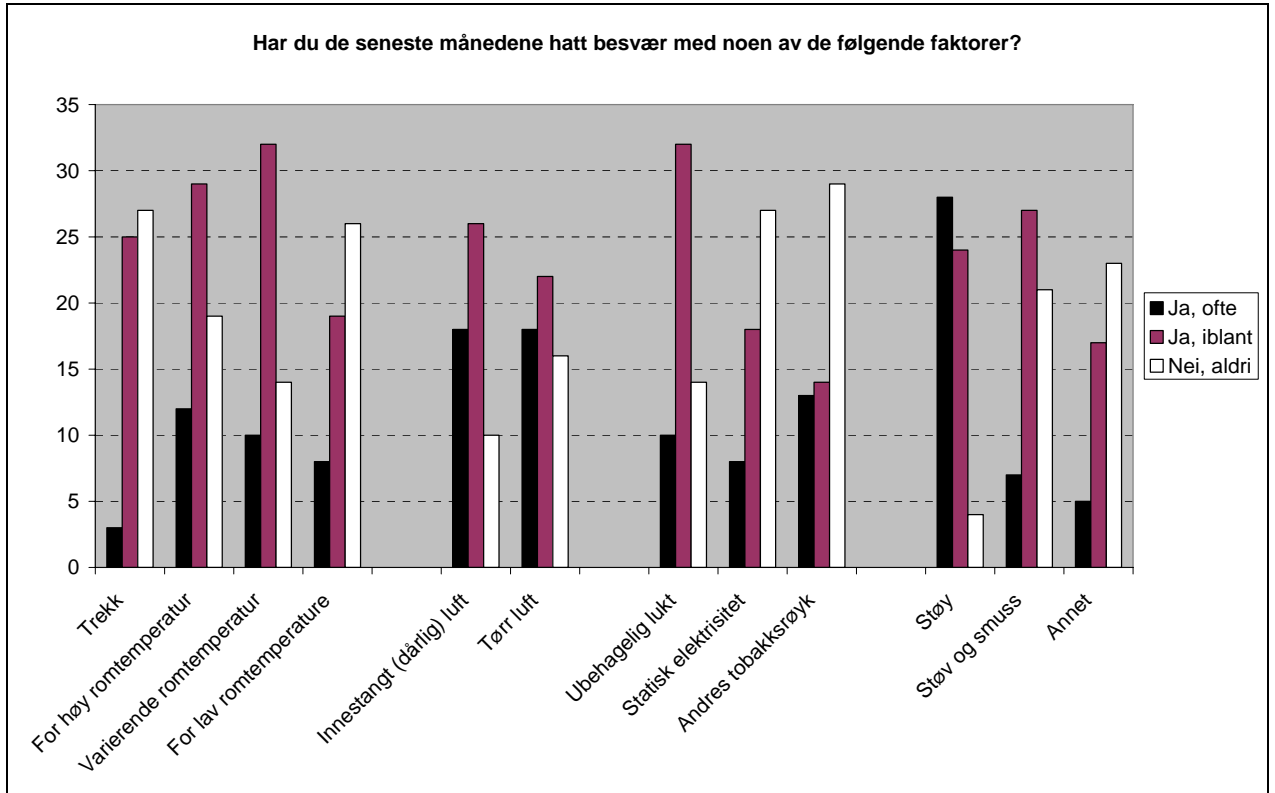
Relevant problems experienced with noise conditions are, question 4 see §C10.4.2:

- Noise from outside
- Other

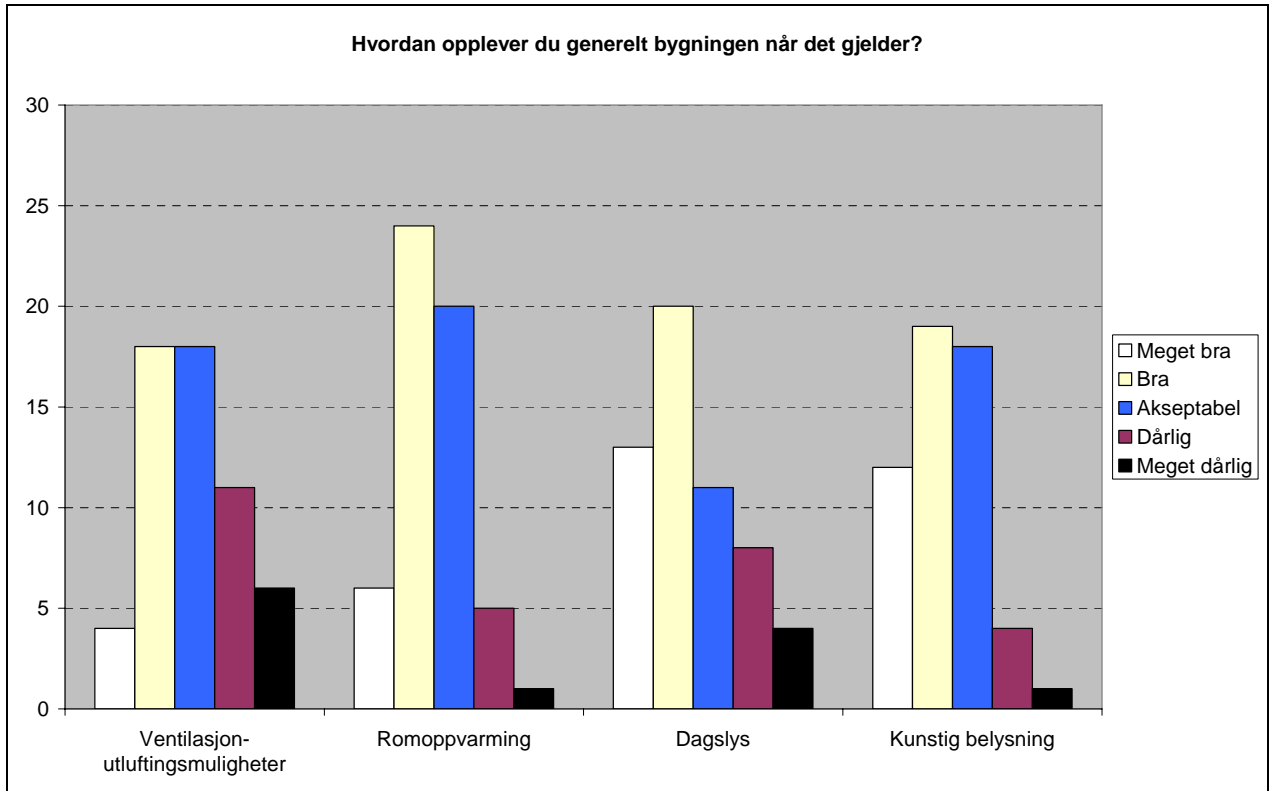
Relevant problems experienced with air quality conditions are, question 5 see §C10.4.3:

- Stuffy air, 55%
- Irritating odours, 50%
- Small possibility to influence ventilation, 40%

