

Bygningers energiytelse- energiattest

Cicilie Weie

Master i energi og miljø

Oppgaven levert: Juni 2007

Hovedveileder: Sten Olaf Hanssen, EPT

Biveileder(e): Rasmus Z. Høseggen, EPT

Magnus Næss Killingland, Reinertsen Engineering

Oppgavetekst

Mål

I prosjektoppgaven høsten 2006 tok kandidaten for seg de generelle problemstillingene som er forbundet med Direktivet om bygningers energiytelse og innføring av energimerking i praksis. Med utgangspunkt i dette arbeidet er målet med Masteroppgaven å energiattestere bygg av ulik størrelse og kompleksitetsgrad på tekniske anlegg. Dette skal gjøres ved hjelp av befaringer og målinger samt ved hjelp av relevante beregningsverktøy. Når det gjelder beregningsverktøy skal kandidaten bruke det som eventuelt er klart innen midten av januar. I motsatt fall skal kandidaten bruke det som er mest hensiktsmessig ut fra hva som eksisterer av egnet simulerings- og beregningsverktøy

Oppgaven bearbeides ut fra følgende punkter:

1. I samråd med faglig ansvarlig skal kandidaten ta utgangspunkt i minst to yrkesbygg av ulik størrelse og kompleksitetsgrad. Byggene skal fortrinnsvis være av typen kontor- og/eller undervisningsbygg. Det forutsettes at byggene inneholder så vel cellekontorer som møterom samt kantine og andre normalt forekommende lokaler. Gjennom befaringer og målinger skal kandidaten samle informasjon om bygningen, oppvarmingssystem, målt energiforbruk, osv. og dokumentere dette på en oversiktlig og sammenlignbar måte i besvarelsen. Tidsforbruk for de ulike aktiviteter skal planlegges og dokumenteres på forhånd slik at det i ettertid kan vurderes opp i mot reelt medgått tid.

2. Deretter skal kandidaten gjennomføre det som er nødvendig for at byggene kan utstyres med en energiattest som synliggjør energibruken ut fra de retningslinjer som er skissert av NVE. Hensikten er å få et sammenligningsgrunnlag med hensyn på energieffektivitet og andre energirelaterte "ytelsesindikatorer". Uforutsette problemer eller hindringer skal dokumenteres.

3. Avslutningsvis skal kandidaten gjøre en sammenlignende vurdering av byggene samtidig som det fremlegges en liste over anbefalte energieffektiviseringstiltak for hvert av byggene. Relevante hjelpe- og beregningsverktøy kan her være norske eller europeiske standarder eller anbefalinger (NS/CEN) eller eksisterende datasimuleringsprogrammer av typen "Energi i bygninger" (Programbyggerne), "ECOTECT" (<http://www.squ1.com/ecotect>) eller "Design Builder" (<http://www.ider.herts.ac.uk/ider/DESIGN.HTM>).

Oppgaven gitt: 15. januar 2007

Hovedveileder: Sten Olaf Hanssen, EPT

Forord

Hensikten med denne masteroppgaven har vært å gjøre det arbeidet som er nødvendig for å kunne energiattestere utvalgte yrkesbygg. Dette er utført for et nybygg og for et eksisterende bygg. Oppgaven er skrevet ved Institutt for energi- og prosessteknikk.

Bakgrunnen for masteroppgaven er prosjektoppgaven ”Direktivet om bygningers energiytelse og innføring av energimerking i praksis”, skrevet høsten 2006. I prosjektoppgaven satte man seg inn i Direktivet om bygningers energiytelse og de praktiske konsekvensene ved innføring av energiattestering.

Jeg vil rette en takk til faglig ansvarlig, Professor Sten Olaf Hanssen, og medveileder, stipendiat Rasmus Z. Høseggen, ved Institutt for energi- og prosessteknikk for å ha tatt seg tid til å svare på mine spørsmål. Jeg vil takke kontaktperson ved Reinertsen Engineering, Torfinn Lysfjord, for å ha gitt meg tillatelse til å bruke ansatte ved Energi- og miljøavdelingen når jeg har trengt hjelp til praktisk gjennomføring av energiattesteringen. Jeg vil også takke Magnus Næss Killingland, tidligere kontaktperson i Reinertsen, for stort engasjement og mange gode innspill frem til skifte av arbeidsgiver.