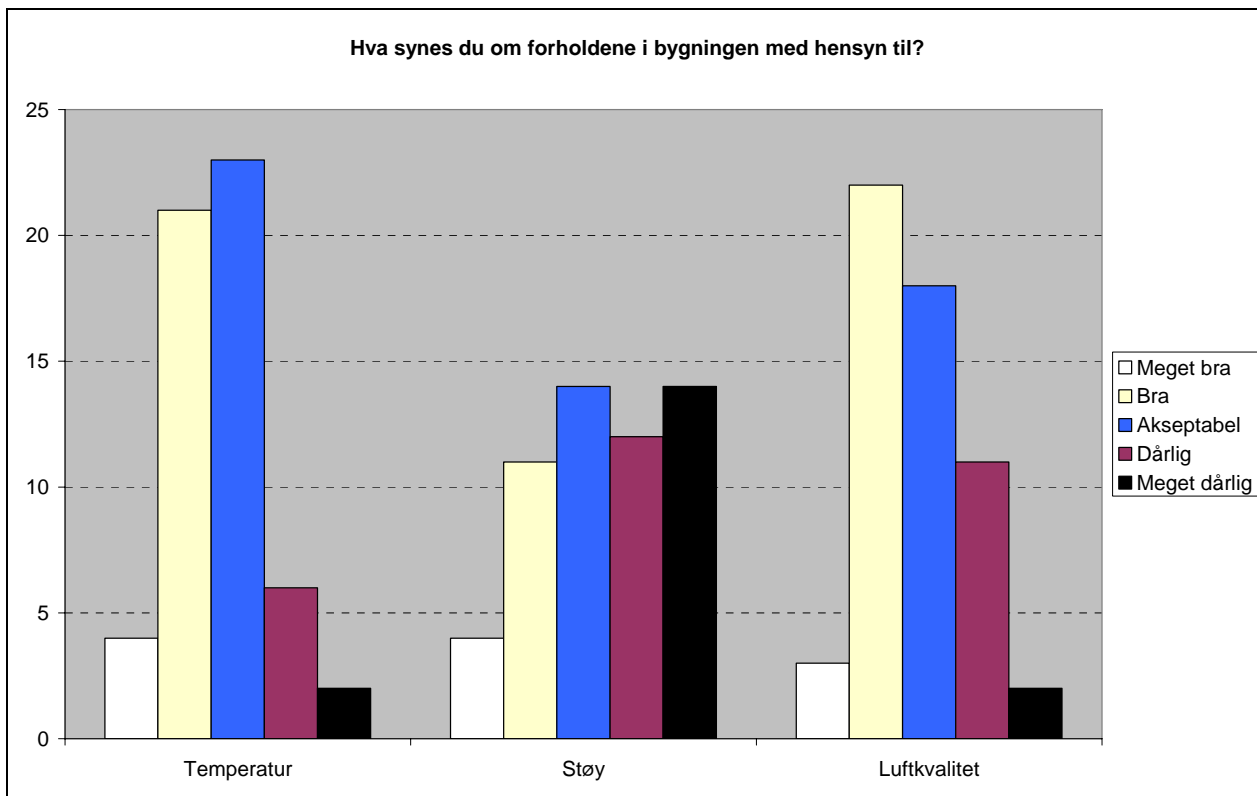
C10.1.1 Question 1



C10.1.2 Question 2



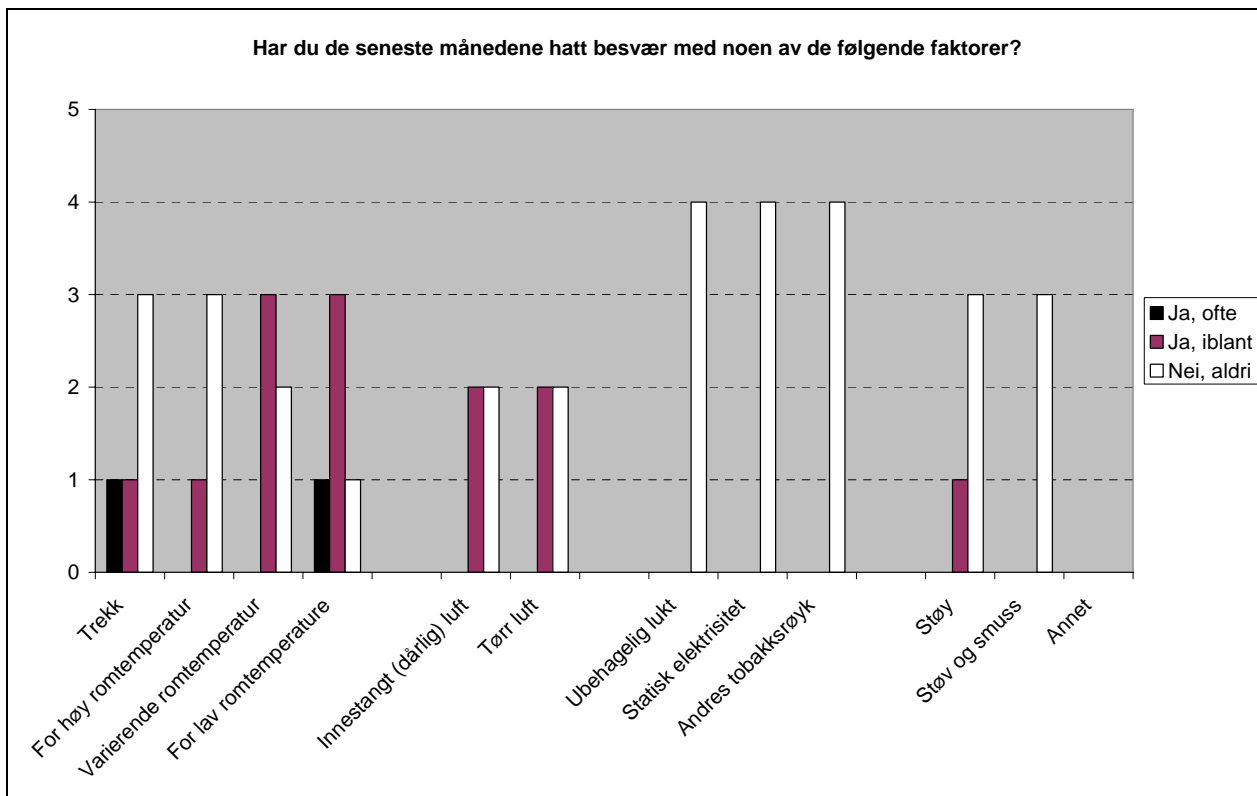
C10.1.3 Question 3, 4 and 5



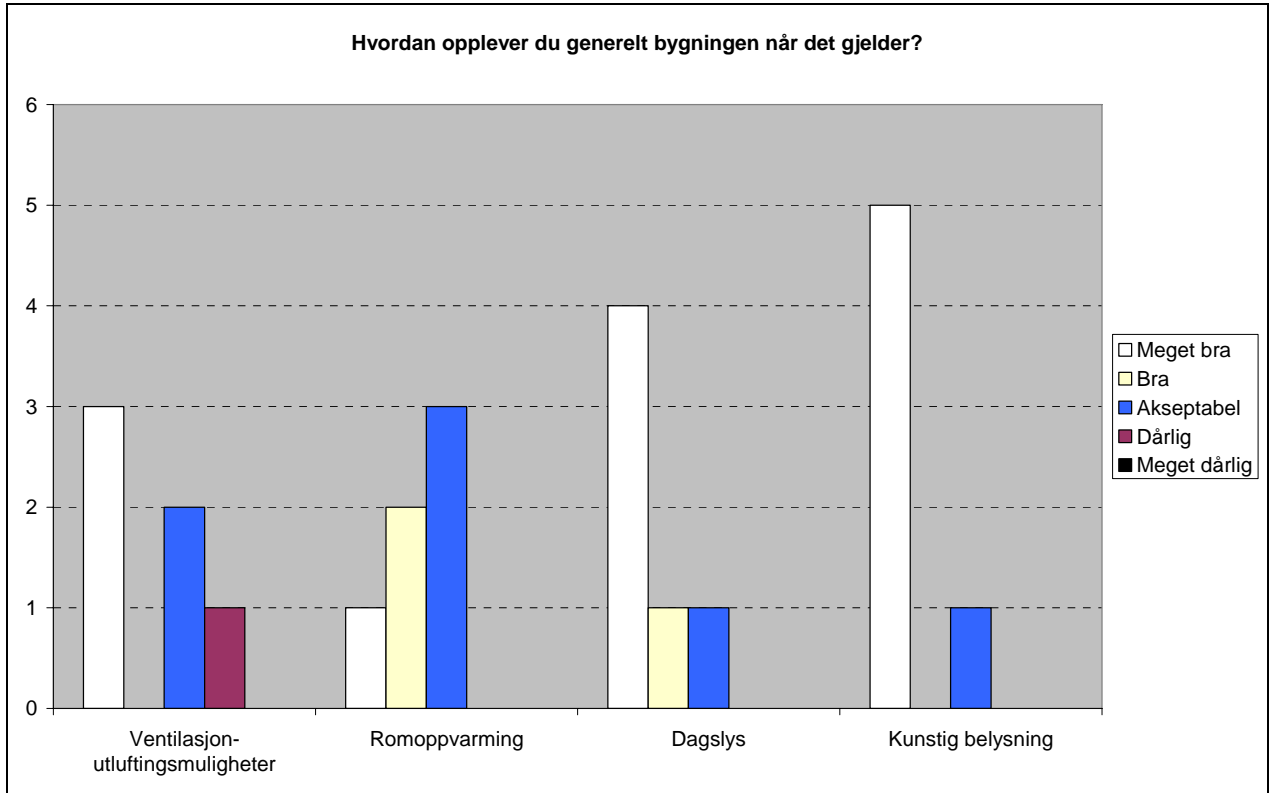
C10.2. Health station

Number of respondents: 6

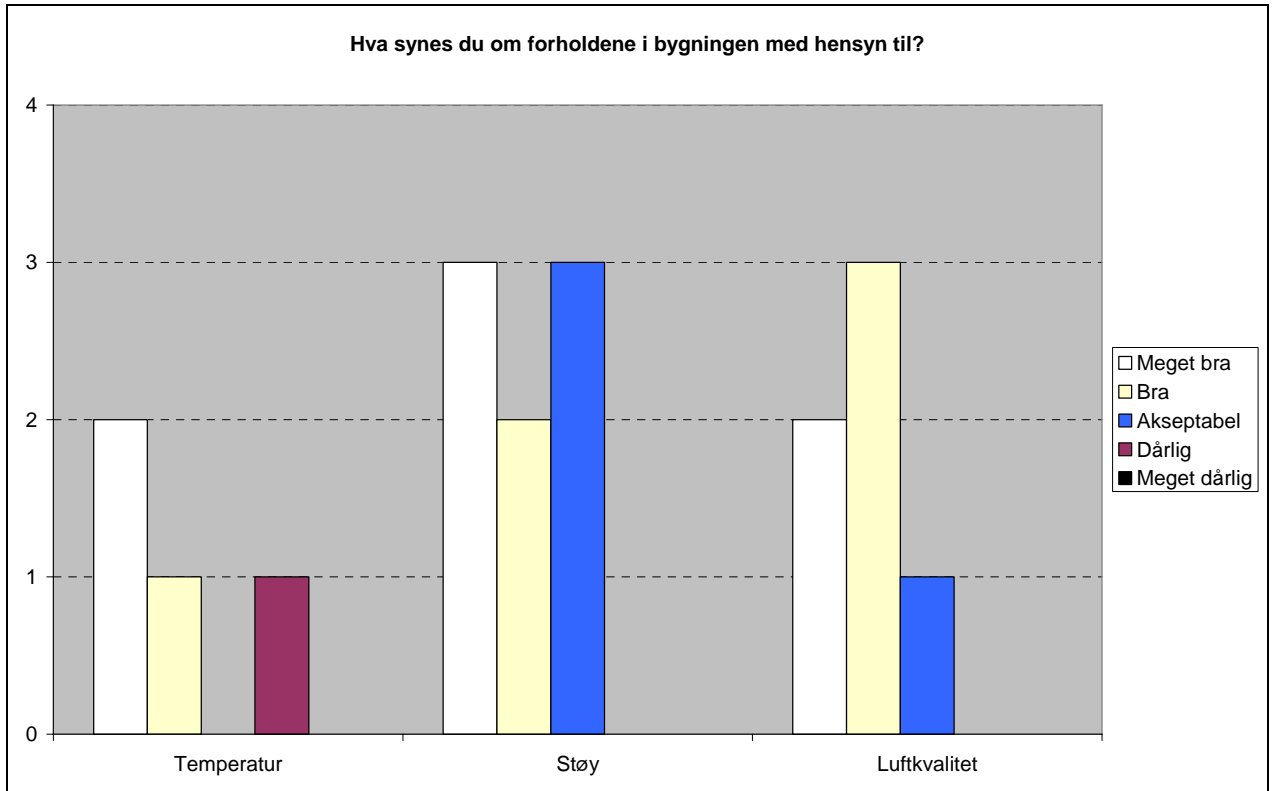
C10.2.1 Question 1



C10.2.2 Question 2



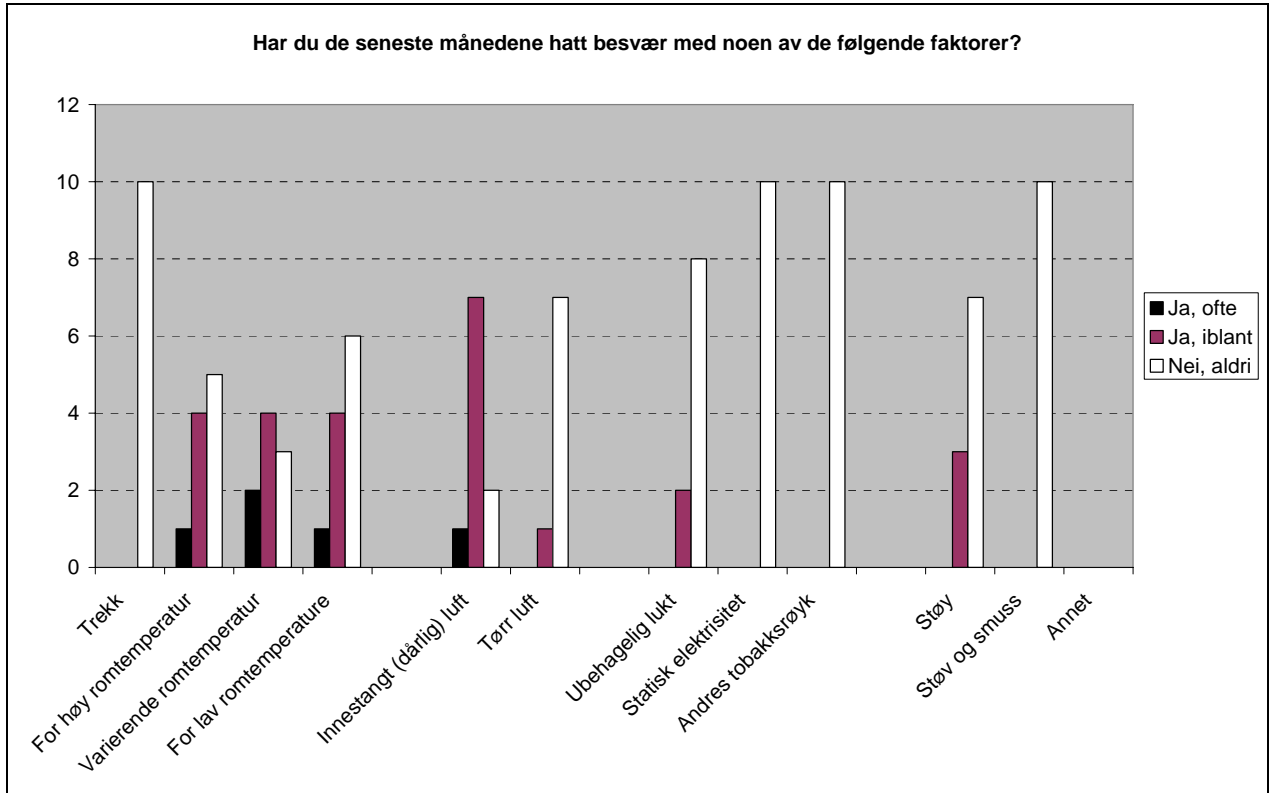
C10.2.3 Question 3, 4 and 5



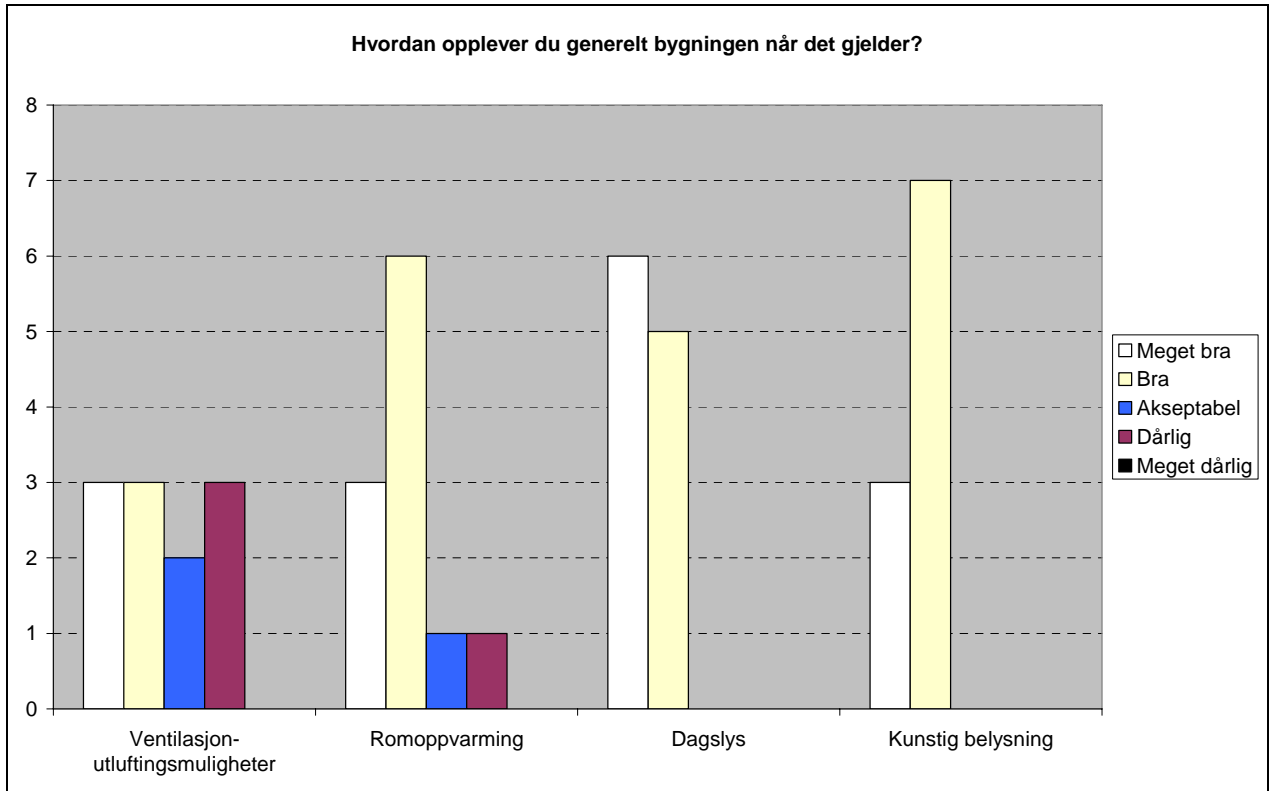
C10.3. Office

Number of respondents: 11

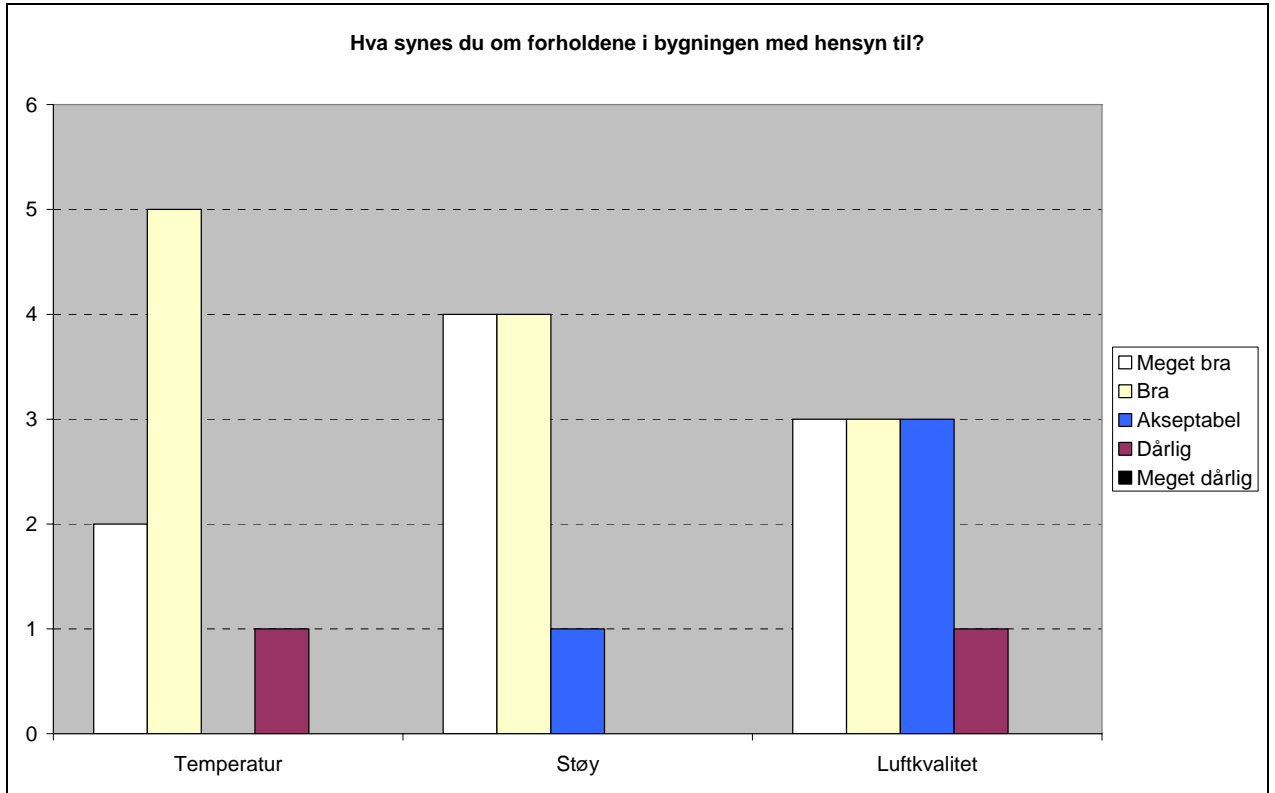
C10.3.1 Question 1



C10.3.2 Question 2

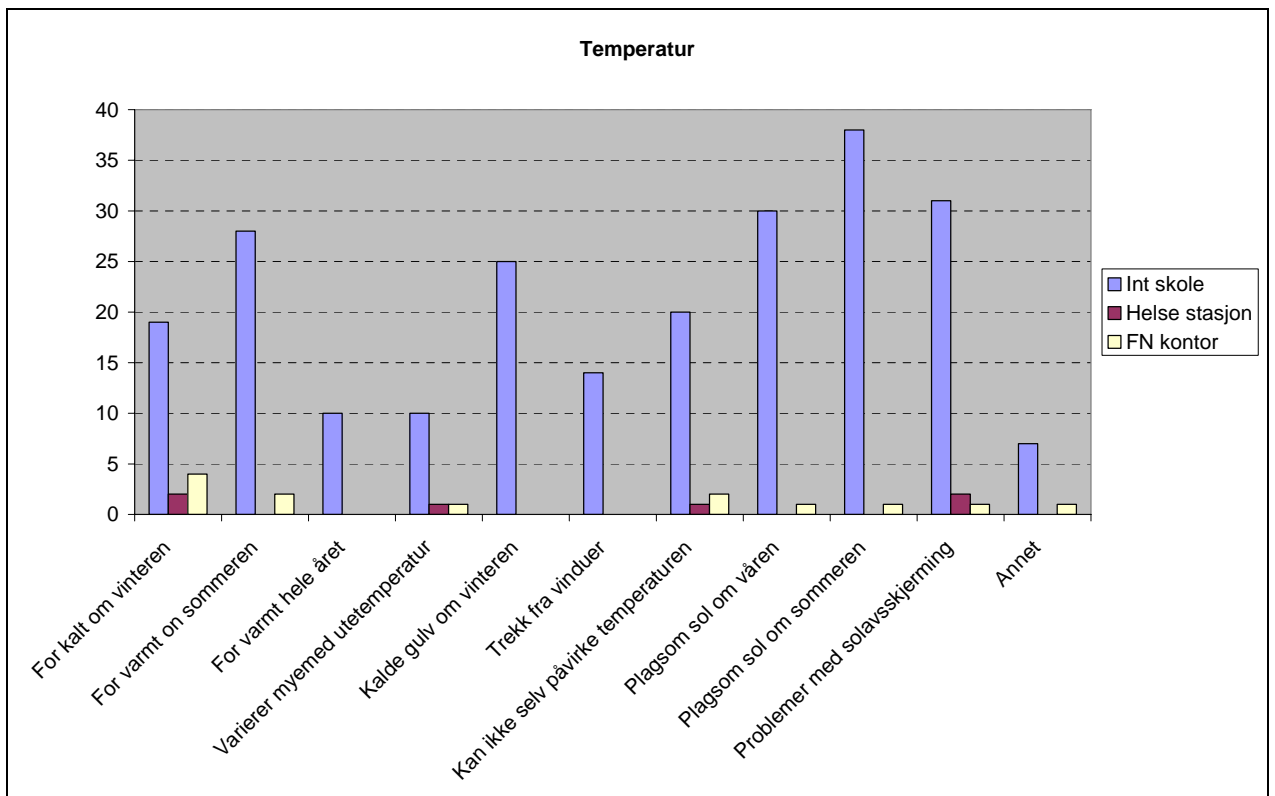


C10.3.3 Question 3, 4 and 5

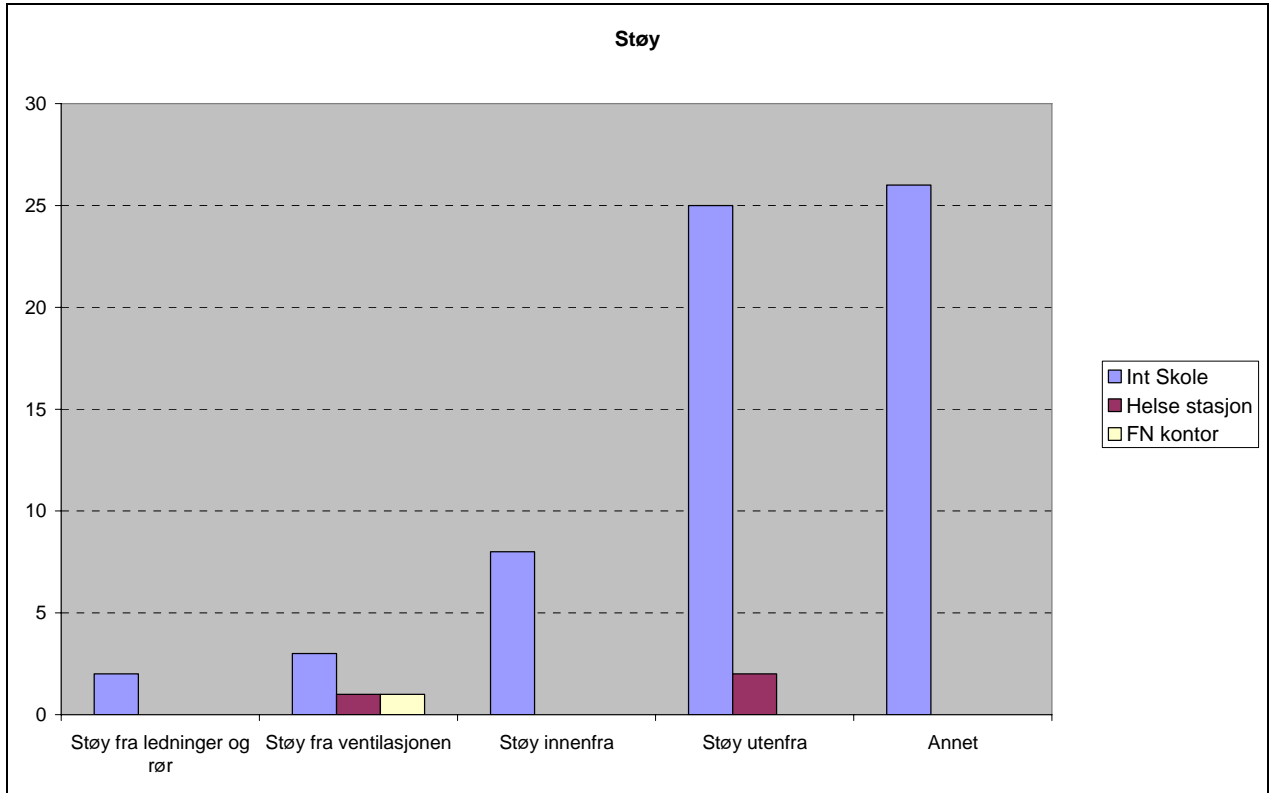


C10.4. All floors

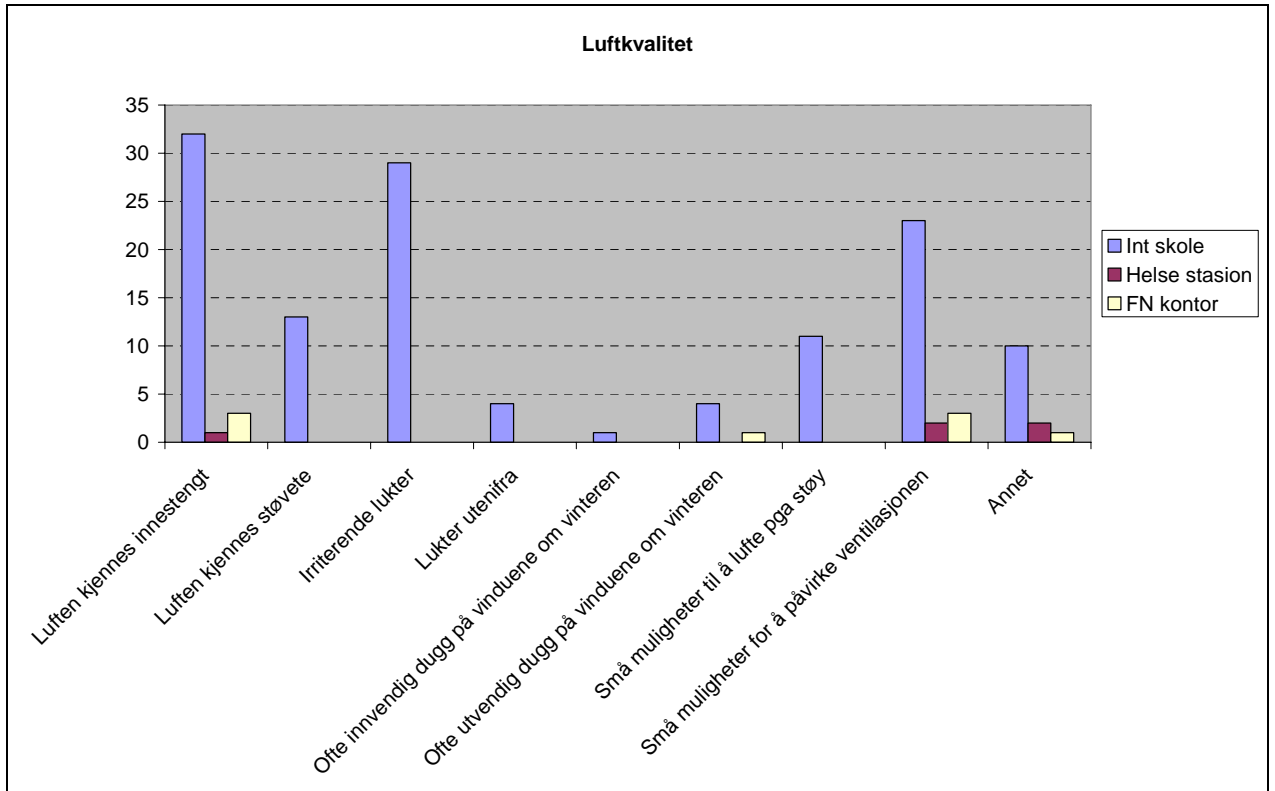
C10.4.1 Question 3 details



C10.4.2 Question 4 details



C10.4.3 Question 5 details



C11. Conclusions

Analysis of net energy demand shows that the FN huset performs somehow worse than what required in TEK07, even though the building is not subject to that norm because it was renovated between 200 and 2006. The reasons for net energy (calculated with standard input) being higher than in TEK07 are mainly:

- Poorer envelope properties
- Lower heat recovery efficiency
- Higher SFP
- Room cooling

Analysis of delivered energy shows that the FN huset achieves low values of energy consumption mainly due to:

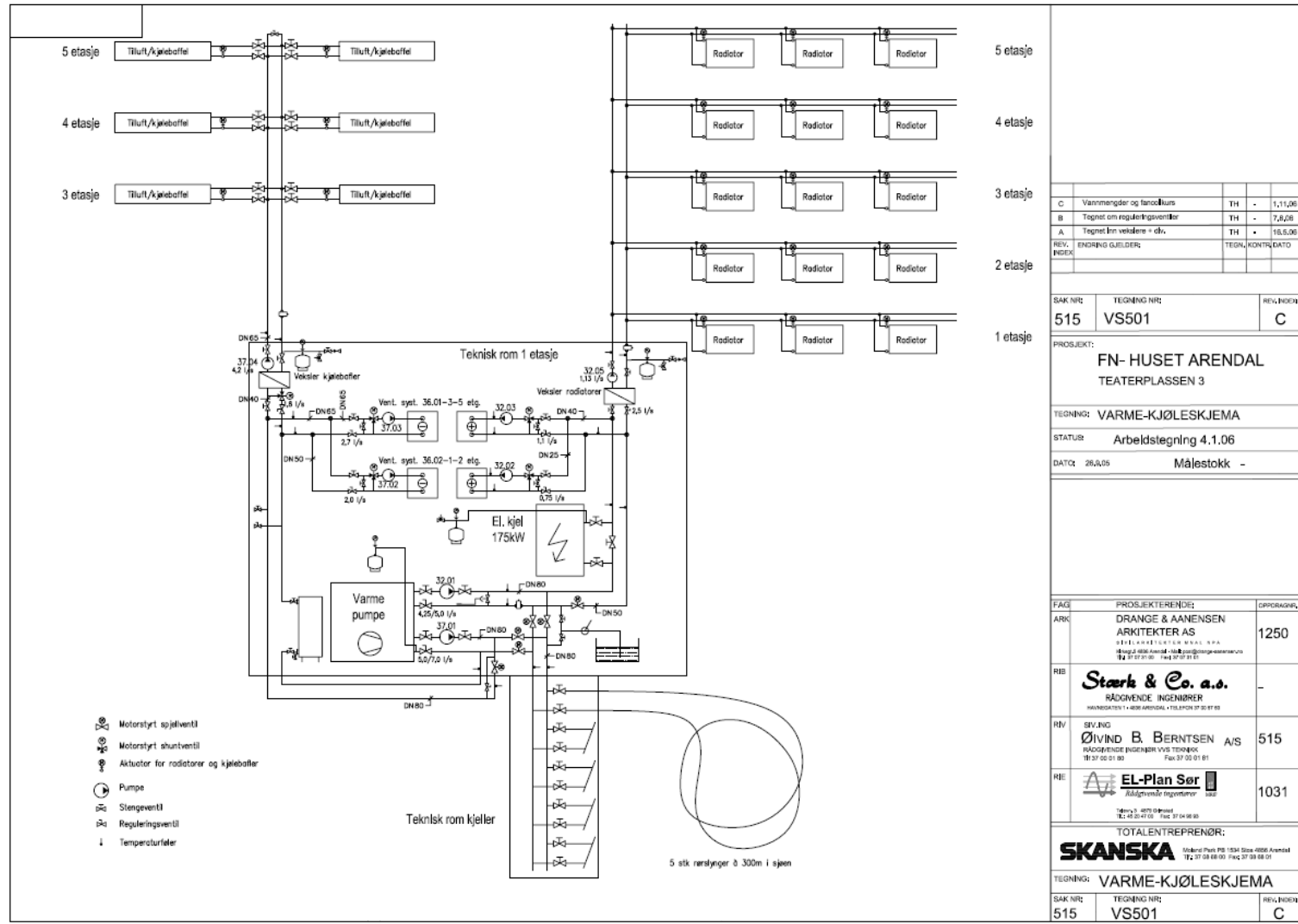
- Ventilation running time lower than reference, especially due to complete switch off during night and weekend
- Ventilation air flow in the school lower than minimum allowed for standardised calculations. This should be related with the air quality problems (stuffy air) reported by students and teachers in the questionnaire
- Lower demand from fans and pumps. Despite the higher SFP, the lower air flow rate regime induce also a reduced fan consumption
- Use of a heat pump system

The energy use measured by the main meter is not understood. For simplicity, in the simulation it has been treated as electric equipment. However, it may include electricity used for hot water preparation, while it is not clear whether or not it includes the energy for snow melting.

Lighting demand is in line with reference values. Partially, the lower average lighting – and ventilation air flow – is due to the motion sensors. However, it may also be that part of the lighting is metered by the main meter.

Overall the building has a high share of energy consumption due to electric specific uses that makes up for more than 50% of delivered energy.

Appendix A – sketch of heating and cooling system



Bassengbakken 1 i Trondheim

D.	Bassengbakken 1, Trondheim	120
D1.	Generell beskrivelse	120
D1.1.	Adresse	121
D1.2.	Beliggenhet	121
D1.3.	Eie- og driftsforhold.....	122
D1.4.	Byggets historikk	123
D2.	Bygningsteknisk	124
D2.1.	Grunnforhold	124
D2.2.	Byggemetode	124
D2.3.	Fasader	126
D2.4.	Gulvarealer og romvolum	130
D3.	VVS-teknisk	130
D3.1.	Energiforsyning	130
D3.2.	Oppvarming	130
D3.3.	Varmtvann	130
D3.4.	Ventilasjon	131
D3.5.	Kjøling	132
D3.6.	Inneklima	132
D3.7.	Effekt-energi bruk pumper-vifter (SFP-SPP)	132
D3.8.	Reguleringsteknisk.....	132
D4.	Elektroteknisk	132
D4.1.	Lys og lysstyring.....	132
D5.	Annet	132
D5.1.	Diverse infrastruktur	132
D5.2.	Kantine – Kjøkken	133
D6.	Brukerteknisk	133
D6.1.	IT-installasjoner	133
D6.2.	Brukerstyring	133
D6.3.	Energioppfølging	133
D7.	Registrert levert energi	133
D8.	Beregnet levert energi	135
D9.	Netto energibehov	138
D9.1.	Beregnet netto energibehov (driftsbetingelser iht. NS3031)	138
D9.2.	Beregnet netto energibehov (reelle driftsbetingelser).....	140

D. Bassengbakken 1, Trondheim

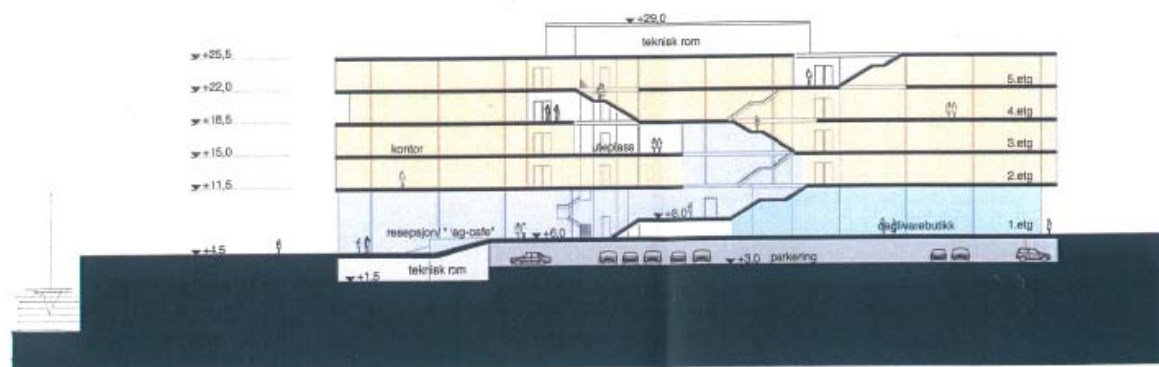


Figur D-1. Prosjektskisse (Kilde: Skibnes arkitekter as)

Bakgrunnen for at dette bygget er valgt henger sammen med at det er etablert et energioppfølgingssystem for bygget, samt at energibruken ligger på revidert forskriftsnivå, ca 165 kWh/m².år.

D1. Generell beskrivelse

Bassengbakken sto ferdig i 2002 og ligger i Trondheim sentrum. Bygget går over 6 etasjer, 5 over bakkeplan, en kjeller etasje (+ del etasje i 6. etasje som styrings- og ventilasjonsanlegg rom). Bygget er kompakt og langt. Brutto gulvareal er ca. 8.425 m². Bygget består hovedsakelig av kontorer, med et forretningsareal på plan 1. Parkeringsplasser ligger i deler av kjeller etasjen.



Figur D-2. Snittskisse, tidlig prosjekteringsfase (Kilde: Skibnes arkitekter as)

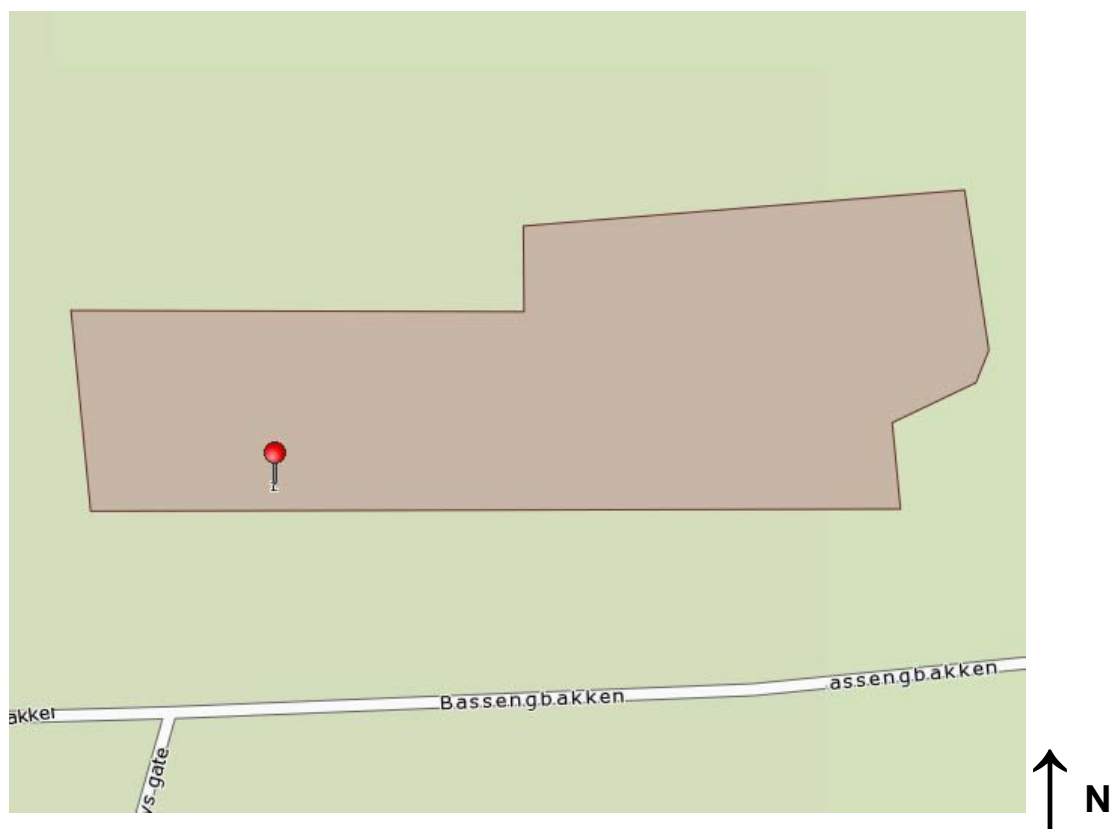
D1.1. Adresse

Bassengbakken 1
Trondheim

D1.2. Beliggenhet

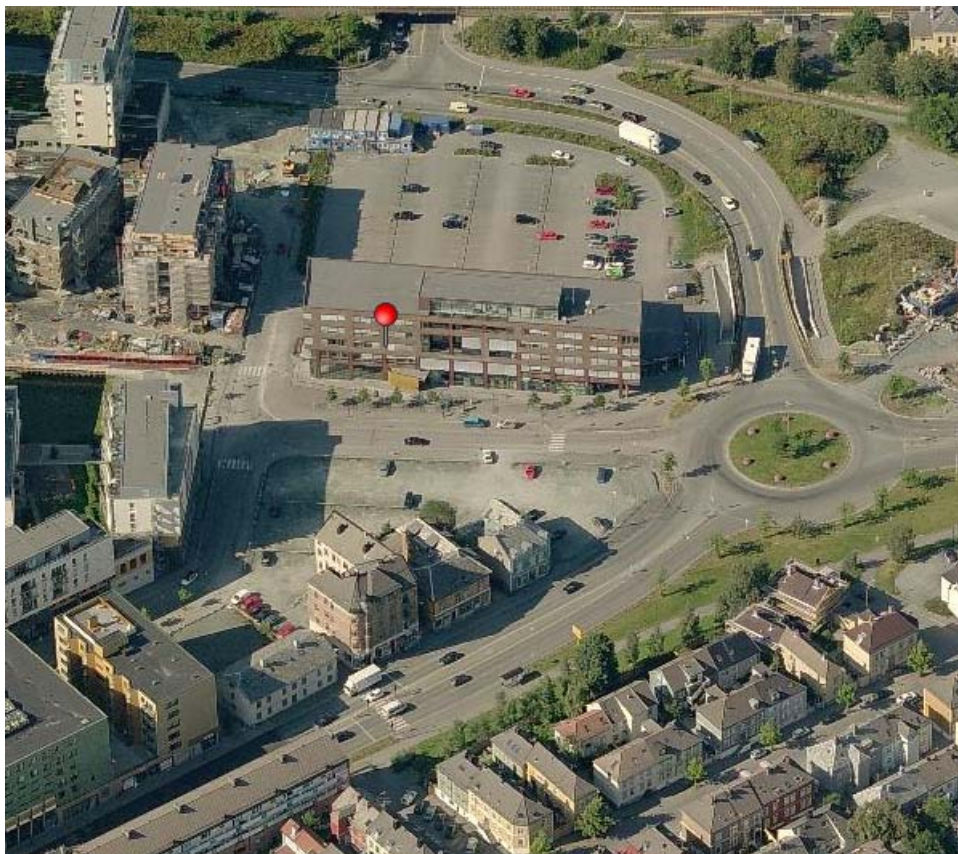
D1.2.1 Orientering

Hovedfasadene til bygget er orientert mot syd og nord (nordfasade mot parkerings-/ byggeplassen).



Figur D-3. Hovedorientering av bygget (Kilde: www.gulesider.no)

D1.2.2 Terrenkskjerming



Figur D-4. Situasjonplan (Kilde: www.gulesider.no)

Bygget står fritt uten vesentlig skjerming nabobygg. Men på nord siden er byggeplass nå (se Figur D-4) og da bygges et nytt bygg.

D1.3. Eie- og driftsforhold

Eier: Gjensidige (eiendomselskap)

Leietager: Trondheim Kommune leier hele bygget og er ansvarlig for videre utleie. Dette utleiemønsteret er i bruk siden bygget ble tatt i bruk i 2003.

Underleietager for Trondheim: butikkene i 1. etasjen, radiostasjon i 2. etasjen

Ansvarlig for driften: Bygg og landskap har hatt ansvaret for den tekniske driften av bygget siden 2003.

Tabell D-1. Kontaktpersoner

Navn	Selskap	Telefon	e-post
Gunnar Moen	Oslo Areal / Gjensidige	-	Gunnar.Moen@Gjensidige.no
Svein Grav, driftsansvarlig	bygg og landskap	98 29 53 33	svein@byggoglandskap.no
Svein Skibnes	Arkitekt	73 51 58 30	arkitekt@skibnes.no
Sverre Gjervan	ENTRO	-	Sverre.Gjervan@entro.no
Anita Rolsen	YIT	73 98 60 00	-
Seemi Lintorp Svein Nordtømme	COWI	48 89 51 83	sli@cowi.no SVNO@cowi.no

D1.4. Byggets historikk

D1.4.1 Byggeår

2001, med rehabilitering i 2004

D1.4.2 Endringer etter ferdigstillelse

Det er gjort en del endringer i forhold til rominndeling og hva rommene brukes til siden 2001. Det har vært betydelig ombygging og bruksendring på nord siden på plan 3, 4 og 5 og noe mindre ombygging på syd siden på plan 1.

D1.4.3 Brukerorganisasjon per i dag

Kontorer og butikker (1. etasje)

Radiostasjon (2. etasje)

D1.4.4 Eksisterende tegninger

Feil! Fant ikke referanseilden. viser en liste over tegningene som ble oversendt fra ARK og RIV.

Tabell D-2. Liste oversendte tegninger

fag	type	etg.	kode	løpenr.	REV	bestrivelse
A	20	U1	20	01	01	plan kjeller
A	20	01	20	01	01	plan 1. etasje
A	20	02	20	01	01	plan 2. etasje
A	20	03	20	01	01	plan 3. etasje
A	20	04	20	01	01	plan 4. etasje
A	20	05	20	01	02	plan 5. etasje
A	20	06	20	01	01	plan 6. etasje
A	20	07	20	01	01	plan 7. etasje - takplan
A	40	00	20	01	01	lengdesnitt a-a, sone hovedtrapp
A	40	00	20	02	01	lengdesnitt b-b, sone sjakter
A	40	00	20	03	01	lengdesnitt c-c, sone kontorer
A	40	00	20	04	01	tverrsnitt d-d, sone kantine
A	40	00	20	05	01	tverrsnitt e-e, sone hovedtrapp
A	40	00	20	06	01	tverrsnitt f-f, sone butikk
A	40	00	20	20	01	detaljsnitt akse 4-5
A	41	00	20	01	01	fasade sør
A	41	00	20	02	01	fasade nord
A	41	00	20	03	01	fasade øst/vest
A	41	00	20	04	01	skjema fasade nord butikk
A	50	00	20	00	01	skjema detaljer - detaljsnitt og fasadesnitt
A	50	00	20	10	01	skjema detaljer - fasadedetaljer 1
A	50	00	20	11	01	skjema detaljer - fasadedetaljer 2
A	50	00	20	12	01	skjema detaljer - fasadedetaljer 3
A	50	00	20	20	01	skjema detaljer - fasadedetaljer/horisontalt
A	50	00	20	21	01	skjema detaljer - horisontaldetaljer
A	50	00	20	30	01	skjema detaljer - innvendige detaljer
A	50	00	20	31	01	skjema detaljer - himlingsdetaljer 1
A	50	00	20	32	01	skjema detaljer - himlingsdetaljer 2
A	60	00	23	20	01	skjema vinduer fasadesystem
A	60	00	23	21	01	skjema vinduer fasadesystem - 2
V	20	U1	30	02	01	kjeller rørteknisk anlegg
V	20	U1	36	01	03	kjeller luftbehandling
V	20	01	30	03	03	1. etg. rørteknisk anlegg
V	20	01	36	01	03	1. etg. luftbehandling
V	20	02	30	04	02	2. etg. rørteknisk anlegg
V	20	02	36	03	04	2. etg. luftbehandling
V	20	03	30	05	0	3. etg. rørteknisk anlegg
V	20	03	36	04	0	3. etg. luftbehandling
V	20	04	30	06	0	4. etg. rørteknisk anlegg
V	20	04	36	05	05	4. etg. luftbehandling

V	20	05	30	07	02	5. etg. rørteknisk anlegg
V	20	05	36	07	02	5. etg. luftbehandling

D2. Bygningsteknisk

D2.1. Grunnforhold

Ukjent

D2.2. Byggemetode

D2.2.1 Gulv mot grunn

Antatt standard konstruksjon med $U\text{-verdi} = 0.24\text{W/m}^2\text{.K}$

D2.2.2 Fasader

Teglfasade:

1/ stein teglforblending, 30mm lufting, 9mm GU-plate, 198mm isolasjon bindingsverk, 13 mm innvendig gipsplate. Antatt $U\text{-verdi} = 0.21\text{W/m}^2\text{.K}$ (Ref. ARK-tegning, se V3.6)

Under vinduer:

1/ stein teglforblending, 30mm lufting, 9mm GU-plate, 138mm isolasjon bindingsverk, 13 mm innvendig gipsplate. Antatt $U\text{-verdi} = 0.3\text{W/m}^2\text{.K}$ (Ref. ARK-tegning, se V3.1)

Over vinduer:

1/ stein teglforblending, 30mm lufting, 9mm GU-plate, 48mm isolasjon bindingsverk, prefab. betongbjelke. Antatt $U\text{-verdi} = 0.5\text{W/m}^2\text{.K}$ (Ref. ARK-tegning, se V3.1)

Mellom vinduer:

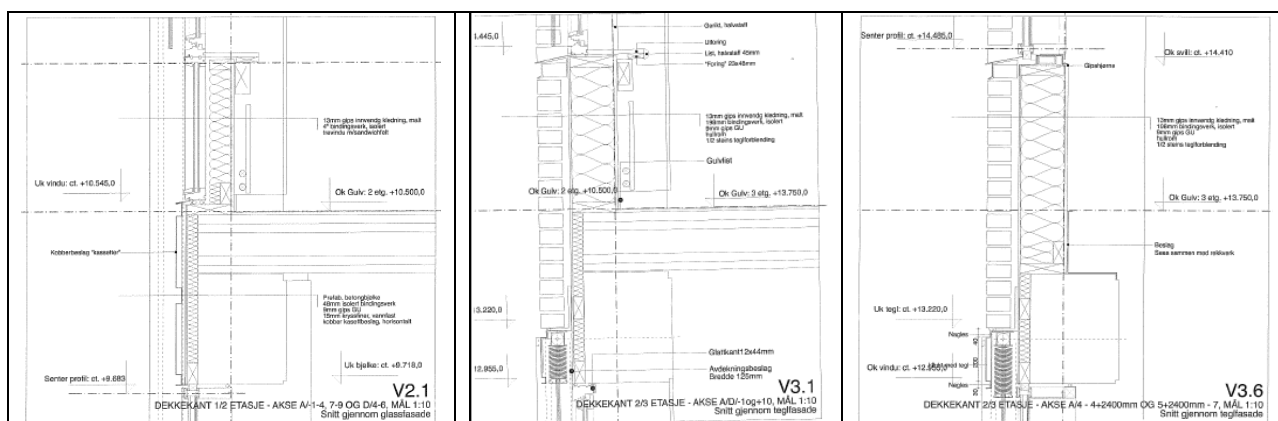
Kobberbeslag "kassetter", 15mm kryssfiner vannfast, 9mm GU-plate, 48mm isolasjon bindingsverk, prefab. betongbjelke. Antatt $U\text{-verdi} = 0.5\text{W/m}^2\text{.K}$ (Ref. ARK-tegning, se V2.1)

Kjellervegg:

Antatt standard konstruksjon med $U\text{-verdi} = 0.25\text{W/m}^2\text{.K}$

SIMIEN beregnes ekvivalente $U\text{-verdier}$ for gulv og vegg til $U\text{-verdi} = 0,16\text{W/m}^2$. (Konstruksjoner mot grunnen vil ha et mindre varmetap enn konstruksjoner mot friluft. Ekvivalent $U\text{-verdi}$ er en justert verdi som tar høyde for redusert varmetap og er $U\text{-verdien}$ som brukes ved evaluering mot byggeforskrifter.)

Det brukes en $U\text{-verdi} = 0,25\text{W/m}^2$ som gjennomsnitt på hele ytterveggskonstruksjon ($U\text{-verdi} = 0,23\text{W/m}^2$ mht. kjellervegg).