Til slutt vil jeg takke mine medstudenter Sindre Dahle, Asle Solbakken, Henrik Tåsen og Øyvind Solbakken som jeg har delt kontor med under arbeidet med prosjektoppgaven og masteroppgaven. Deres tilstedeværelse i form av morsomme sprell og faglige innspill har gjort at jeg har gledet meg til å møte opp på kontoret hver eneste dag.

Trondheim 12.06. 2007.

Cicilie Weie

Sammendrag

Hensikten med masteroppgaven er å energiattestere utvalgte yrkesbygg, som på grunnlag av dette skal sammenlignes. Utfordringer man støter på under arbeidet skal dokumenteres, og eventuelle avvik mellom planlagt og reelt medgått tidsbruk skal diskuteres.

Retningslinjer for arbeidet er nedfelt i EU-direktivet ”Energy Performance Building Directive” (EPBD). Ved praktisk utførelse har man tatt utgangspunkt i standarder og lovverk som enten har blitt endret, eller fortsatt er under endring som følge av innføringen av EPBD. Alle relevante standarder og retningslinjer var ikke klare per juni 2007, derfor valgte man å ta utgangspunkt i det som gjøres ved dagens enøkanalyser. For å få innsikt i praktiske forhold deltok man på befaring i forbindelse med enøkanalyse. Det ble utarbeidet en foreløpig mal for beskrivelse av tekniske data, og denne ble brukt aktivt ved utførelse av energiattestering av byggene Vøyenenga Ungdomsskole og kontorbygningen Lilleakerveien 2c, som begge ligger i Oslo. Data ble innhentet ved befaringer, målinger og samtaler og skriftlig korrespondanse med relevante aktører. Valgt beregningsverktøy er *Energi i Bygninger 3.65 (EiB)*.

Innhenting av informasjon er den mest arbeidskrevende delen av energiattesteringen, og man har konkludert med at tidsbruken kan reduseres ved innføring av et skjema fylt ut på forhånd av driftspersonale. Viktigheten av riktig informasjon er diskutert. Simuleringer i *EiB* er blitt utført, og man har konkludert med at *EiB* ikke er et egnet verktøy for beregning av vektet tilført energi og spesifikk varmetapskoeffisient. Man opplevde problemer i forhold til natt- og helgesenkning og fikk uventet lave verdier for varmetapstall. Beregnet varmetapstall i *EiB* er derfor ikke brukt videre i vurdering av byggene.

Vøyenenga Ungdomsskole anbefales å bli tildelt et primærmerke for vektet tilført energi i energiklasse C. Kontorbygningen Lilleakerveien 2c anbefales å bli tildelt et primærmerke for vektet tilført energi i energiklasse D.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	1
2	Status utvikling av relevante standarder og forskrifter	4
2.1	Innledning	4
2.2	Sammendrag av Bygningsenergidirektivet	4
2.3	Status norske og europeiske standarder	5
2.4	Tekniske forskrifter til Plan- og Bygningsloven	7
2.4.1	Energitiltaksmodellen	9
2.4.2	Rammekravsmodellen	10
2.5	Revidert veiledning til teknisk forskrift	12
3	Ytelsesindikatorer og merkenivåer	14
3.1	Innledning	14
3.2	Valgte ytelsesindikatorer: vektet tilført energi og spesifikk varmetapskoeffisient	14
3.2.1	Merkenivåer spesifikk varmetapskoeffisient	17
3.2.2	Merkenivåer vektet tilført energi	18
4	Mal for dokumentering av tekniske data per juni 2007	23
4.1	Innledning	23
4.2	Innledende beskrivelse av bygning	23
4.3	Forutsetninger	23
4.3.1	Soneinndeling	23
4.3.2	Valg av beregningsmetode etter bygningskategori	24
4.3.3	Valg av beregningsverktøy	25
4.3.4	Innhenting av informasjon	26
4.4	Tekniske data	26
4.5	Resultater:	28
4.6	Tiltaksliste	28
5	Forutsetninger for attestering av valgte bygninger	30
5.1	Innledning	30
5.2	Valg av beregningsverktøy	30
5.3	Utarbeidelse av tiltaksliste	32
5.4	Utvelgelse av bygninger	32
5.5	Antatt tidsbruk	32
6	Vøyenenga Ungdomsskole	35
6.1	Innledende beskrivelse av bygning	35