Figur D-5. Snitt for yttervegg, detalj (Kilde: Skibnes arkitekter as)

D2.2.3 Yttertak

Teknisk rom:

stålplatetak, dampsperre, ca. 300mm. trykkfast isolasjon, 3 lags takteking. Antatt U-verdi = $0.13\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ (Ref. ARK-tegning, se V7.3)

6. etasje:

Nedføring for himling, hulldekke, ca. 300mm. trykkfast isolasjon, 3 lags takteking. Antatt U-verdi = $0.13\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ (Ref. ARK-tegning, se V6.6)

D2.2.4 Vinduer

Glass til vinduer består av et energispareglass (8-20-9). Angitt U-verdi for hele konstruksjonen = $1.4\text{W/m}^2\cdot\text{K}$

Pilkington ORK NBI 096 2007-U14 1335689-3 Lian trevarefabrikk AS 1944 x 1670 Sun Bril 66 6-20AR-Støpelaminert 9 (Avlest i vindusrute ved befaring)

Solfaktor: antatt 0.51, lystransmisjon: 0.64

D2.2.5 Glassfelter

Glass til glassfelter består av et energispareglass. Angitt U-verdi for hele konstruksjonen = $1.4\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ (Ref. Skjema alu-/glassfasader-tak)

Pilkington Norge AS Flikk 835 x 970 Optitherm SN 8-20AR-Støpelaminert 9 (Avlest i vindusrute ved befaring), Solfaktor: antatt 0.51, lystransmisjon: 0.64

D2.2.6 Etasjeskiller

Hulldekkeelementer HD 265 (265mm) (Ref. ARK-tegning)

D2.2.7 Himlinger

Gips himling i korridorer og møterom med klimatak. Eksponert betong i alle kontorarealer på plan 2 til 5 og i forretningsareal på plan 1. (Registret ved befaring)



Figur D-6. Klimatak i kantine, bilde og prinsippskisse (Foto: SINTEF Byggforsk/ Matthias Haase)

D2.2.8 Kuldebroer

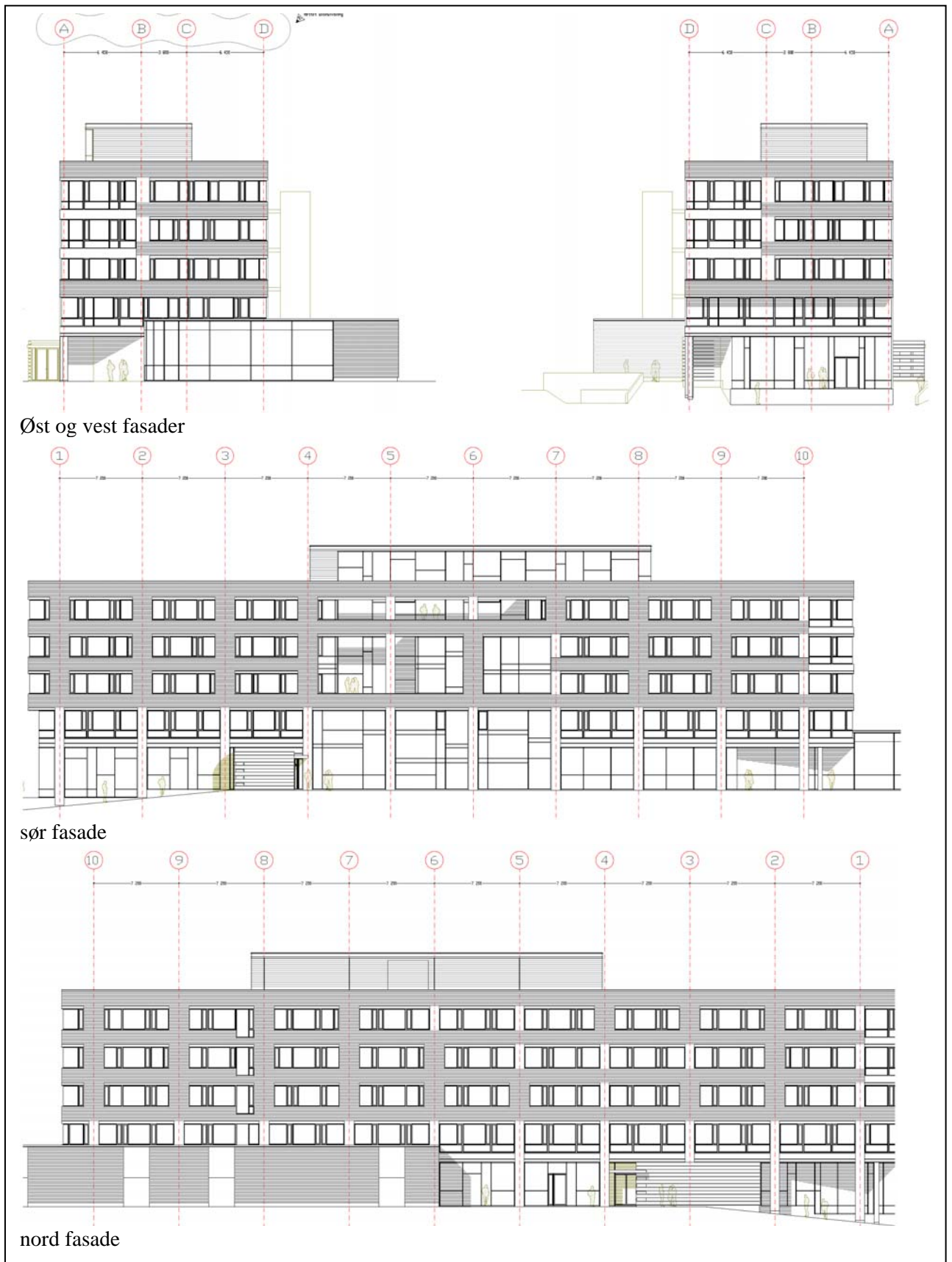
Omfang av kuldebro er ukjent. Brukes $0,12\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ i simulering (Ref. Tabell A.4 i NS3031).

D2.2.9 Infiltrasjon

Det er ikke kjent om det ble gjennomført tetthetsmålinger ved gjennomføring eller ferdigstillelse av bygget. Det er antatt et lekkasjetall lik $1,5\text{h}^{-1}$ (50Pa).

D2.3. Fasader

D2.3.1 Utforming av fasader



Figur D-7. Fasadetegninger (Kilde: Skibnes arkitekter as)

D2.3.2 Beskrivelse av vinduer og glassfelter



Figur D-8. Nordfasaden (Foto: SINTEF Byggforsk/ Matthias Haase)



Figur D-9. Sørfasaden med inngangsareal og glassgård på trapphuset (Foto: SINTEF Byggforsk/ Matthias Haase)



Figur D-10. Østfasaden (Foto: SINTEF Byggforsk/ Matthias Haase)

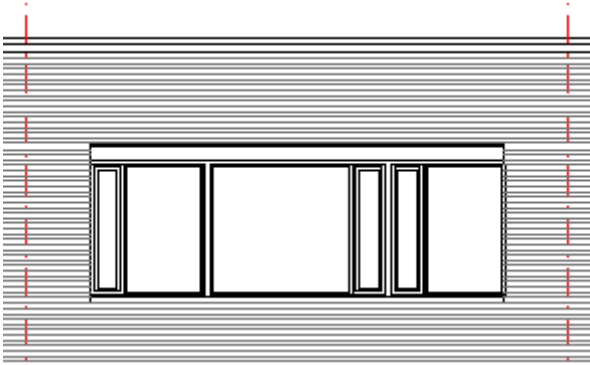


Figur D-11. Trapphuset med glassgård (Foto: SINTEF Byggforsk/ Matthias Haase)

D2.3.3 Arealoversikt, fasader

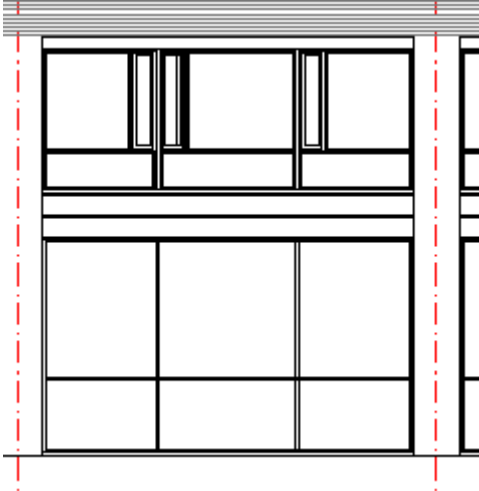
Vinduskjema på Figur D-12 viser et vanlig vindusmodul.

En modul består av 3 vinduer med 440mm bredde, 2 vinduer med 1510mm bredde og et vindu med 2330mm i ulike rekkefølge. Vindushøyde er 1750mm.



Figur D-12. Vanlig vindusmodul

Første og andre etasje har høyere vindusmoduler.



Figur D-13. Vindusmodul i 1. og 2. etasje

Det er store glassfelter mot trapphuset.



Figur D-14. Vindusmodul, trappehus

Tabell D-3. Oversikt vindusareal og glassfeltareal for hver himmelretning

Fasade	Nord	Øst	Sør	Vest	SUM
Fasadeorientering, grader	0	90	180	270	
Vindusareal [m ²]	692	166	969	178	2006

D2.3.4 Solavskjerming

Utvendig solavskjerming på sør, øst og vest, manuelt styrt.



Figur D-15. Utvendig solavskjerming, manuelt styrt. Venstre bilde: butikk. Høyre bilde: kontor. (Foto: SINTEF Byggforsk/ Matthias Haase)

D2.3.5 Dobbelfasade

Bygningen har ingen dobbelfasader.

D2.4. Gulvarealer og romvolum

Tabell D-4. Oppsummering arealer

Brutto gulvareal (BTA)	8.425 m ²
Oppvarmet bruksareal (BRA) (uten teknisk rom i 6. etasje)	7.011 m ²
Volum	25.007 m ³
Total fasadeareal	3.594 m ²
Fasadeareal i forhold til volum	0,129 m ² /m ³
Total glassareal	1.806 m ²
Glassandel i forhold til BRA	25,8%
Antall faste arbeidsplasser	250
BRA per fast arbeidsplass	28,04 m ²

D3. VVS-teknisk

D3.1. Energiforsyning

Bygningens energiforsyning består av fjernvarme, fjernkjøling og elektrisitet. Fastkraft, varme og kjøling leveres av Trondheim energi AS.

D3.1.1 Plassering tekniske installasjoner

Teknisk rom er plassert i underetasje og i 6. etasje. Undersentral for fjernvarme og fjernkjøling er plassert i underetasjen. To aggregater for ventilasjon finnes i 6. etasje, en i kjelleren. Avtrekksvifter for i underetasjen leveres luft til parkeringsrom. Luft fordeles vertikalt via tre sjakter.

D3.1.2 Energimåling

Energimåling blir gjort fra entro AS.

D3.2. Oppvarming

D3.2.1 Prinsipp

Vannbåren varme fra fjernvarme til romoppvarming.

D3.2.2 Kontorer

Kontorer varmes opp ved hjelp av radiatorer plassert under vinduer.

Vann turtemperatur: 95 °C

Vann returtemperatur: 55 °C

Styring av romtemperatur:

I følge driftsansvarlig er ønsket temperatur i landskapene satt i området 21 °C avhengig av avtrekk luft (målt).

D3.2.3 Forretningsareal

Butikker i del av 1. etasje, forretningsareal 1.003 m².

D3.2.4 Trappehus

Trappehus ventileres med balansert ventilasjon. Luften tilføres i 1.etasje. Avtrekket er plassert på 5.etasje.

D3.3. Varmtvann

Varmtvann beredes fra fjernvarme. Utgående vanntemperatur reguleres til 55 °C.

D3.4. Ventilasjon

D3.4.1 Balansert mekanisk ventilasjon

Tegningene er nylig oppdatert som AsBuilt med unntak av butikkarealer (ca halvparten 1. etasje), her er det litt avvik på ventilasjon samt at arkitekttegning er ikke helt korrekt.



Figur D-16. Første etasje med kontor og butikk arealer (Kilde: cowi)

Ventilasjonen er manuelt styrt fra Svein Grav i tekniske rom etter avtrekk temperaturer (under 21°C).

Tabell D-5. Oversikt ventilasjonsaggregater med aggregatnummer, romplassering, nominell luftmengde, type varmegjenvinner og sonedeling

Aggregat nr.	Rom	Nominell luftmengde [m ³ /h]	Type varmegjenvinner	Lufttilførsel til følgende område
36.01	Teknisk rom 6. etasje	26 000	ABB, oppgitt virkningsgrad = 0.485	2-5 etasje nordside, deler av 1. etasje.
36.02	Teknisk rom 6. etasje	26 000	ABB, oppgitt virkningsgrad = 0.485	2-5 etasje sørside, deler av 1. etasje.
36.03	Teknisk rom kjeller	10 000	ABB, oppgitt virkningsgrad = 0.656	Butikk 1. etasje., parkeringskjeller (avkast)

Tabell D-6. Plassering luftinntak og avkast.

Aggregat nr.	Inntak	Avkast
36.01	Tak	Tak
36.02	Tak	Tak
36.03	Tak	Via parkeringskjeller

Tabell D-7. Driftstider for ventilasjonsaggregater.

Aggregat nr.	Driftstider Mandag-fredag	Driftstider Lørdag	Driftstider Søndag	Kommentarer
36.01	06:00 til 16:00	06:00 til 16:00		Utenom driftstid kjøres aggregatene på redusert kapasitet.
36.02	07:00 til 17:00	06:00 til 16:00		
36.03	09:00 til 20:00	09:00 til 17:00		

Tabell D-8. Settpunkt for tilluftstemperatur.

Aggregat nr.	Vinter	Sommer
36.01	22 °C	12 °C
36.02	22 °C	12 °C
36.03	22 °C	12 °C

D3.5. Kjøling

Turtemperatur for vann til kjøling er 7°C med 14°C som returtemperatur.

D3.6. Inneklima

Tilbakemelding fra bruker: Klager om dårlig inneklima eller om for lave temperaturer er ukjent.

D3.7. Effekt-energibruk pumper-vifter (SFP-SPP)

SFP for ventilasjon er 2,98 kW/m³/s.

SPP: ukjent, antatt til 0,5 kW/(l/s)

D3.8. Reguleringsteknisk

Manuelt styring

Tabell D-9. Driftstider

Driftstid	Verdi (timer)
oppvarming	7,0
ventilasjon	9,7
belysning	8,9
utstyr	8,6
Oppholdstid personer	8,1

D4. Elektroteknisk

D4.1. Lys og lysstyring

D4.1.1 Installert effekt

Antatt installert effekten er 11 W/m².

D4.1.2 Styring

Der er ingen lysstyring.

D5. Annet

D5.1. Diverse infrastruktur

D5.1.1 Heis

Det er to heiser i bygget. Effekten er ikke kjent.

D5.1.2 Luftport, karusell

Hovedinngang mot resepsjon har en dørsluse. Øvrige innganger har enkle dører mot gang som leder fram til heis og trappesjakt.

D5.1.3 Utendørs belysning

Ukjent.

D5.1.4 Snøsmelteanlegg

Det er ca. 450m² snøsmelteanlegg utenfor bygget og ca. 230m² i parkeringsområde i underetasjen. Energibruk ble ikke beregnet.

D5.2. Kantine – Kjøkken

Det er en kantine i bygget. Ventilasjonsaggregat 36.01 (med varmegjenvinner) forsyner kantine.

D6. Brukerteknisk

D6.1. IT-installasjoner

For hver arbeidsplass (PC) er det regnet 240 W, dette tilsvarer ca 12 W/m². I Simien simuleringen er dette tallet økt til 15W/m².

I 4. etasje er datarom med et areal på ca. 207m². Teknisk utstyr i datarom i og utenfor driftstid antas å være 50 W/m². Datarom kjøles med 2 stk fancoiler 2 x 5 kW. Disse styres via romtermostat. 1 stk fancoil på 2 kW er plassert i lager kjeller. I Simien simuleringen er kjøling antatt med 8,3 kW.

D6.2. Brukerstyring

Tilbakemelding fra driftspersonell: styring av ventilasjonsanlegg etter temperatur på avtrekksluft (under 21°C), radiatorer i butikken slås av kl 14.00.

D6.3. Energioppfølging

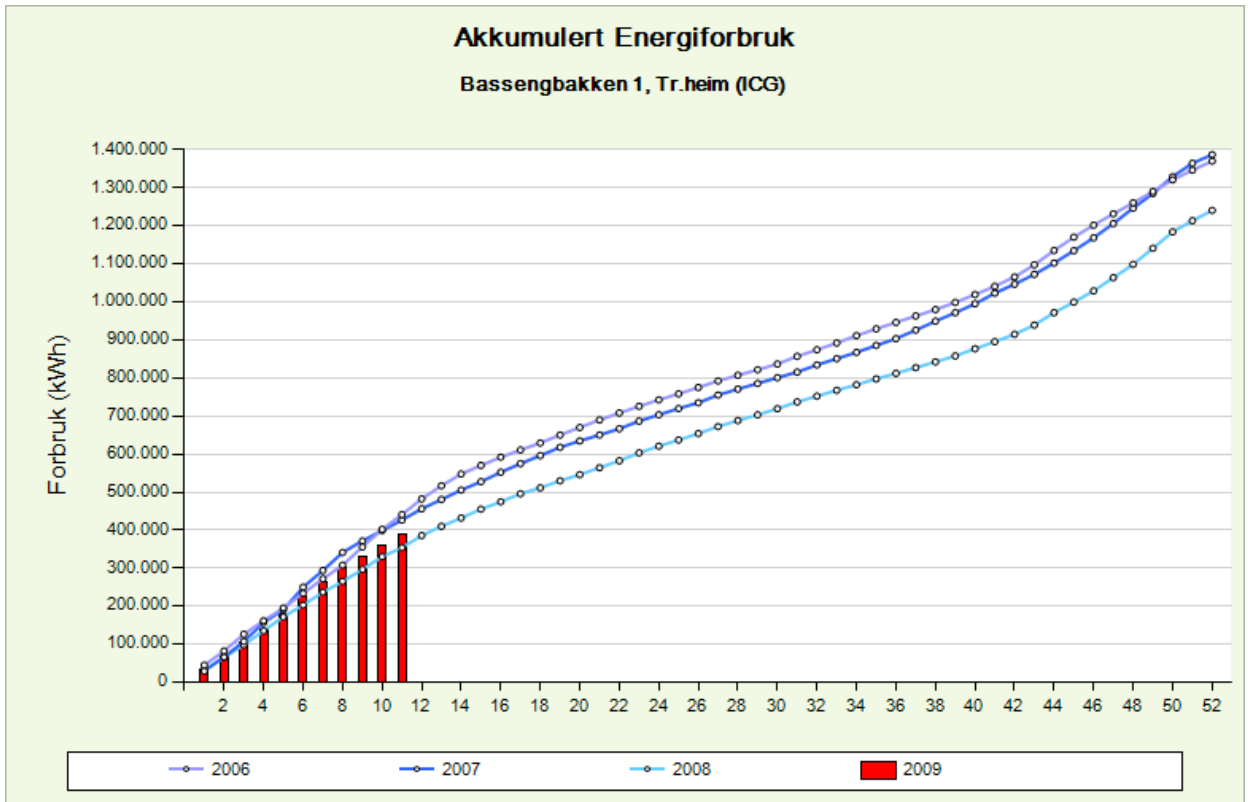
Det foretas kontinuerlig energioppfølging av Entro.

D7. Registrert levert energi

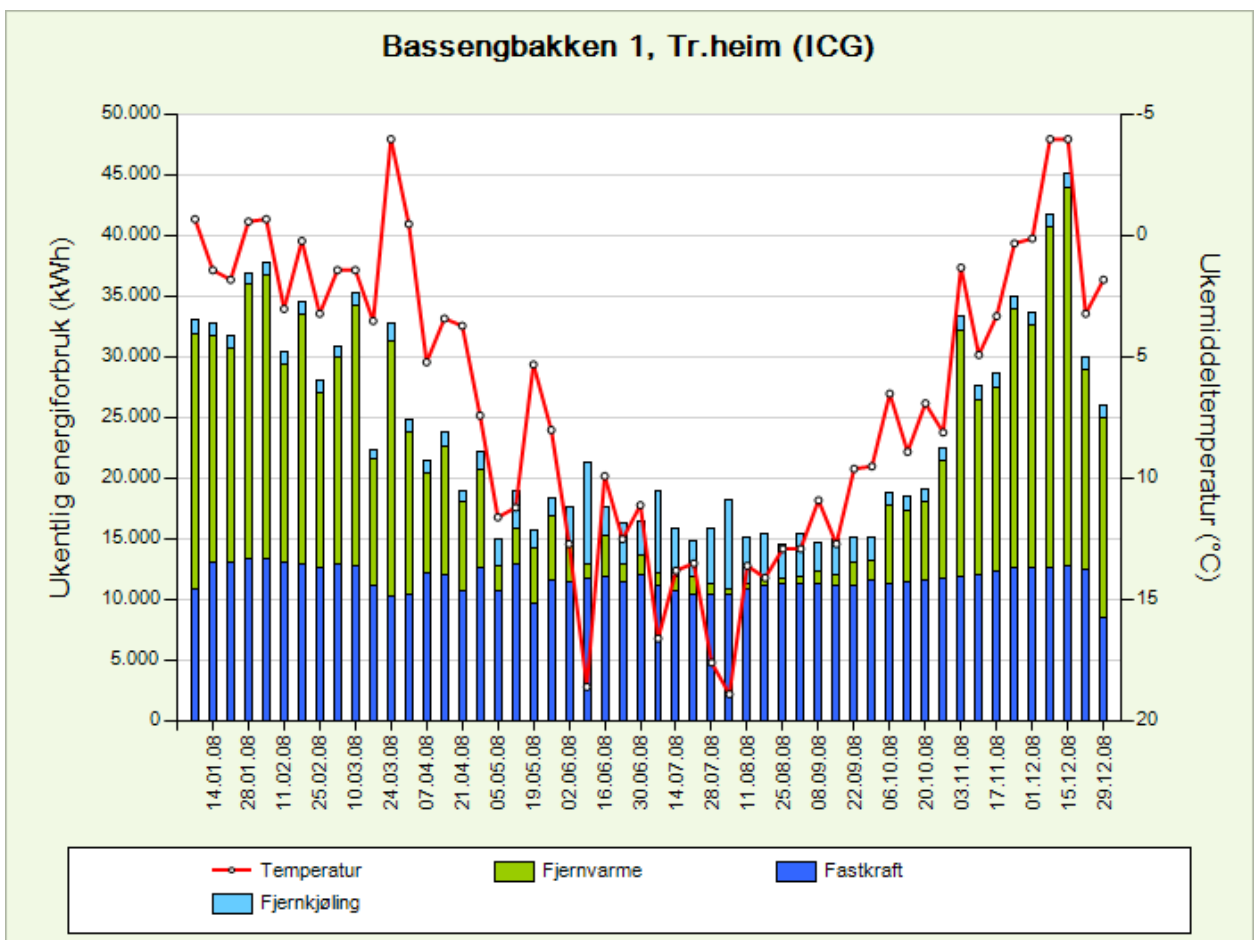
Tabell D-10. Registrert levert energi

Periode	Gjennomsnitt (2006-2008)	2009	2008	2007	2006
januar	166 432	156 401	151 521	171 461	176 315
februar	155 137	158 762	131 458	182 954	150 999
mars	144 958	0	127 225	122 847	184 801
april	97 321	0	89 850	100 707	101 407
mai	81 855	0	76 908	81 712	86 945
juni	74 262	0	77 103	73 356	72 328
juli	71 546	0	73 194	72 114	69 329
august	75 283	0	68 331	75 347	82 172
september	77 063	0	65 254	91 304	74 632
oktober	108 536	0	97 537	113 577	114 495
november	141 100	0	134 539	149 789	138 972
desember	145 287	0	157 434	157 071	121 355
Totalt	1 338 781	315 163	1 250 354	1 392 239	1 373 750
per 7.010 m ²	191	45	178.4	198.6	196

Andre detaljerte måler viser et forbruk for 2008: 1.240.610kWh, noe som tilsvarer 177 kWh/m². (beregnet med 7.010m² BRA)

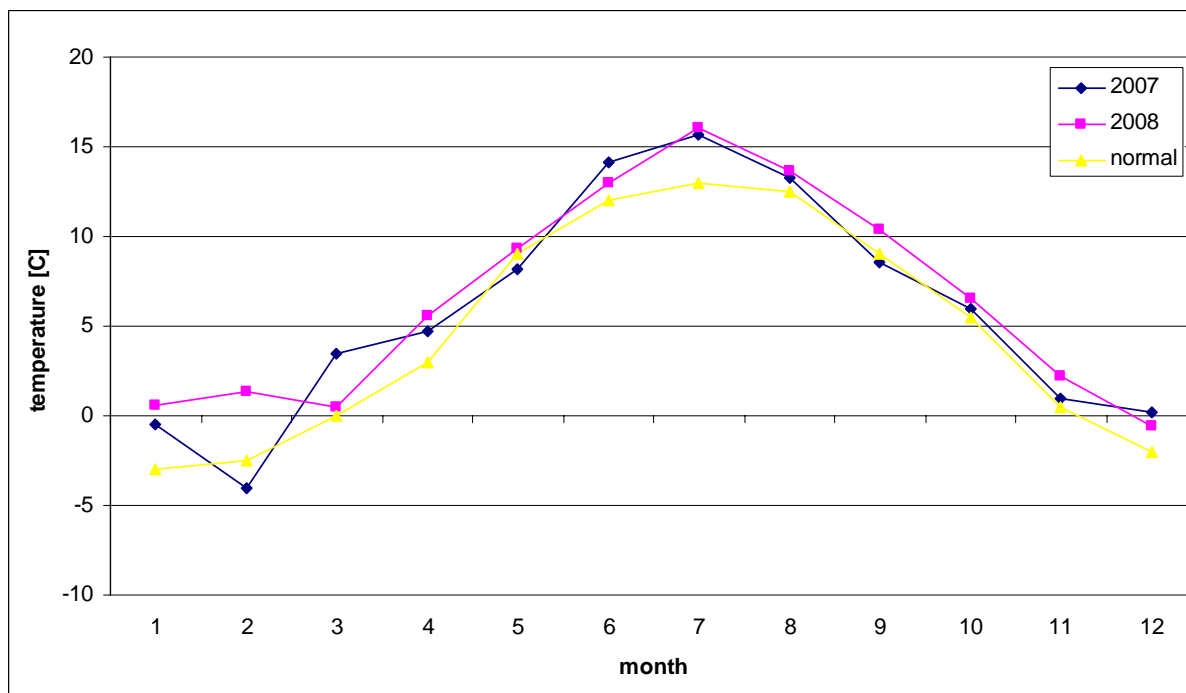


Figur D-17. Akkumulert energiforbruk 2006 - 2009



Figur D-18. Faktisk forbruk for 2008, ikke graddagskorrigert

Energiforbruk i 2008 var mindre enn i 2007. Det skyldes i hovedsak varmere utetemperaturer i januar og februar 2008 ift. samme tidsperioden i 2007.



Figur D-19. Værstatistikk for Trondheim 2007, 2008, og normal. (kilde: klima.no)

Figur D-19 viser avvik mellom temperaturverdi for 2008, 2007 og normalt verdi som ble brukt på simuleringer. Man kan se at 2008 var varmere enn normalen. Følgelig må faktisk forbruk graddagskorrigeres.

Gradstallkorrigering av målt energibruk (oppvarming og ventilasjonsvarme) ble gjennomført med aktuelle gradstaller på 2008 og normale graddagstaller fra perioden 1961-1990.

D8. Beregnet levert energi

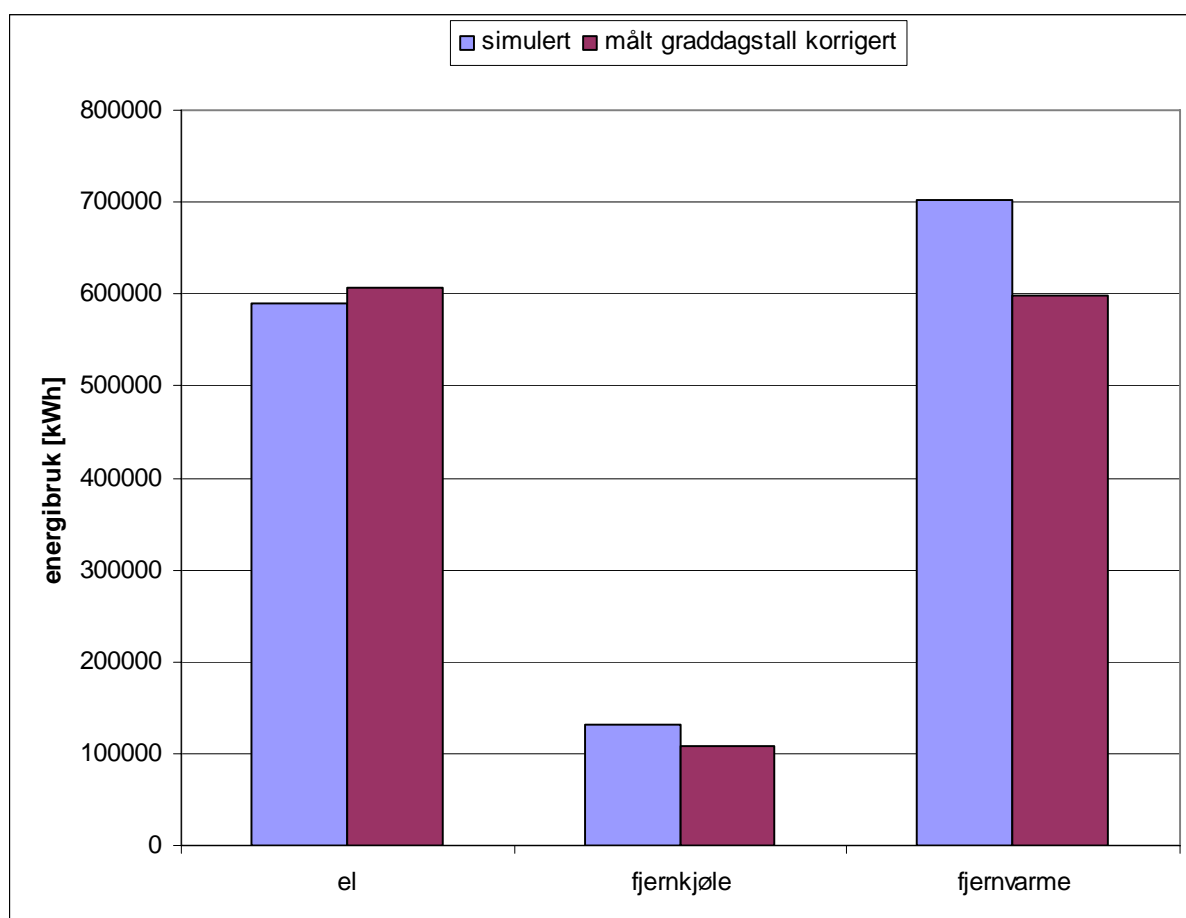
Figur D-20 viser en sammenligning av målt (graddagskorrigert) og simulert forbruk. Tabell D-11 og Tabell D-12 viser de tilsvarende spesifikke verdiene. Målingene er gjort på sekundærsiden i varmesentralen. El.forbruket og tappevann viser god overensstemmelse mellom målt og simulert. For oppvarming er målt oppvarmingsbehov vesentlig mindre enn simulert.

Tabell D-11. Sammenligning av målt og simulert levert energi, spesifikke verdier.

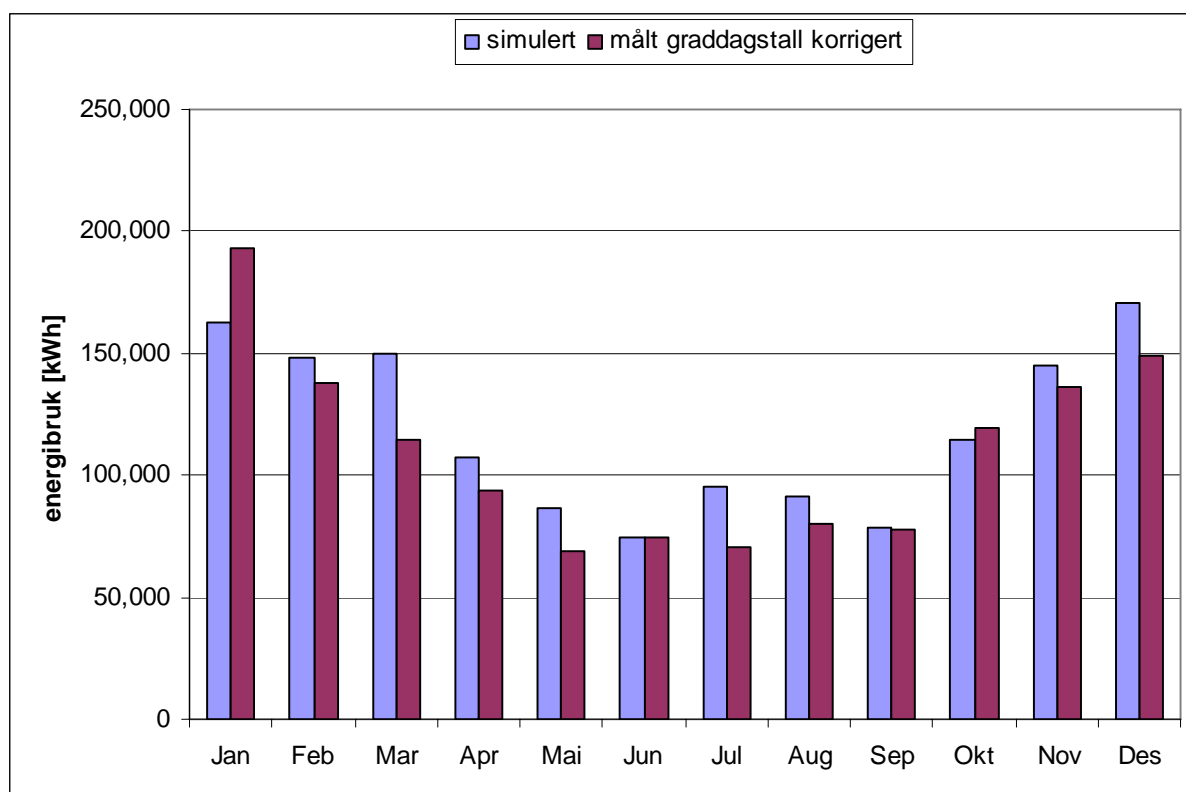
Energivare	Målt levert, graddagstall korrigeret, kWh/m ²	Simulert levert, kWh/m ²	Avvik, kWh/m ²
Fjernvarme	85.4	100.2	-14.8
Fjernkjøling	15.6	18.8	-3.2
Strøm	86.7	84.1	2.6
Sum	187.7	203.2	-15.5

Tabell D-12. Sammenligning av simulert netto energibehov og levert energi, per energipost

Formål	Energibudsjett, kWh	System-virkningsgrader	Levert, kWh	Spesifikt, kWh/m ²
Romoppvarming	280338	0.88	318566	45.4
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	304806	0.88	346370	49.4
Oppvarming av tappevann	33300	0.88	37840.9	5.4
Vifter (ventilasjon)	117689	1.00	117689	16.8
Pumper	10913	1.00	10913	1.6
Belysning	204322	1.00	204322	29.1
Teknisk utstyr	256975	1.00	256975	36.7
Romkjøling	31387	0.88	35667	5.1
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	84519	0.88	96044.3	13.7
Total	1324249		1424388	203.2
Netto energibehov, reelle driftsbetingelser	188.9			



Figur D-20. Sammenligning av målt (graddagstall korrigeret) og simulert energibruk for Bassengbakken 1, per energivare.



Figur D-21. Sammenligning av målt (graddagskorrigert) og simulert energibruk for Bassengbakken 1, per måned.

Tabell D-13 til Tabell D-15 dokumenterer sentrale inndata på simuleringer.

Tabell D-13

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)	
Beskrivelse	Verdi
Areal yttervegger [m ²]:	1788
Areal tak [m ²]:	1659
Areal gulv [m ²]:	2859
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	1806
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	7010
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	25007
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0.23
U-verdi tak [W/m ² K]	0.13
U-verdi gulv [W/m ² K]	0.24
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	1.37
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	25.8
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0.12
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	96
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1.50
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	47
Estimert temperaturvirk. varmegjenvinner pga. frostsikring [%]:	47.3
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	2.98
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	8.9
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	3.0
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0.9
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	73

Tabell D-14

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)	
Beskrivelse	Verdi
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	18.0
Systemeffektfaktor kjøling:	2.50
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22.0
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	29
Spesifikk pumpeeffekt [kW/(l/s)]:	1.48
Driftstid oppvarming (timer)	7.0
Driftstid kjøling (timer)	24.0
Driftstid ventilasjon (timer)	9.7
Driftstid belysning (timer)	8.9
Driftstid utstyr (timer)	8.6
Oppholdstid personer (timer)	8.1
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	11.6
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	11.6
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	14.0
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	14.0
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	0.7
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0.0
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	4.8
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0.10
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0.20
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	1.00

Tabell D-15

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0.30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0.50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0.50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0.50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2.50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2.00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3.00
Bypassfaktor kjølebatteri	0.25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0.13
Midlere lufthastighet romluft	0.15
Turbulensintensitet romluft	25.00
Avstand fra vindu	0.60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m ² K]:	20.00

D9. Netto energibehov

D9.1. Beregnet netto energibehov (driftsbetingelser iht. NS3031)

Tabell D-16 til Tabell D-19 nedenfor viser resultater fra evaluering mot NS 3031. Varmetapstallet er ikke tilfredsstillt.

Tabell D-17 viser at årsmidlere virkningsgrad for all ventilasjon på 47 %. Frostsikring vil også bidra til å redusere virkningsgraden, men dette gir ubetydelige utslag når virkningsgraden er så lav.

Tabell D-16

Resultater av evalueringen		Beskrivelse
Energiltak	Bygningen tilfredsstiller ikke kravene til energiltak i paragraf §8-21 a	
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller ikke omfordeling energiltak (varmetapstall) ihht. §8-21 a	
Energiramme	Bygningen tilfredsstiller ikke energirammen ihht. §8-21 b	
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller ikke minstekravene i §8-21 c	
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller ikke minstekrav gitt i NS3031:2007 (tabell A.6)	
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller ikke byggeforskriftenes energikrav	

Tabell D-17

Energiltak (§8-21 a)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Samlet glass-, vindus og dørareal delt på bruksarealet [%]	25.8	20.0
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0.23	0.18
U-verdi tak [W/m ² K]	0.13	0.13
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0.24	0.15
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	1.37	1.20
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0.12	0.06
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1.50	1.50
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	47	70
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	2.98	2.00
Lokal kjøling er ikke tillatt i tiltaksmodellen	-	-

Tabell D-18

Omfordeling energiltak (§8-21 a, varmetapstall)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Varmetapstall yttervegger	0.06	0.05
Varmetapstall tak	0.03	0.03
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0.10	0.06
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0.35	0.24
Varmetapstall kuldebroer	0.12	0.06
Varmetapstall infiltrasjon	0.12	0.12
Varmetapstall ventilasjon	0.47	0.27
Totalt varmetapstall	1.26	0.84
Lokal kjøling er ikke tillatt i tiltaksmodellen	-	-

Tabell D-19

Energiramme (§8-21 b, samlet netto energibehov)		Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming		37.0 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)		27.5 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)		5.0 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter		12.7 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper		1.6 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning		25.1 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr		34.5 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling		0.2 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)		22.6 kWh/m ²
Totalt beregnet netto energibehov, sum 1-6		166.1 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov		165.0 kWh/m ²

D9.2. Beregnet netto energibehov (reelle driftsbetingelser)

Tabell D-20. Kontrollberegning med kontroll driftstider og Oslo klima

Formål	Netto energibehov [kWh/år]	Netto energibehov [kWh/m ² ·år]
Romoppvarming	280 338	40,0
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	304 806	43,5
Oppvarming av tappevann	33 300	4,8
Vifter (ventilasjon)	117 689	16,8
Pumper	10 913	1,6
Belysning	204 322	29,1
Teknisk utstyr	256 975	36,7
Romkjøling	31 387	4,5
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	84 519	12,1
Total	1 324 249	188,9

Strandveien 18 i Bærum

E.	Strandveien 18 i Bærum kommune	143
E1.	Generell beskrivelse	143
E1.1.	Adresse	144
E1.2.	Beliggenhet	144
E1.3.	Eie- og driftsforhold.....	145
E1.4.	Byggets historikk	146
E2.	Bygningsteknisk	146
E2.1.	Grunnforhold	146
E2.2.	Byggemetode	146
E2.3.	Fasader	147
E2.4.	Gulvarealer og romvolum	149
E3.	VVS-teknisk	150
E3.1.	Energiforsyning	150
E3.2.	Oppvarming	150
E3.3.	Varmtvann	150
E3.4.	Ventilasjon	150
E3.5.	Kjøling	151
E3.6.	Inneklima	152
E3.7.	Effekt-energi bruk pumper-vifter. (SFP-SPP)	152
E3.8.	Reguleringsteknisk.....	152
E4.	Elektroteknisk	153
E4.1.	Lys og lysstyring.....	153
E5.	Annet	153
E5.1.	Diverse infrastruktur	153
E5.2.	Kantine/kjøkken.....	153
E6.	Brukerteknisk	153
E6.1.	IT-installasjoner	154
E6.2.	Brukerstyring	154
E6.3.	Energioppfølging	154
E7.	Registrert levert energi	155
E8.	Netto energibehov	158
E8.1.	Beregnet netto energibehov (driftsbetingelser iht. NS3031)	159
E8.2.	Beregnet netto energibehov (reelle driftsbetingelser).....	159
E8.3.	Avvik mellom normverdi i NS 3031:2007 og reelle driftsbetingelser.....	162
E9.	Konklusjon / forbedringspotensial	163
E10.	Vedlegg	165

E. Strandveien 18 i Bærum kommune

Informasjon er i hovedsak basert på data fra kontaktpersoner Morten Ytterstad og Stefan Yndestad samt FDV-dokumentasjon på stedet.

E1. Generell beskrivelse

Bygget er plassert på Strandveien 18 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 og i underetasjen som ligger i kaiplan er det åpen garasje, lager, rom til driftspersonale og tekniske rom. Totalt har bygget et areal på 16.980 m² hvorav 15.600 m² 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. Taket i atriet består av en lengde med horisontale vinduer og en høyde med vertikale vinduer.

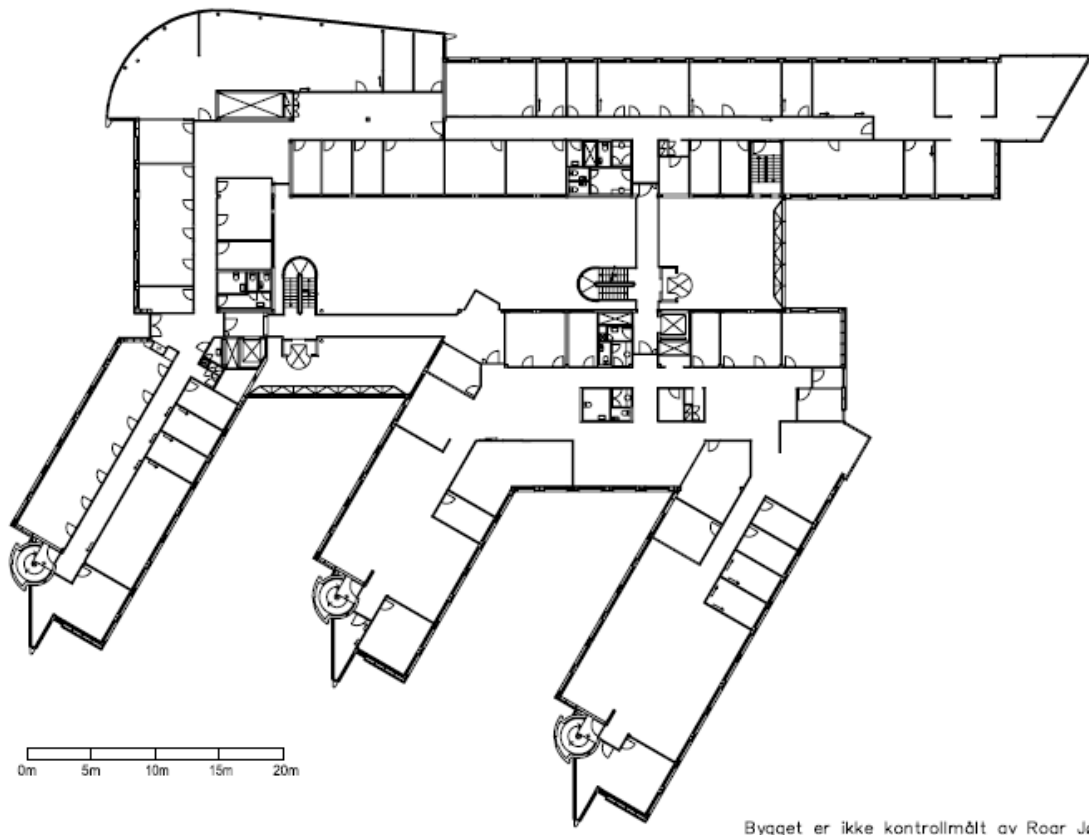


Figur E-1. Nordfasade av Strandveien 18 på Lysaker brygge. (Foto: Helle Wøhlk Jæger Sørensen)



Figur E-2. Østfasaden av Strandveien 18. (Foto: Helle Wøhlk Jæger Sørensen)

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.