6.2	Forutsetninger	36
6.3	Tekniske data	38
6.3.1	Generelle bygningsdata.....	38
6.3.2	Bygningsselementer	39
6.3.3	Ventilasjon	45
6.3.4	Driftsstrategi	49
6.3.5	Elektrisitet.....	49
6.3.6	Innetemperatur	49
6.3.7	Internlaster	50
6.3.8	Energikilder.....	52
6.4	Resultater	55
6.4.1	Beregnet vektet tilført energi - primærmerket	56
6.4.2	Spesifikk varmetapskoeffisient- sekundærmerket	56
6.4.3	Tildelte energiklasser	56
6.4.4	Målt tilført energi over flere år	57
6.5	Tiltaksliste.....	57
7	Kontorbygningen Lilleakerveien 2c	59
7.1	Innledende beskrivelse av bygning	59
7.2	Forutsetninger	60
7.3	Tekniske data	61
7.3.1	Innledning	61
7.3.2	Generelle bygningsdata.....	62
7.3.3	Bygningsselementer	63
7.3.4	Ventilasjon	68
7.3.5	Driftsstrategi	72
7.3.6	Elektrisitet.....	72
7.3.7	Innetemperatur	72
7.3.8	Internlaster	73
7.3.9	Energikilder.....	76
7.4	Resultater	77
7.4.1	Beregnet vektet tilført energi og beregnet spesifikk varmetapskoeffisient 78	
7.4.2	Målt energiforbruk.....	79
7.4.3	Sammenligning beregnet vektet tilført energi og målt energiforbruk	81
7.5	Tiltaksliste.....	82

8	Diskusjon	85
8.1	Innledning	85
8.2	Sammenlignende vurdering av byggene	85
8.3	Utfordringer og uforutsette hindringer	89
8.3.1	Innhenting av informasjon	89
8.3.2	Spesielle inndata sin innvirkning på resultater	90
8.3.3	<i>Energi i Bygninger 3.65</i> som verktøy ved energiattestering	91
8.4	Tidsbruk	94
9	Konklusjon og forslag til videre arbeid	98
9.1	Konklusjon	98
9.2	Forslag til videre arbeid	99
10	Litteraturliste	100

Vedlegg:

A	Stikkordregister
B	Energy Performance Building Directive
C	Plantegninger Vøyenenga Ungdomsskole
D	Beregninger Vøyenenga Ungdomsskole
E	Yttervegger og kuldebroer Vøyenenga Ungdomsskole
F	U-verdier gulv på grunn Vøyenenga Ungdomsskole
G	Tekniske spesifikasjoner ventilasjonsaggregater Vøyenenga Ungdomsskole
H	Varmeanlegg Vøyenenga Ungdomsskole
I	Resultater simuleringer Vøyenenga Ungdomsskole
J	Plantegninger kontorbygningen Lilleakerveien 2c
K	Areal og volum Lilleakerveien 2c
L	Fasader og kuldebroer Lilleakerveien 2c
M	Resultater simuleringer kontorbygningen Lilleakerveien 2c

Bildeliste

Bilde 6-1 Skolebygningen og den tilhørende idrettshallens fasade mot nordøst.....	35
Bilde 6-2 Skolebygningens fasade mot nordøst.....	36
Bilde 6-3 Glassfasadene sett innenfra i basene.....	40
Bilde 6-4 ”Torget” sett innenfra.	42
Bilde 6-5 Fasade mot sørøst.....	43
Bilde 6-6 Systemskisse av ventilasjonsaggregat 36.01, avfotografert fra SD-anleggets styringssentral	46
Bilde 6-7 Plassering av følere i baser	47
Bilde 6-8 Fotografi av de 3 kompressoraggregatene.	54
Bilde 6-9 Bilde tatt innenfra i basene. Viser temperaturmåler, lyskilde og hylle under ventilasjonssjakter.....	58
Bilde 7-1 Sørfasaden av kontorbygningen Lilleakerveien 2C.....	59
Bilde 7-2 Bygningsdelen som omtales som ”Glassfasade” ses helt til høyre.....	64
Bilde 7-3 Oversikt over ventilasjonsaggregat 36.01 og 36.02 hentet fra skjermbilder for SD-anlegget.....	69
Bilde 7-4 Oppdeling av etasjevis lysstyring	73