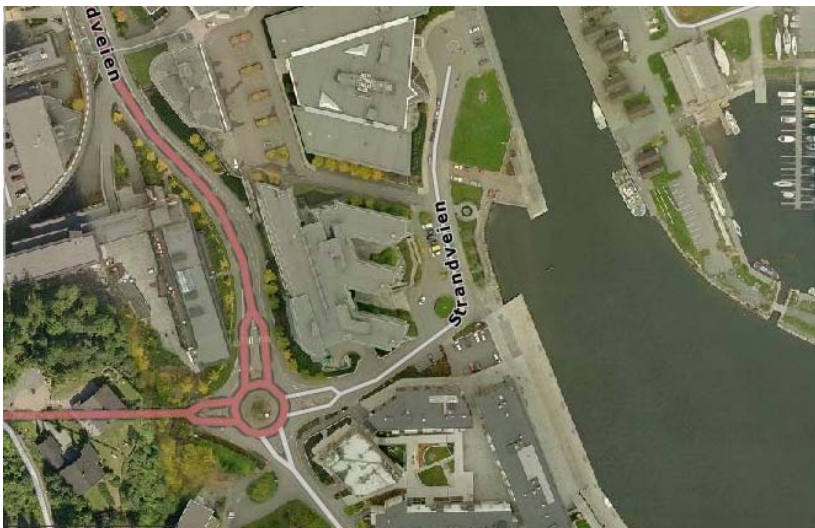
Figur E-3. Typisk plantegning for Strandveien 18, plan 2.

E1.1. Adresse

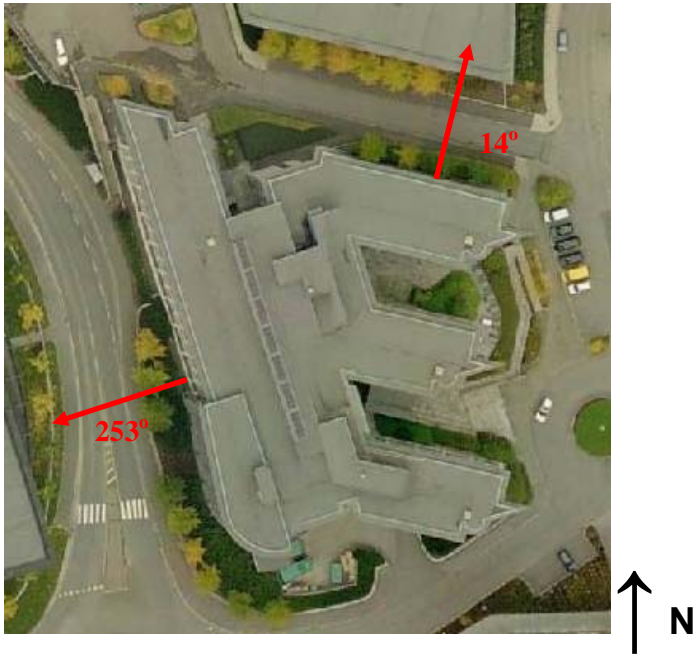
Strandveien 18
1324 Lysaker

E1.2. Beliggenhet

E1.2.1 Orientering



Figur E-4. Hybridkart over området [www.gulesider.no].



Figur E-5. Orientering for de primære fasader [www.gulesider.no].

E1.2.2 Terrengskjerming

Strandveien 18 avskjermes i hovedsak kun av nabobygg mot nord og sør. Bygget mot vest ligger så pass langt unna at denne skjermes forholdsvis lite og mot øst er bryggen plassert. Det vurderes at den største skjerming kommer fra bygget selv på grunn av byggets utforming, som danner et E. Det betyr at østfasaden samt deler av nord- og sørfasade er kraftig skjermet.



Figur E-6. Bygget sett fra øst mot vest [www.gulesider.no].

E1.3. Eie- og driftsforhold

Prosjekteringen av Strandveien 18 ble påbegynt i 1995 med Gjensidige som byggherre. Bygget sto ferdig i 1996 og eies og driftes i dag av Vital Eiendom AS. Vital Eiendom AS er et heleid datterselskap av Vital Forsikring ASA og er en del av DnB NOR konsernet.

Vital Eiendom AS
Vollsveien 17A
Postboks 283
1326 Lysaker
servicesenter@vital.no

Bygget har pr. i dag 11 ulike leietakere som alle har vanlig kontorvirksomhet. Bl.a. Santander consumer bank, Elcon, Standard norge, Ocean Saver, Acta kapitalforvaltning, Navico, Hitachi data systems og SG equipment Finance. I alt jobber ca. 500 personer i bygget. Det vurderes at mesteparten av disse har en arbeidsdag fra 8-16 på hverdager.

Kontaktpersoner hos Strandveien 18 i forbindelse med LECO:

- Morten Ytterstad, Driftsleder, Vital Eiendom, Sikkerhet, ventilasjon, renhold fellesarealer etc. tlf: 81544100 eller 90471432
e-post: morten.ytterstad@vital.no
- Stefan Yndestad, Driftsleder, daglig drift
tlf: 81544100
e-post: rvs.stefan.yndestad@gmail.com

E1.4. Byggets historikk

E1.4.1 Byggeår

1996

Aktører i byggeprosessen:

- Entreprenør: Åke Larson Construction AS
- Rådgivende ingeniører: JHR Partners AS
- VVS: Gunnar Karlsen AS

E1.4.2 Endringer etter ferdigstillelse

Det er ikke gjort store bygningsmessige endringen siden ferdigstillelsen. Kontoravsnittene er i sin tid bygget med utelukkende cellekontorer, en del av disse cellekontorer er i dag lagt sammen til åpne landskaper.

E1.4.3 Brukerorganisasjon per i dag

Hver virksomhet råder over eget areal til kontorer og enkelte har egen kjellerbod eller lagerrom. Herutover er det flere fellesarealer som lysgård, datahall og kantine. Energikostnader fordeles etter areal, idet det finnes ikke mulighet for å måle energiforbruket til den enkelte leietaker.

E1.4.4 Eksisterende tegninger

Det er ikke funnet digitale tegninger for bygget. Det er blitt oversendt plantegninger på pdf. Herutover er det tatt fotokopier av fasader og snitt fra FDV-dokumentasjonen. Det er funnet beskrivelse av oppbygning av tak og valg av glass.

E2. Bygningsteknisk

E2.1. Grunnforhold

Området er en vik i sjøen som er fylt opp. Det er derfor tale om en myk grunn.

E2.2. Byggemetode

Bygget er fundert på påler og et elementbygg.

E2.2.1 Fasader

Fasaden er kledd med siciliansk granittstein med innlagt glass- og aluminiumspartier. På en detaljtegning er det funnet at isolasjonstykkelsen ca er 110 mm. Det er ikke funnet flere

opplysninger for fasadene og det vurderes på bakgrunn av TEK87 og isoleringstykkelsen at U-verdien er ca. 0,3 W/m²K.

E2.2.2 Yttertak

Taket er bygget opp av 0,2 mm plastfolie/Icopal Base 541 PG, skråskåren steinull, snitt 18 cm, 1 lag Icopal Base 541 PG, 1 lag Icopal Base 503 PG og 1 lag Icopal Top 501. Ut fra Byggforskblade og TEK87 vurderes det at U-verdien er ca. 0,2 W/m²K.

E2.2.3 Vinduer

Det er for vinduer brukt seks typer glass og tre typer aluminiumsfyllinger.

Det mest vanlig brukte glass i bygget beskrives som 6 mm optima nøytral x 15 mm luft x 4 mm float. Ut fra opplysninger funnet på www.berglund-byggjenester.no/U-verdi.htm er det tale om en U-verdi på 1,5 W/m²K og en g-verdi på 40 %.

Det er ikke funnet opplysninger på karm/ramme men det er antatt en U-verdi på 2 W/m²K. Samlet U-verdi i beregningene med valgte størrelse vindu for kontorsonene gir en U-verdi på 1,85 W/m²K for hele vinduet. For lysgården er den gjennomsnittlige U-verdi på glassfelter beregnet til 1,69 W/m²K. Dette gir for hele bygget en gjennomsnittlig U-verdi på 1,82 W/m²K for vinduer og glassfelter.

E2.2.4 Etasjeskiller

Det er antatt vanlige hulldekkeelementer.

E2.2.5 Himlinger

Det er i hovedsak gipshimling overalt i bygget.

E2.2.6 Skillevegg

Skillevegger i lysgård er i gips med noen trepaneler. Det vurderes at det i resten av bygget er gipsplate på veggene.

E2.2.7 Kuldebroer

Det er ikke funnet opplysninger om beregnede kuldebroer for bygget. Det er funnet en detaljtegning av samling mellom etasjeskillere og yttervegg og her er det vist at ytterste lag isolering på ca. 50 mm går ubrutt forbi dekkeforkant. Dette gir derfor ikke anledning til at tro at det finnes vesentlige kuldebroer i bygget og derfor er det antatt en normalisert kuldebroverdi på 0,12 W/K pr. m² iht. NS3031, tabell A.4, da bygget har et bæresystem i betong. Denne antagelse er basert på en enkel detaljtegning av kun en type av kuldebroer og det ligger derfor en stor usikkerhetsfaktor i denne antagelsen.

E2.2.8 Infiltrasjon

Det er ikke funnet opplysninger om infiltrasjon og derfor er det antatt et lekkasjetall på 3 h⁻¹. Det ligger en stor usikkerhetsfaktor i denne antagelsen.

E2.3. Fasader

E2.3.1 Beskrivelse vinduer og glassfelt

Fasadene består av 40 % vinduer og glassfelter og 60 % tettvegg. I taket er det glassfelter i 3 % av arealet. De største glassfelter finnes i de to inngangspartier i lysgården.



Figur E-7. Bilder av fasader. (Foto: Helle Wøhlk Jæger Sørensen)

E2.3.2 Arealoversikt vinduer og glassfelt

Oversikt i Tabell E-1 er basert på oppmåling på tegninger

Tabell E-1. Oversikt over areal av vinduer, glassfelter og dører i fasadene og tak.

Betegnelse [-]	Total fasadeareal inkl. vinduer/glassfelter/dører [m ²]	Areal av vinduer /glassfelter/dører [m ²]	Areal av tettvegg [m ²]
Nordfasade	2 069,5	793,4	1 276,1
Sørfasade	1 882,8	683,9	1 198,9
Østfasade	1 179,8	797,4	382,3
Vestfasade	1 475,4	592,5	882,9
Tak	-	69,3	-
Sum	6 608	2 937	3 740

Til sammen blir mengden av vinduer og glassfelt 18,8 % av det oppvarmede areal. Til sammenligning kan det nevnes at denne verdien ligger innen for det som i dag tilrådes i tiltakspakken i TEK07.

E2.3.3 Solavskjerming

Det er for solutsatte fasader, det vil si sør og vest, montert utvendige persienner, manuelt betjente fra hvert enkelt kontor. Enkelte vinduer mot øst har også persienner. I lysgård er det innvendig avskjerming på fasaden mot øst i form av persienner.

Det diskuteres i øyeblikket om de utvendige persienner skal automatiseres, men det er ikke besluttet ennå. Driftleder vurderer at persienner ikke brukes vesentlig.

E2.4. Gulvarealer og romvolum

Totalt har bygget et bruttoareal på 16.980 m². Oppvarmede areal er 15.600 m², idet bl.a. garasjeanlegget ikke er oppvarmet. For den oppvarmede del er det ut fra oppmåling på snitt beregnet et volum på 42.323 m³.

Arealfordelingen vises i Tabell E-2

Tabell E-2. Oversikt over brukere og arealfordeling.

Etasje	Leietaker	HOVEDDEL			TILLEGGSDDEL	SUM AREAL INKL. FELLES
		Privat hoveddel		Felles hoveddel		
		Kontor	Lager	Spesielt	Fellesareal	
KAIPLAN	SANTANDER	0,0	490,1	0,0	165,9	656,0
	NEK	0,0	36,9	0,0	12,5	49,4
	NAVICO	0,0	12,2	0,0	4,1	16,3
	STANDARD NORGE	0,0	76,4	0,0	25,9	102,3
	HITACHI	0,0	25,9	0,0	8,8	34,7
SUM KAIPLAN		0,0	641,5	0,0	217,2	858,7
MEZZANIN	SANTANDER	464,2	0,0	0,0	157,2	621,4
	NAVICO	63,2	0,0	0,0	21,4	84,6
	LEDIG MEZZANIN B	22,5	0,0	0,0	7,6	30,1
	LEDIG MEZZANIN A	492,1	0,0	0,0	166,6	658,7
SUM MEZZANIN		1042,0	0,0	0,0	352,8	1394,8
1. ETG.	SANTANDER	874,9	0,0	0,0	296,2	1171,1
	SG FINANS	1120,0	0,0	0,0	379,2	1499,2
SUM 1. ETG.		1994,9	0,0	0,0	675,4	2670,3
2. ETG.	SG FINANS	2066,9	0,0	0,0	699,7	2766,6
SUM 2. ETG.		2066,9	0,0	0,0	699,7	2766,6
3. ETG.	SANTANDER	2066,9	0,0	0,0	699,7	2766,6
SUM 3. ETG.		2066,9	0,0	0,0	699,7	2766,6
4. ETG.	STANDARD NORGE	1677,6	0,0	29,4	577,8	2284,8
	NEK	319,6	0,0	11,5	112,1	443,1
SUM 4. ETG.		1997,2	0,0	40,8	689,9	2727,9
5. ETG.	NAVICO	697,3	0,0	0,0	236,1	933,4
	HITACHI	322,7	0,0	15,5	114,5	452,7
	ACTA ASA	459,4	0,0	22,0	163,0	644,4
	SAGA FINANS	356,1	0,0	0,0	120,6	476,7
SUM 5. ETG.		1835,5	0,0	37,5	634,2	2507,1
SUM HELE BYGGET		11003,4	641,5	78,3	3968,8	15692,0

E3. VVS-teknisk

I tiden etter bygget er tatt i bruk er det gjennomført utbedringer og forandringer på VVS-anlegget.

E3.1. Energiforsyning

Varme og kjøling leveres av Bærum fjernvarme AS som eies av Fortum Heat AS. Anlegget som betjener Strandveien 18 er plassert på Mølla energisentral og her er det installert en varmepumpe. Varmepumpen trekker varme fra sjøvannet for leveranse til fjernvarmenettet, samtidig som sjøvannet kjøler ned fjernkjølevannet. I sommersesongen kjøres varmepumpen for å produsere kjøling når det ikke lengre er tilstrekkelig med varmeveksling mot sjøvannet.

Fastkraft leveres av Fortum.

E3.1.1 Energimåling

Det er i bygget i alt tre målere som måler det samlede energiforbruk fordelt på postene kjøling, varme og fastkraft. Det samlede energiforbruk deles derfor på leietaker ut fra en arealmessig betraktning.

E3.2. Oppvarming

Varmen distribueres i enstrengssystem til seriekoblede radiatorer på kontorene. Det er gulvvarme i lysgård (som dog ikke brukes) og en varmekurs rundt inngangspartiet. Denne varmen hentes ut fra vannet som returneres fra radiatorkursen. Garasjeanlegget er åpent til det fri og oppvarmes ikke.

Lokalene temperaturreguleres ved hjelp av en regulator pr. opprinnelig kontormodul, som kan reguleres individuelt av brukerne.

Innendørs temperaturnivå skal normalt ligge mellom 22-24 °C. Om sommeren når utetemperatur overstiger den dimensjonerende utetemperatur på 25,2 °C må det påregnes at innetemperaturen overstiger 24 °C.

Tur-returtemperaturen fra fjernvarmesentralen kan ikke ses på SD-anlegget, men det forventes at turtemperaturen i radiatorene i bygget er ca. 55 °C og returtemperaturen er ca. 35 °C.

Oppvarming av lysgård foregår ved ventilasjon og det holdes en temperatur på ca. 19/20 °C.

Det er døgndrift på radiatorer og det er ikke natt/helgesenkning.

E3.3. Varmtvann

Tappevann leveres av Bærum fjernvarme. En liten del av fjernvarmen blir skilt ut før hovedveksleren og sendt til mindre vekslere som forvarmer tappevann. Tappevann varmes ytterligere opp i egne beredere.

E3.4. Ventilasjon

Ventilasjonen skjer med et CAV-anlegg med utekompensering og batterivekslere med en oppgitt temperaturvirkningsgrad på 50 %. Det forventes at denne i virkeligheten er mindre, kanskje ned til 30-40 %, på grunn av store utslag ved avriming.

Bygget er delt opp i åtte soner som hver har sitt eget ventilasjonsanlegg. Sone 1-5 er kontorsoner hvor anleggene har tilluft- og avtrekksvifte, kjøle- og varmebatteri og batterigjenvinner. Anlegg for lysgård har samme oppbygging. Kjøkken /kantine har en ekstra avtrekksvifte, mens datahallens er uten varmebatteri og med plategjenvinner. Alle anlegg er styrt etter utetemperatur og gjennomsnitt er den maksimale tilluftmengde 7 m³/hm² for byggets oppvarmede areal. Videre er det et avtrekksaggregat i garasjen som har en nominell luftmengde på ca. 2300 l/s.

Tabell E-3. Oversikt over ventilasjonsaggregatene i bygget. I gjennomsnitt er det en luftmengde på 7 m³/hm² i bygget.

Anleggsnummer	Forsyningsområde	Temperaturvirkningsgrad på gjenvinner [%]	Maksimal tilluftmengde [l/s]	Maksimal tilluftmengde [m ³ /h]	Varmebatteri ΔT, vannside [°C]	Kjølebatteri ΔT, vannside [°C]
365.001	Sone 1	45	6.670	24.012	30,8	5,4
365.002	Sone 2	50	5.000	18.000	25	5
365.003	Sone 3	50	3.330	11.988	25	5
365.004	Sone 4	50	5.280	19.008	25	5
365.005	Sone 5	50	5.550	19.980	25	5
365.006	Kantine og kjøkken	50	2.360	8.496	25	5
365.007	Lysgård	50	2.220	7.992	25	5
365.010	Serverrom	72,8	270	972	-	6
	Total	50	30.680	110.448	25	5

Tillufttemperaturen er på ca. 19,5 °C om vinteren og 18 °C om sommeren. Denne temperatur innstilles på SD-anlegget av driftspersonalet.

Driftstider av ventilasjonsaggregatene styres av byggets SD-anlegg. Driften er generell fra kl. 7 til kl. 16 på hverdager. Kjøkken/kantine har en drifttid fra kl. 7 til ca. 13.30 på hverdager. I påsken er det stengt og i julen driftes systemet etter behov fra leietaker. I desember er det bl.a. vanlig at ventilasjon står på hele natten i kantine etter behov, da flere av brukerne avholder julebord her. Uten for drift er ventilasjonssystemet slukket.

E3.5. Kjøling

Kjøling distribueres til seriekoblede kjølebafler på alle kontorene, til fancoils i UPS-rom og til kjølemaskiner i serverrom. Bygget har i tillegg et eget isvannsanlegg for nødkjøling, som backup når fjernkjølingen faller ut. Nødkjølekretsen drives av en kompressor. Driftsleder vurderer at nødkjøleren ikke er nødvendig.

Fjernkjølingen blir levert med en turtemperatur på ca. 5-6 °C og en returtemperatur på ca. 11 °C.

I Tabell E-4 og Tabell E-5 ses en oversikt over den maksimale effekt kjøleaggregatene på serverrom, telekommunikasjon og UPS-rom har. Det forventes dog ikke at disse kjøres med maksimal effekt spesielt da et av kjøleaggregatene på serverrommet først er satt i drift sist i oktober 2008. Før dette var den maksimale kjøleeffekt på serverrommet ca. 86 kW. Dette leder en til å tro at kjøleeffekten her reelt er på ca. 70 % av samlet maksimal kjølekapasitet på 109 kW, dvs. ca. 76 kW for serverrommet. Herved blir kjøleeffekten i alt 107 kW for serverrom og telekommunikasjon.

Tabell E-4. Maksimal kjøleeffekt i serverrom og telekommunikasjonsrom.

	Kjøleenhet	Effekt [kW]	Antall	Effekt i alt [kW]
Serverrom	RC Group Slim Over CW.0 størrelse S2	31,3	2	62,6
Serverrom	Stulz A09940 CCD201G modell 2008	23,1	2	46,2
Telekomm.	RC Group Slim Over CW.0 størrelse S2	31,3	1	31,3
Total				140,1

UPS-rommet har installert to fancoils som til sammen kan avgi 43,2 kW. Da UPS-en må administrere ca. 107 kW fra serverrom og telekommunikasjon og har en varmeavgivelse på 5 % forventes det et kjølebehov på UPS-rommet på ca. 5 kW.

Tabell E-5. Maksimal kjøleeffekt i UPS-rom.

	Kjøleaggregat	Effekt [kW]	Antall	Effekt i alt [kW]
UPS	Fancoil CLIVET CF71	21,6	2	43,2

E3.6. Inneklima

Kontakt hos Vital Eiendom, har fått spørreskjemaer til utdeling. Dessverre er det ikke blitt gitt tilbakemelding på dette.

E3.7. Effekt-energi bruk pumper-vifter. (SFP-SPP)

Ut fra påstemplet vifteeffekt er SFP, spesifikk vifteeffekt, blitt beregnet for hvert ventilasjonsaggregat, se Tabell E-6. Gjennomsnittlig blir SFP-faktoren 3,1 kW/(m³/s) for alle anlegg.

Tabell E-6. Beregnet SFP for ventilasjonsaggregatene i bygget.

Anleggsnummer	Forsyningsområde	Vifteeffekt [kW]	SFP [kW/(m ³ /s)]
365.001	Sone 1	26,0	3,9
365.002	Sone 2	13,0	2,6
365.003	Sone 3	8,0	2,4
365.004	Sone 4	15,0	2,8
365.005	Sone 5	18,5	3,3
365.006	Kantine og kjøkken	7,0	3,0
365.007	Lysgård	6,0	2,7
365.010	Serverrom	0,7	2,7

E3.8. Reguleringsteknisk

Ventilasjonsystemet er basert på CAV og styres fra byggets SD-anlegg. Systemet er uteluftkompansert og sett-temperaturen er om vinteren 19/20 °C og om sommeren 17,5/18 °C.

Det er ingen nattkjøling og ventilasjonssystemet er slukket uten for driftstiden.

Det opplyses at ventilasjonssystemet er dårlig innregulert og derfor må innregulering av luftmengden foretas.