Figurliste

Figur 2-1 Organisering av aktører i attesteringsordningen	8
Figur 3-1 Eksempel på fysisk utforming av energimerket.....	15
Figur 3-2 Prosedyre for beregning.....	16
Figur 3-3 Bilde på beregningsgang fra totalt netto energibehov til vektet tilført energi ..	19

Tabelliste

Tabell 3-1 Rammekrav for netto energibehov	11
Tabell 3-2 Beregnet netto energibehov fordelt på poster, i kWh/m ² oppvarmet BRA.....	12
Tabell 4-1 Foreslåtte verdier for spesifikk varmetapskoeffisient for ulike kategorier næringsbygg.....	18
Tabell 4-2 Vektingsfaktorer for tilført energi	20
Tabell 4-3 Foreslåtte merkenivåer for vektet tilført energi.....	21
Tabell 5-1 Anbefaling av valg av beregningsmetode etter bygningskategori i henhold til prNS 3031	25
Tabell 6-1 Antatt tidsforbruk ved energisertifisering av Vøyenenga Ungdomsskole og kontorbygningen Lilleakerveien 2C	34
Tabell 7-1 Reell tidsbruk energisertifisering av Vøyenenga Ungdomsskole	37
Tabell 7-2 Oversikt over de ulike etasjers areal og innhold	38
Tabell 7-3 Kuldebroer i forbindelse med tak	42
Tabell 7-4 U-verdier for ulike områder i gulvkonstruksjonen.....	43
Tabell 7-5 Beregning av antatt fordeling av netto effektbehov for skolebygningen og idrettsbygningen.....	53
Tabell 7-6 Vekting av beregnet brutto energiforbruk	56
Tabell 7-7 Tildelte energiklasser Vøyenenga Ungdomsskole	57
Tabell 8-1 Oversikt over de ulike etasjers areal og innhold	62
Tabell 8-2 Antatte kuldebroverdier i tilknytning til yttervegg.....	65
Tabell 8-3 Antatte kuldebroer i tilknytning til tak	65
Tabell 8-4 Tekniske spesifikasjoner for 36.01 og 36.02 samt resulterende inndata for bruk i beregninger (EiB)	70
Tabell 8-5 Vekting av brutto energiforbruk.....	78
Tabell 8-6 Tildelte energiklasser Lilleakerveien 2C.....	78
Tabell 8-7 Sammenligning av høyest tillatte verdi i TEK 2007 med beregnede verdier for Lilleakerveien 2C.....	82

1 Innledning

Bakgrunnen for oppgaven er Direktivet om bygningers energiytelse som ble vedtatt gjennomført i EU i 2003, opprettet ut fra et ønske om å øke energieffektiviteten i bygningsmassen. I Norge innføres direktivet både som en følge av krav fra EU og som en følge av et ønske om blant annet å redusere behovet for kjøpt energi.

Rapporten omhandler energiattestering av to utvalgte yrkesbygg. Tidsbruk skal planlegges før tekniske data om bygningene innhentes og dokumenteres. Ved hjelp av et egnet beregningsverktøy skal man gjøre det som kreves for at hver bygning skal kunne utstyres med en energiattest. Etter at informasjon er innhentet og bearbeidet skal bygningene sammenlignes. Utfordringer og uforutsette hindringer dokumenteres, før planlagt tidsbruk tilslutt sammenlignes med reelt medgått tidsbruk.

I Oppgaveteksten benyttes uttrykkene ”energimerking” og ”energiattest”. I publisert litteratur finner man ordene ”energimerking”, ”energiattestering” og ”energisertifisering” brukt om hverandre. I denne rapporten velger man imidlertid å ta utgangspunkt i ordet ”energiattest”. En ”energiattest” er da det dokumentet som skal utarbeides. Det arbeidet som utføres for å kunne utstede en ”energiattest”, vil bli omtalt som ”energiattestering”. Ordet ”energimerke” vil kun bli brukt om den fysiske, synlige, delen av en ”energiattest”. Ordene ”energisertifikat” og ”energisertifisering” antas imidlertid å være like riktig som ”energiattest” og ”energiattestering”.

Flere viktige momenter ved innføringen av Bygningsenergidirektivet er enda ikke klare, derfor tas det i denne rapporten utgangspunkt i det materialet som er tilgjengelig per juni 2007 samt i det som gjøres ved dagens utarbeidelse av enøkanalyser. For å få erfaring med praktisk utførelse av enøkanalyser deltok man på befaring i forbindelse med enøkanalyse av et sykehjem. Det er i samråd med veileder bestemt at liste med energieffektiviserende tiltak skal utarbeides, men at tiltakenes lønnsomhet kun antydes grovt da retningslinjer for beregning av besparelser ikke foreligger per juni 2007.