Det er døgndrift på radiatorer og det er ikke natt/helgesenkning lengre. Før har det vært nattsenkning ned til 15 °C, men det ble for mange klager over at det var for kaldt først på arbeidsdagen, så dette ble endret.

Lokalene temperaturreguleres ved hjelp av en selvstendig romregulator pr. opprinnelig kontormodul, som regulerer både varme- og kjølepådrag i sekvens. Settpunktet til denne regulatoren kan endres individuelt av brukerne, ved at peke den røde strek til ønsket temperatur, se Figur E-8. Regulatoren regulerer siden +/- ca. 1,5-2 grader fra settpunktstemperaturen.



Figur E-8. Temperaturregulator på kontorene av typen Eberle 172257201. Vær oppmerksom på at skalaen er misvisende.

Regulatoren er plassert høyt oppe under tak og er vanskelige å komme til. I utgangspunktet er det installert en regulator pr. cellekontor og etter flere av kontorene er slått sammen til større åpne landskaper er alle regulatorenne blitt sittende. I et av de åpne kontorlandskaper er det blitt observert 16 regulatorer i samme rom.

Så vidt det vites er termostaten i regulatorenne ikke blitt kalibrert og det finnes flere regulatorer av varierende dato og fabrikat. Det må derfor forventes at der hvor cellekontorer er blitt til åpent landskap er det flere av regulatorenne som motvirker hverandre. Dette vil føre til et merforbruk av både varme og kjøling især da det forventes at dødbåndet for regulatoren er på 2-3 °C.

E4. Elektroteknisk

E4.1. Lys og lysstyring

Bygget har egen lysstyring som styres vha. Vitals SD-anlegg. Dette betyr at lyset skrues på kl 07 og skrues av kl. 17. Etter kl. 17 må lyset skrues på manuelt og herved aktiveres bevegelsessensorer. Etter en time uten aktivitet skrues lyset automatisk av.

Effekten er ikke oppgitt, men det er forutsatt en gjennomsnittlig spesifikk effekt på 10 W/m² ut fra observasjoner på stedet. I områder hvor det opprinnelig har vært cellekontorer er det observert at belysningen består av to lysarmaturer enten med 36 W eller 49 W pr. celle, hvilket maksimalt gir 98 W pr. celle. Da et cellekontor er på ca. 9,5 m² gir dette maksimalt ca. 10 W/m². I korridorene er det observert lysarmaturer på 18 W plassert på en sådan måte at det gir en effekt på ca. 7 W/m². Med 80 % kontorareal og 20 % korridorer fås en antatt gjennomsnittlig effekt på 10 W/m² for hele bygget.

Lys ute styres med fotoceller.

E5. Annet

E5.1. Diverse infrastruktur

Det er registrert problemer med kuldestrømninger inn i lysgård ved bruk av inngangene.

E5.1.1 Snøsmelteanlegg

Styres med SD-anlegg og aktiveres når temperatur er under 1 °C ute. Området hvor det snøsmeltes er ca. på 150 m².

E5.2. Kantine/kjøkken

Det er kantine og kjøkken i mezzaninplan. Det er ikke undersøkt hvor mye utstyr som er i kjøkkenet. Basert på presentasjonen Benchmarking: What's your building's energy IQ på hightech.lbl.gov/Presentations/HECO_Benchmarking.ppt#1, hvor det indikeres at et måltid ca. krever 2-3 kWh i oppbevaring, kjøling, vask og tilberedning, fås følgende: 500 personer * 261 dager * 2,5 kWh = 326.250 kWh/år som svarer til 21 kWh/m² pr. år.

E6. Brukerteknisk

Det er i bygget i alt tre målere som måler det samlede energiforbruk fordelt på postene kjøling, varme og fastkraft. Det samlede energiforbruk deles derfor på leietaker ut fra en arealmessig betraktning.

E6.1. IT-installasjoner

E6.1.1 Lokalt

Det tekniske utstyr på kontorene består av en pc per person som jobber i bygget, kopimaskiner og printere samt utstyr på møterom. Det er ut fra bygningsutforming og antall personer antatt de verdier som er satt opp i Tabell E-7.

Tabell E-7. Antatt effekt for teknisk utstyr i kontorene.

	Antatt	Effekt [W]	Spesifikk effekt [W/m ²]
1 pc pr person i alt 500	500 stk. a 150 W	75.000	5,0
Kopi og printer	32 stk a 300 W	9.600	0,6
Møterom 8-10 stk	10 stk. a 500 W	5.000	0,3
Total		89.600	5,9

I lysgården er det kun teknisk utstyr i forbindelse med resepsjonen, hvor det er antatt 2 stk pc a 150 W. Dette gir en spesifikk effekt for lysgården på 0,6 W/m².

Ovenstående verdiene gir et gjennomsnitt for bygget på 5,7 W/m² i drift. Uten for drift antas det at effekten på utstyr er ca. 10 %.

Serverrom og telekommunikasjonsrom er plassert på mezzanin. På serverrommet er det antatt at utstyret har en samlet effekt på ca. 86 kW, se avsnitt E3.5. For telekommunikasjon antas det at effekt på utstyret ca. svarer til 31 kW, hvilket svarer til den maksimale kjøleeffekt som er installert i rommet. Herved blir effekten i alt 107 kW for serverrom og telekommunikasjon. Dette svarer til en spesifikk effekt på 6,9 W/m² hvis effekten deles ut på hele det oppvarmede areal.

Det vides ikke om brukene selv har andre mindre serverrom fordelt i etasjene.

E6.1.2 UPS-rom

UPS-rommet inneholder to stk. UPS begge fra Eaton Powerware. Det forventes at serverrom og telekommunikasjon er tilkoplede UPS. Den ene UPS er på 275 kVA (247 kW) og annen er på 10 kVA (9 kW). Disse er tilkoplede batterier og en dieselgenerator. Begge bruker metoden dobbelt conversion (online). Dette betyr at UPS-en kjører døgkontinuerlig og det er bruk for kjøling i dette rommet. Da effektiviteten er hhv. 94,5 % og 98 % for den store og den lille UPS gir dette en varmeavgivelse på ca. 5 % av den kapasitet den administrerer. Da den samlede effekt fra serverrom og telekommunikasjon er antatt å være på ca. 107 kW er det rimelig å anta at UPS administrerer denne kapasitet. Dette gir en varmeavgivelse på ca. 5 kW, hvilket svarer til en spesifikk effekt på 0,3 W/m² hvis effekten deles ut på hele det oppvarmede areal. Den installerte, maksimale kjøleeffekt er dog på 43,2 kW, se Tabell E-5, hvilket kanskje henger sammen med at den forrige UPS hadde en mye større varmeavgivelse.

E6.2. Brukerstyring

Lokalene temperaturreguleres ved hjelp av en selvstendig romregulator pr. opprinnelig kontormodul, som regulerer både varme- og kjølepådrag i sekvens. Settpunktet til denne regulatoren kan endres individuelt av brukerne +/- ca. 1,5-2 grader fra settpunktstemperaturen. Regulatoren er plassert høyt oppe under tak og er vanskelig å komme til.

E6.3. Energioppfølging

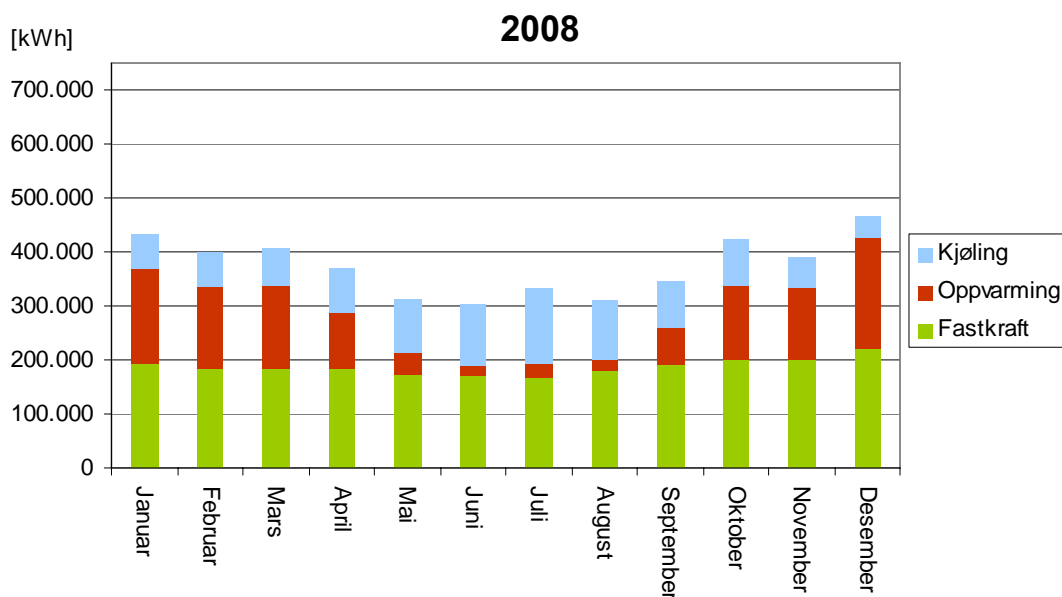
EOS-loggen fra Entro benyttes til energioppfølging for bygget.

E7. Registrert levert energi

Virkelig levert energi for 2008 er på 288 kWh/m² som er graddagskorrigert til 297 kWh/m². For å finne energibruken i 2008 ble data fra Entro energi sin EOS-loggen benyttet. Her logges energi til varme, kjøling og fastkraft.

Figur E-9. Historisk forbruk basert på oppvarmet areal på 15.600 m².

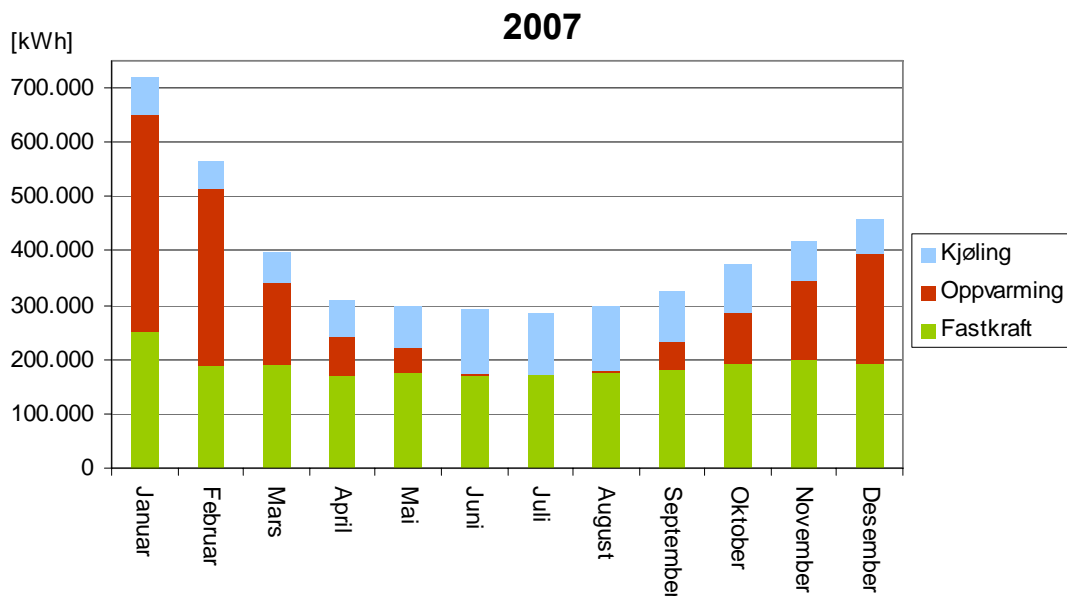
År	Energiforbruk kWh	Temperaturkorrigert forbruk		Endring %	Vann m ³	Kommentar
		kWh	(kWh/m ²)			
2008	4.493.527	4.632.113	297	5	6105	Forbruk fra EOS. Ny kjøleenhet på bygget.
2007	4.739.546	4.960.906	318	10	6741	
2006	4.491.274	4.722.179	303	5	4880	
2005	4.231.395	4.448.897	285	-1	4727	Ombygging i to etasjer (Elcon)
2004	3.974.792	4.123.806	264	-9	4495	Ombygging i to etasjer.
2003	3.664.909	3.777.496	242	-16	4085	Periode med tomme lokaler (1. og 4. etg.). Enøktiltak: Ny lysstyring (des-02) og ny isvannspumpe (jan-03).
2002	4.448.400	4.571.973	293	1	6050	
2001	4.379.800	4.433.837	284	-2	4263	
2000	4.357.807	4.583.250	294	2	3478	
1999	4.406.022	4.489.085	288	0	4989	
1998	4.439.900	4.510.081	289	0		
1997	4.421.546	4.554.681	292	-		
Referanse	4.508.274					
Referanse	4.431.501					Forbruk 04-06



Figur E-10. Faktisk forbruk for 2008, som ikke er temperaturkorrigert.

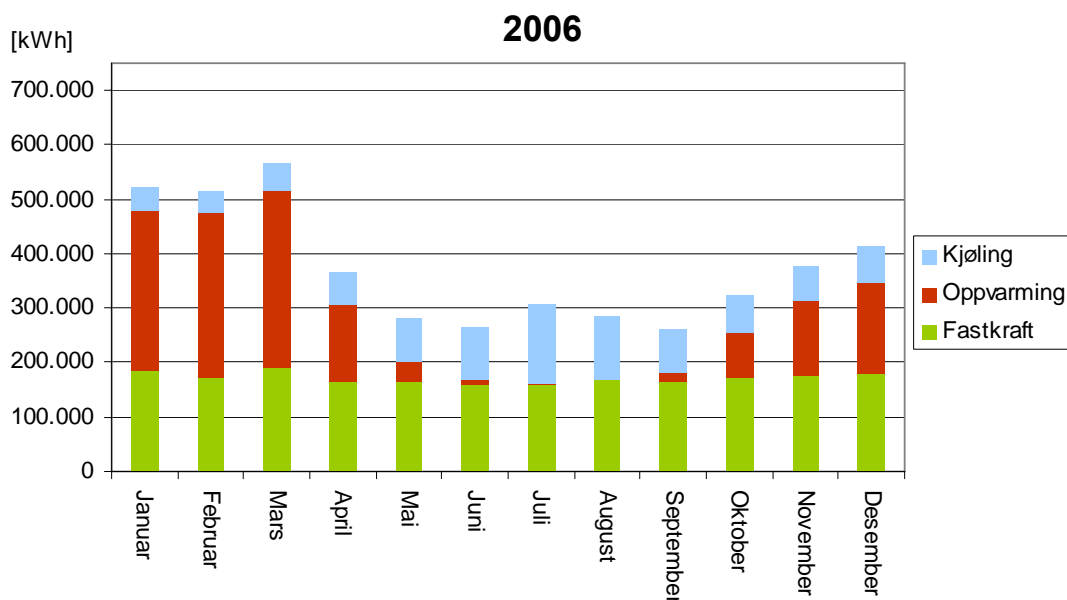
Sammenlagt over året 2008 gikk 50 % av energien til fastkraft, 22 % til kjøling og 28 % til varme.

Det ses på Figur E-10 at det har vært oppvarmingsbehov fra mai til august. Dette skyldes en feil som gjorde at de nederste etasjer ufrivillig hadde oppvarming. Det er uvisst om feilen skyldes styringen i bygget eller Bærum fjernvarme hadde regulert feil på deres anlegg. Uansett grunnen viser oversikten fra 2007 og 2006 på Figur E-11 og Figur E-12 et mer realistisk bilde av oppvarmingsbehovet på sommeren.



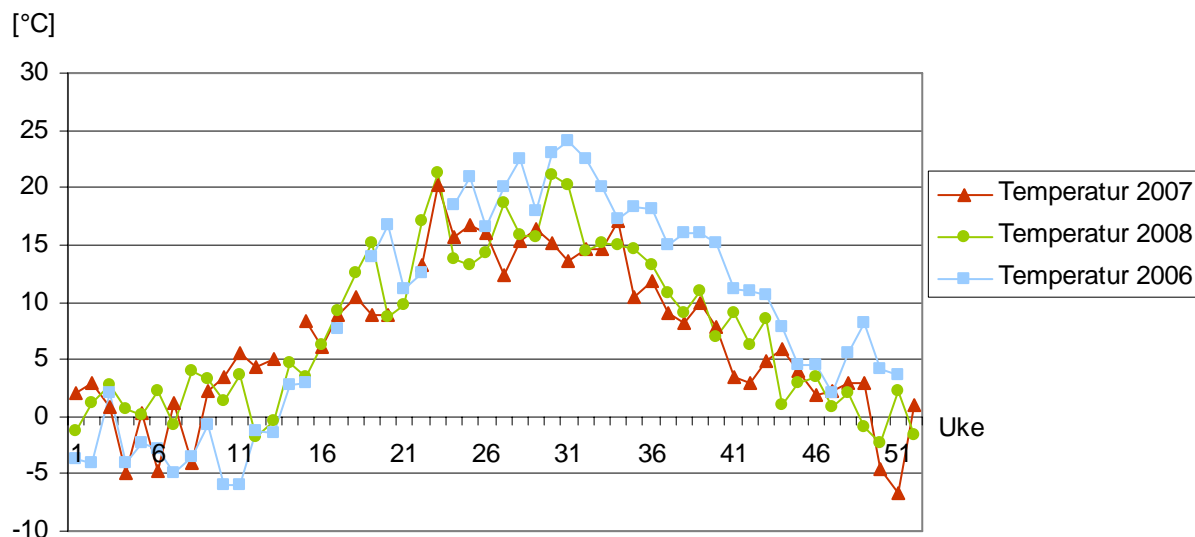
Figur E-11. Faktisk forbruk for 2007, som ikke er temperaturkorrigert.

Sammenlagt over året 2007 gikk 48 % av energien til fastkraft, 21 % til kjøling og 32 % til varme.



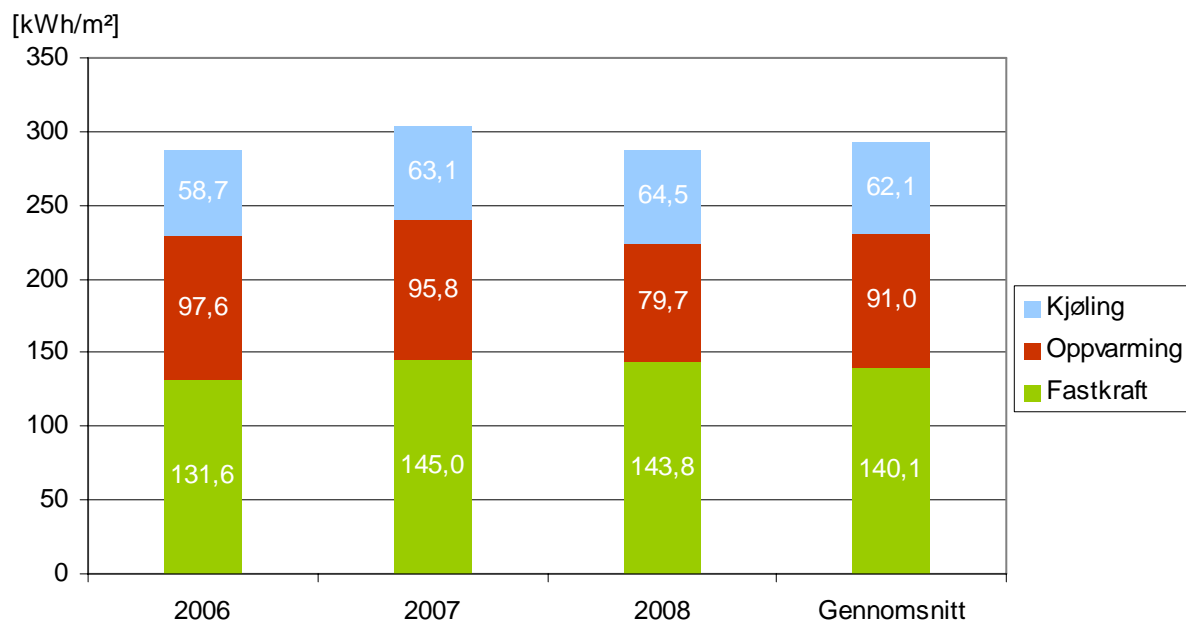
Figur E-12. Faktisk forbruk for 2006, som ikke er temperaturkorrigert.

Det faktiske forbruk for 2006, 2007 og 2008 skal ses i sammenheng med temperaturen, da verdiene ikke er temperaturregulert. Temperaturene på Figur E-13 er tatt fra byggets EOS-system.



Figur E-13. Temperaturforløp for 2006, 2007 og 2008.

Det årlige forbruk er for 2006, 2007 og 2008 satt opp i Figur E-14. Her ses det at forbruket har vært ca. 293 kWh/m², hvilket er ca. 80 % høyere enn rammekravet for et kontorbygg i dag (165 kWh/m²). Det temperaturkorrigerede forbruk er for 2006-2008 gjennomsnittlig 306 kWh/m². Dette er 30 % større enn en landsgjennomsnittet for de kontorbygg som er med i ENOVA sin statistikk, som for 2007 er funnet til 233 kWh/m², jf. Enovas Byggstatistikk 2007 [Enova, 2008].



Figur E-14. Faktisk energibruk for Strandveien 18, ikke graddagskorrigert.

Sees det på de siste tre årene har det temperaturkorrigerede forbruket vært 306 kWh/m² 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 det heller ikke medtatt lokal romkjøling.