Oppgaveteksten nevner ikke at man skal sette seg inn i de relevante standarder og beskrive hvilke krav de setter. For at oppgaven skal være mest mulig oppdatert er det imidlertid lagt vekt på å bruke føringer i nye standarder, også standarder som per juni 2007 fortsatt er under utarbeidelse. Retningslinjer for valg av beregningsverktøy ved energiattestering var ikke klare innen oppstart av arbeid med oppgaven, og heller ikke ved arbeidets slutt i juni 2007. Etter ønske fra oppdragsgiver ble beregningsverktøyet *Energi i Bygninger 3.65 (EiB)* brukt. Valg av bygg ble gjort i samråd med oppdragsgiver og faglig veileder ved Institutt for energi og prosesssteknikk ved NTNU. Man ønsket i utgangspunktet å attestere mer en to bygg. Dessverre opplevde man at den opprinnelige, og meget engasjerte, veileder hos oppdragsgiver skiftet arbeidsgiver, i tillegg til sykmelding hos faglig veileder ved NTNU. Disse forholdene bidro til at avklaringer ved utvelgelse av bygg tok lengre tid enn først antatt og at arbeidet med oppgaven har blitt utført på en mer selvstendig måte enn hva man først trodde ville bli tilfelle. De vurderinger som gjøres bør ses i lys av dette.

Med tidsbruk for de ulike aktiviteter antas det at man mener de aktiviteter som omhandler enn reell energiattestering, ikke alle gjøremål som går under utarbeidelse av en masteroppgave. Det er også tolket dit hen at dokumentasjon av tidsbruk først og fremst er ment som en øvelse i å forsøke å anslå hvor mye tid de ulike aktiviteter krever, og ikke som et underlag for å si noe om forventet tidsbruk ved en reell fremtidig energiattestering. To bygg kan ikke utgjøre et representativt materiale, i tillegg er det foreløpig for mange uavklarte momenter vedrørende energiattestering i praksis.

Kapittel 2 gir en oppdatert oppsummering av innføring av energiattestering per juni 2007. Et sammendrag av direktivet presenteres, deretter gis en innføring i norske og europeiske standarder utarbeidet eller revidert som følge av innføringen av energiattestering. Videre gis en innføring i resulterende nye tekniske forskrifter.

I kapittel 3 fremvises et eksempel på utforming av det fysiske energimerket. Merkenivåene for ytelsesindikatorene vektet tilført energi og spesifikk

varmetapskoeffisient angis.

I kapittel 4 presenteres en foreløpig mal for beskrivelse av tekniske data ved energiattestering av bygninger.

Kapittel 5 angir forutsetninger og begrunnelser for valg ved energiattestering av Vøyenenga Ungdomsskole og kontorbygningen Lilleakerveien 2c. Planlagt tidsbruk er en av forutsetningene. Ved diskusjon av resultater, i konklusjon og vedlegg vil byggene bli omtalt som ”Vøyenenga” og ”Lilleaker”.

Kapittel 6 og 7 dokumenterer all relevant informasjon om henholdsvis Vøyenenga Ungdomsskole og kontorbygningen Lilleakerveien 2c. For å gi leser et bredere inntrykk, er det lagt vekt på bruk av bilder tatt under befaring. Kapittel 6 og 7 er skrevet etter malen presentert i kapittel 4, og med de forutsetninger beskrevet i kapittel 5.

I kapittel 8 gis først en sammenlignende vurdering av byggene. I den forbindelse ble det vurdert å sammenligne beregnede årlige utslipp. Inndataene for utslipp antas imidlertid å være for upresise, derfor utgår en slik presentasjon. Deretter dokumenteres utfordringer og uforutsette hindringer, der blant annet beregningsverktøyet *Energi i Bygninger 3.65* sin egnethet vurderes. Til slutt sammenlignes planlagt tidsbruk med reelt medgått tidsbruk.

Kapittel 9 består av konklusjon og tanker om videreføring av arbeidet.