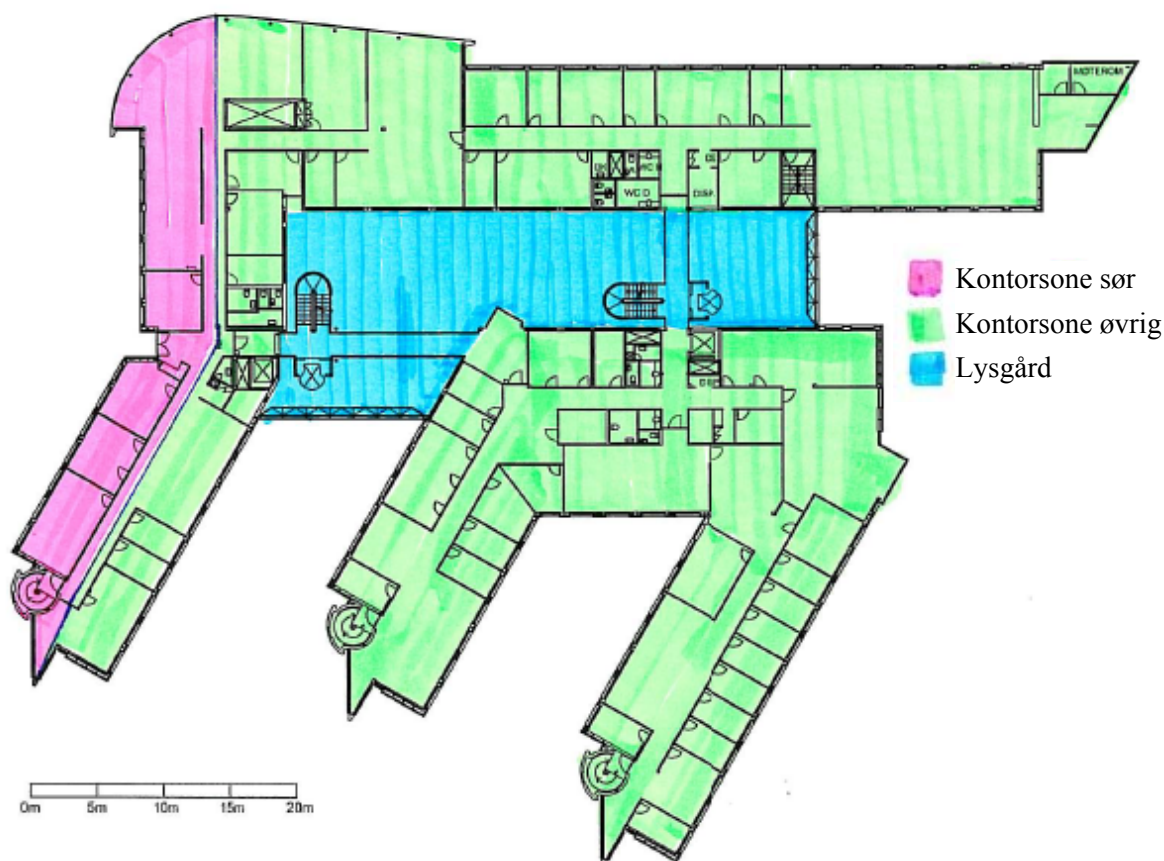
Tabell E-8. Faktisk forbruk og temperaturkorrigert forbruk. Alle verdier i kWh/m².

	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	288	304	288	293
Temperaturkorrigert forbruk	303	318	297	306

E8. Netto energibehov

Det er gjort en simulering av bygget i SIMIEN. Først er det beregnet energibruk i henhold til energirammemetoden i NS3031. Her etter 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 inndelt i tre soner; lysgård, sørdel av kontorer og øvrig kontor, se Figur E-15. Dette er gjort i henhold til soneinndelingsregler i NS3031.



Figur E-15. Soneinndeling av Strandveien.

E8.1. Beregnet netto energibehov (driftsbetingelser iht. NS3031)

Det er utført en beregning av bygget basert på NS3031 med standardverdier for laster og driftstider. Da ventilasjonsmengden i kontorsonene var mindre enn minstekravet er disse blitt endret til minste tillatte verdier i NS3031 både i og utenfor driftstid. Beregnet netto energibehov ses på Tabell E-9.

Tabell E-9. Beregnet netto energibehov basert på standardverdier i NS3031.

Poster	Spesifikk energibudsjett [kWh/m ² /år]
Romoppvarming	43,7
Ventilasjonsvarme	57,4
Varmtvann	5,0
Vifter	23,2
Pumper	3,9
Belysning	25,1
Teknisk Utstyr	34,4
Romkjøling	13,7
Ventilasjonskjøling	7,8
Totalt netto energibehov	214,3

Det beregnede nettoenergiebehov etter NS3031 viser derved en verdi som er 79 kWh/m² mindre enn gjennomsnittet for det faktiske forbruket fra 2006-2008 og 92 kWh/m² 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.

E8.2. Beregnet netto energibehov (reelle driftsbetingelser)

Det er gjort en beregning av energiforbruket for Strandveien 18 med reelle laster og driftstider. Her er det sett bort fra energi til kjøkkendrift, serverrom, telekommunikasjonsrom og UPS-rom. Resultatet for netto energibehov er vist på Tabell E-10.

Tabell E-10. Beregnet netto energibehov iht NS3031 basert på reelle verdier.

Poster	Totalt energibehov [kWh/år]	Spesifikk energibudsjett [kWh/m ² /år]
Romoppvarming	954 771	61,2
Ventilasjonsvarme	371 680	23,8
Varmtvann	78 168	5,0
Vifter	215 907	13,8
Pumper	63 290	4,1
Belysning	407 137	26,1
Teknisk Utstyr	246 835	15,8
Romkjøling	191 276	12,3
Ventilasjonskjøling	78 006	5,0
Totalt netto energibehov	2 607 071	167,1

Tabell E-11 viser beregnet teoretisk levert energi for Strandveien med reelle laster og driftstider. Det er brukt systemvirkningsgrader basert på NS3031.

Tabell E-11. Beregnet levert energi basert på reelle verdier, med systemvirkningsgrader fra NS3031.

Poster	Totalt levert energi [kWh/år]	Spesifikk levert energi [kWh/m ² /år]
Romoppvarming	1 084 967	69,5
Ventilasjonsvarme	442 476	28,4
Varmtvann	79 763	5,1
El	933 169	59,8
Kjøling	306 002	19,6
Totalt levert energi	2 846 378	182,5

I beregningene er det ikke medtatt energi som går til serverrom, UPS- og telekommunikasjonsrom. Her forventes det at det brukes energi til utstyret som er gjennomgått i avsnitt E6 og energi til kjøling som er beskrevet under avsnitt E3.5.

Det er antatt at kjøling til serverrom, UPS og telekommunikasjon til sammen er ca. 112 kW. Den samme verdi antas å gjelde for utstyr. Det vil si at i alt brukes 224 kW på tekniske rom. Siden siste del av mai måned 2008 har datakjølingen kjørt i døgndrift og det samme er forventet fra øvrig kjøling og utstyr i disse rommene. Av disse antagelser fås simplifisert $224 \text{ kW} * 24 \text{ timer} * 365 \text{ dager} = 1.962.240 \text{ kWh}$ hvilket svarer til 126 kWh/m^2 . Dette er altså en betydelig post på energibudsjettet.

For å sammenligne beregnet energiforbruk med det faktiske forbruk før mai 2008 kan den ekstra energipost fra serverrom, UPS og telekommunikasjon simplifisert beregnes som: $112 \text{ kW} * 24 \text{ timer} * 365 \text{ dager} + 112 \text{ kW} * 9 \text{ timer} * 261 \text{ dager} = 1.244.208 \text{ kWh}$ hvilket svarer til 80 kWh/m^2 . Det er her forutsatt at kjølingen driftes 9 timer om dagen 5 dager i uken og at utstyret kjører i døgndrift.

Hvis de ovenstående beregnede verdier for de tekniske rom legges til budsjettet som sees i Tabell E-10 fås resultatet vist på Tabell E-12.

Tabell E-12. Beregnet netto energibehov basert på reelle verdier med tilskudd fra tekniske rom.

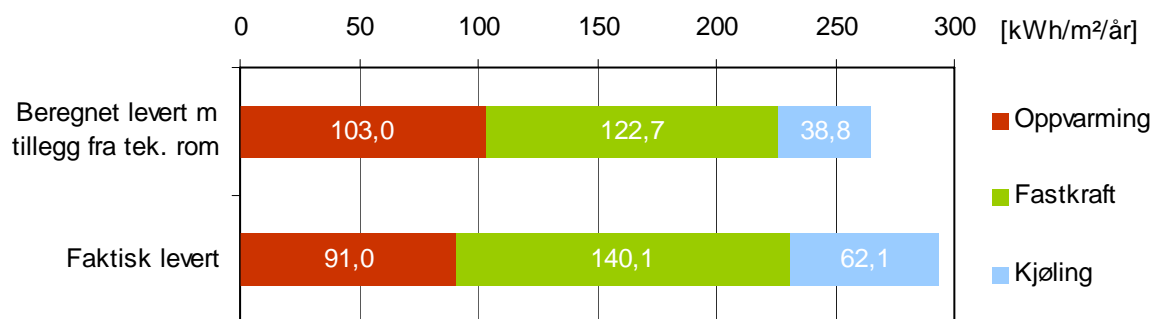
Poster	Totalt energibehov [kWh/år]	Spesifikk energibudsjett [kWh/m ² /år]
Romoppvarming	954 771	61,2
Ventilasjonsvarme	371 680	23,8
Varmtvann	78 168	5,0
Vifter	215 907	13,8
Pumper	63 290	4,1
Belysning	407 137	26,1
Teknisk Utstyr	1 227 955	78,7
Romkjøling	454 364	29,1
Ventilasjonskjøling	78 006	5,0
Totalt netto energibehov	3 851 278	246,9

Tabell E-13 viser beregnet teoretisk levert energi for Strandveien med reelle laster og driftstider med tillegg for energi til tekniske rom. Det er brukt systemvirkningsgrader basert på NS3031.

Tabell E-13. Beregnet levert energi basert på reelle verdier, med systemvirkningsgrader fra NS3031.

Poster	Totalt levert energi [kWh/år]	Spesifikk levert energi [kWh/m ² /år]
Romoppvarming	1 084 967	69,5
Ventilasjonsvarme	442 476	28,4
Varmtvann	79 763	5,1
El	1 914 289	122,7
Kjøling	604 966	38,8
Totalt levert energi	4 126 461	264,5

Resultatet for beregnet total levert energi på 264,5 kWh/m² kan sammenlignes med det faktiske temperaturkorrigerede forbruk for bygget som i perioden 2006-2008 er beregnet til 306 kWh/m².



Figur E-16. Beregnet levert energi basert på reelt bruk samt faktisk gjennomsnittlig levert energi målt for bygget 2006-2008.

Forskjellen er på 29 kWh/m² hvilket muligvis kan forklares med at det ikke er tatt med kjøkkendriften i kantinen, som muligvis gir 21 kWh/m², se avsnitt E5.2, og ut over dette er det sjeldent at kjøling og oppvarming reguleres så optimalt i virkeligheten som programmet forutsetter.

E8.3. 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 øke luftmengdene og driftstiden på ventilasjonen når det beregnes etter NS3031. Dette gir høyere verdier for ventilasjonsvarme og vifter.

Tabell E-14. Forskjell i inndata for beregning av netto energibehov, med normerte driftsbetingelser iht. NS3031 og med virkelige laster og driftstider.

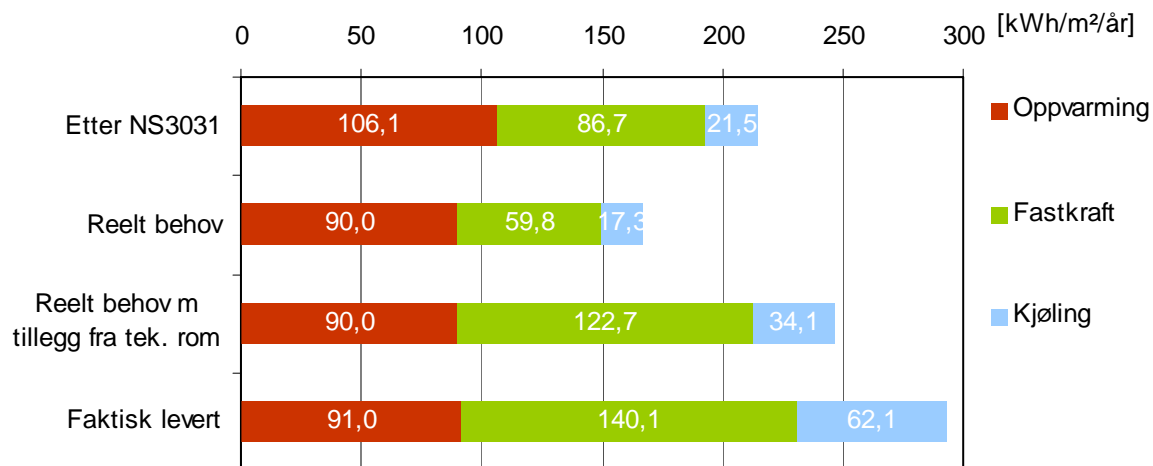
	Netto energibehov, normert drift iht. NS3031	Netto energibehov, reell drift	Kommentar
Luftmengde i driftstiden [m ³ /h·m ²]	7,3	7,1	Reell luftmengde i kontorsonene ligger under 7m ³ /h.m ² og måtte økes i disse arealer ved kontrollberegning etter NS3031. Gjennomsnitt verdi ligger over 7,0m ³ /h.m ² pga. luftmengden glassgård.
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /h·m ²]	2	0	Minste verdi for luftmengde er 2 ved beregning etter NS3031
Driftstid ventilasjon [h]	12	9	
Belysning [W/m ²]	8	10	
Driftstid belysning [h]	12	10	
Effektbehov for utstyr i driftstiden [W/m ²]	11	5,7	Det er sett bort fra tekniske rom
Effektbehov for utstyr utenfor driftstiden[W/m ²]	0	0,6	Vurderes at utstyr på standby utgjør ca. 10 %
Driftstid utstyr [h]	12	8	
Arbeidstid for personer [h]	12	8	
Nattsenkning av varmeanlegg	Til 19 °C	Ingen	

Det som gir den største forskjell mellom beregnet behov og det faktiske forbruk i bygget er at det ikke tas høyde for energi til de tekniske rom i beregningene. Med denne undersøkelse er det søkt å estimere den energi som brukes i tekniske rom på utstyr og kjøling. Det har vist seg at for Strandveien 18 utgjør energien til utstyr på tekniske rom ca. 63 kWh/m² og til kjøling ca. 17 kWh/m². Dette gir i alt et merforbruk på 80 kWh/m² hvilket svarer til 30 % av det samlede energibehov.

Tabell E-15. Oppsummering av resultater for beregnet netto energibehov basert på tre ulike modeller.

Poster	Beregnet behov etter NS3031 [kWh/m ² /år]	Reelt beregnet behov [kWh/m ² /år]	Reelt beregnet behov med tillegg fra tekniske rom [kWh/m ² /år]
Romoppvarming	43,7	61,2	61,2
Ventilasjonsvarme	57,4	23,8	23,8
Varmtvann	5,0	5,0	5,0
Vifter	23,2	13,8	13,8
Pumper	3,9	4,1	4,1
Belysning	25,1	26,1	26,1
Teknisk Utstyr	34,4	15,8	78,7
Romkjøling	13,7	12,3	29,1
Ventilasjonskjøling	7,8	5,0	5,0
Totalt netto energibehov	214,3	167,1	246,9

Sammenlignes beregningene med den faktiske leverte energi til bygget, se Figur E-17, se det at det er stor forskjell mellom de tre beregninger samt mellom beregnet behov og den faktiske leverte energi til bygget. Dette skyldes dels energien til tekniske rom som ikke ivaretas med de to første modeller men også usikkerheten i de inndata som er brukt i beregningene. Mange av verdiene er basert på antagelser så som de fleste U-verdier, infiltrasjonen, lekkasjetallet, luftmengder og gjenvinnernes reelle temperaturvirkningsgrad. Her ut over er det usikkerhet om størrelse av de interne laster mm.



Figur E-17. Beregnet netto energibehov basert på tre ulike modeller samt faktisk gjennomsnittlig levert energi målt for bygget 2006-2008.

E9. Konklusjon / forbedringspotensial

Det er ved analyse av bygget oppstilt en rekke tiltak som kan minske energiforbruket for Strandveien 18. Det dreier seg både om endringer i reguleringen av bygget, utskifting av utstyr og endring av brukeradferd.

Roterende gjenvinner

Ventilasjonsaggregatene er i dag utstyrt med batterigjenvinnere med en påstemplet temperaturvirkningsgrad på ca. 50 %. Disse kunne med fordel skiftet ut med roterende gjenvinnere med en temperaturvirkningsgrad på ca. 80 %.

Skifte romregulator

Det er romregulatorer i bygget hvor brukere kan endre på temperaturen i rommet. Det er observert at det er opptil flere regulatorer pr. rom og det må derfor forventes at disse kan motarbeide hverandre, således at det både er oppvarming og kjøling i rommet på samme tid. Dessuten er det flere fabrikater av varierende dato og derfor kan det ikke forventes at de er kalibrert likt. Det foreslås derfor å utskifte regulatorer så det bare er en per rom. Dette forventes at kunne spare energi både på oppvarming og kjøling.

Automatisere solavskjerming

Det største kjølebehov oppstår på sommeren på grunn av varmetilskuddet fra solen. De utvendige persiennene som er installert i bygget er styrt manuelt og derved kan det ikke forventes at man derved får det største utbytte ut av avskjermingen. Det foreslås derfor å automatisere persiennene så de er aktive når varmetilskuddet fra solen er stort. Dette vil kunne redusere energien til kjøling.

Lysregulering

Lysstyringen er regulert på en sådan måte at all lys er på i tidsperioden 7-17 på hverdager. Uten for denne periode er lysstyringen basert på bevegelsessensorer som skruer av lyset etter en time uten aktivitet. Det foreslås at lysstyringen baseres på bevegelsessensorer hele døgnet, derved kan det

spares strøm i de rommene som ikke er i bruk. Dessuten anbefales det å minimere den tid der går før lyset automatisk skrues av til f.eks. 15 min.

Nattsenkning

Oppvarming i form av radiatorer opprettholder en romtemperatur på 21 °C døgnet rundt. Det er før blitt forsøkt å senke temperaturen til 15 °C uten for drift, men det resulterte i for lav en temperatur først på dagen. Temperatur kunne dog med fordel senkes til 18-19°C uten for driftstiden.

Energisparende utstyr

For å spare på kjølingen foreslås det å redusere de interne laster ved å bytte ut energitungt utstyr med lavenergiprodukter eller som minimum bruke energisparefunksjoner på eksisterende utstyr bl.a. ved å skru av pc-er når de ikke er i bruk.

Individuelle målere

Brukene kan også inndrages i energibesparingen ved at det installeres individuelle målere pr. leietaker og dele energiregningen etter forbruk. På denne måten blir hver bruker oppmerksom på forbruket sitt, hvilket har vist seg å ha en positiv effekt og samtidig blir det en gevinst ved å spare på energiforbruket.

Innreguleres ventilasjonsanlegg

Flere brukere har klaget over lite luft i rommene, derfor ville det være en god ide og se på luftmengdene i de ulike rom og innregulere ventilasjonssystemet. Hvis luftmengden økes kan det ofte spares på kjøleforbruket om sommeren.

Varmepumpe

Bygget er tilkoblet Fortum fjernvarmes fjernvarme og –kjølenett, som produserer varme og kjøling ved bruk av en varmpumpe. En betydelig energibesparelse kunne oppnås hvis en egen varmpumpe ble installert til å håndtere den overskuddsvarme som er i bygget, slik denne kunne benyttes til oppvarming.

Oppsummering

De beskrevne tiltak er oppsummert på listeform herunder:

- Skifte batterigjenvinnere med roterende gjenvinnere
- Skifte regulatorer så det kun er et stk. pr. rom
- Automatisere den utvendige solavskjerming
- Endre lysstyring så den baseres på bevegelsessensorer også i arbeidstiden
- Nattsenkning av radiatorer til en romtemperatur på 19 °C
- Energisparefunksjoner på utstyr eller utbytning til lavenergiutstyr
- Installering avmåler pr. leietaker for å motivere til energisparing
- Innregulering av ventilasjonssystemet
- Varmepumpe til håndtering av overskuddsvarme

E10. Vedlegg

Under er vist inndataark for beregninger i SIMIEN.

Størrelser		Inndata	Dokumentasjon
Arealer [m ²]	Yttervegger	4.048	Målt på tegninger.
	Tak	2.302	Målt på tegninger.
	Gulv	1.774	Målt på tegninger.
	Vinduer, dører og glassfelt	2.937	Målt på tegninger.
Oppvarmet bruksareal (BRA) (A_{B}) [m ²]		15.600	Oppgitt.
Oppvarmet luftvolum (V) [m ³]		42.323	Målt på tegninger.
Varmegjennomgangskoeffisient for bygningsdeler [W/m ² 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 ramme. For kontorsonene er verdien 1,85
Areal for vinduer, dører og glassfelt i forhold til oppvarmet bruksareal (%)		18,8	Beregnet.
Normalisert kuldebroverdi (ψ') [W/m ² K]		0,12	Antatt.
Lekkasjetall (n_{50}) [h ⁻¹]		3	Antatt.
Årsgjennomsnittlig virkningsgrad (η) for varmegjenvinner [%]		50	Data fra RIV. Vektet gjennomsnitt.
Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, i driftstiden [kW/m ³ /s]		3	Antatt.
Spesifikk pumpeeffekt (SPP) [kW/m ³ /s]		2,18	Vektet veiledende verdi fra NS3031.
Total solfaktor (g_i) for vinduer		0,40	Oppgitt.
Total solfaktor (g_i) for vinduer og glassfelt sammen med solskjerming		0,18	Solfaktor for glass oppgitt til 40 %. Utvendig solavskjerming antatt solfaktor på 10 % for S, Ø og V.
Avskjermingsfaktor for horisont, bygninger vegetasjon for ulike orienteringer		0,86	I hovedsak fra byggets egenskygge.

LECO er et kompetanseprosjekt med brukermedvirkning (KMB). Prosjektet ledes av SINTEF Byggforsk og gjennomføres i samarbeid med SINTEF Energiforskning 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 2010. Vi takker prosjektets partnere og Norges forskningsråd for finansiering av prosjektet.

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.