I Vedlegg A finnes et stikkordsregister med relevante begreper brukt i oppgaven. I Vedlegg B finnes direktivteksten i sin helhet. Vedlegg C, D, E, F, G, H og I angir tekniske spesifikasjoner for Vøyenenga Ungdomsskole mens Vedlegg K, L og M gjelder tekniske spesifikasjoner for kontorbygningen Lilleakerveien 2c

2 Status utvikling av relevante standarder og forskrifter

2.1 Innledning

Kapittel 2 er skrevet med prosjektoppgaven *Direktivet om bygningers energiytelse og innføring av energimerking i praksis* (Weie 2006) som utgangspunkt. Kapittelet er ment som en oppdatert oppsummering av status for innføring av energiattesting per juni 2007.

Et sammendrag av direktivet presenteres, deretter gis en oversikt over norske og europeiske standarder utarbeidet eller revidert som følge av den planlagte innføringen av energisertifisering av bygninger. Videre gis en innføring i resulterende nye tekniske forskrifter og veiledning til tekniske forskrifter.

2.2 Sammendrag av Bygningsenergidirektivet

Krav om energiattesting av bygninger kommer som en følge av EU-direktivet om energibruk i bygninger^{*}, som ble vedtatt gjennomført i EU i januar i 2003.

Bygningsenergidirektivet er beskrevet i 17 artikler (Vedlegg B) og kan sammenfattes på følgende måte (Weie 2006):

Formålet med direktivet er å bidra til bedre energieffektivitet i bygninger da dette er positivt for uteklima og lokale forhold. Samtidig skal det tas hensyn til krav til innneklima og kostnadseffektivitet.

Medlemslandene skal innføre en selvvalgt metode for beregning av bygningers energieffektivitet slik at man blir i stand til å sammenligne ulike bygningers energieffektivitet. Nye og eksisterende bygninger og ulike kategorier av bygninger kan overordnes ulike krav og enkelte bygningstyper kan fritas helt fra instruksene i direktivet.

Alle bygninger som oppføres, selges eller leies ut skal tildeles en energiattest med

^{*} Directive 2002/91/EC of the European Parliament and the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings (Vedlegg B)

maksimal gyldighet på 10 år. Energiattesten skal baseres på referanseverdier, og presenteres på en måte som gjør at brukerne enkelt kan vurdere bygningens energieffektivitet. Når en attest utstedes skal utsteder samtidig legge ved en liste som anbefaler kostnadseffektive tiltak for mulig forbedring av energieffektiviteten.

Kjelanlegg og klimaanlegg med en nominell nytteeffekt på over henholdsvis 20 og 12 kW skal kontrolleres. For å redusere energibruk og CO₂-utslipp i forbindelse med denne type anlegg skal den som utfører kontrollen gi brukerne råd om eventuelle tilrådelige endringer.

Attesting av bygninger og kontroll av kjelanlegg og klimaanlegg skal utføres av uavhengige sakkyndige. Direktivteksten krever at medlemsstatene i EU skal sørge for at de nødvendige lover og forskrifter trer i kraft innen 4. januar 2006, samtidig kan det gis dispensasjon til å utsette full igangsetting i inntil 3 år, det vil si frem til januar 2009. Direktivet ble ferdigstilt i Brussel 16. desember 2002.

2.3 Status norske og europeiske standarder

I anledning innføringen av direktivet i EU/EFTA-landene har Committee for Standardization (CEN) fått i oppdrag fra EU å lage forslag til beregningsstandarder som gjør det mulig å dokumentere bygningers energieffektivitet. CEN, som består av medlemmer fra 29 europeiske land, har etablert en koordineringsgruppe som skal samkjøre arbeidet med opprettelse av nye standarder samt endring av eksisterende standarder. Norges representant i CEN er Standard Norge, som er en privat og uavhengig medlemsorganisasjon som årlig utvikler eller oppgraderer omtrent 1200 nye Norske Standarder. De fleste er laget med grunnlag i europeiske standarder (Standard Norge 2006).

Som en følge av utvikling av europeiske standarder vil norske standarder gjeldende bygningers energibruk også gjennomgå revisjon. Den mest sentrale standarden er *NS 3031 Beregning av bygningers energiytelse- metode og data* (Standard Norge 2007c).

Den 5. utgaven av *NS 3031* erstatter den 4. utgaven av 1987 og vil også erstatte reglene i *NS 3032* for utregning av energibudsjett. Alle energiposter angående bygningers totale energibehov omtales. Standarden er ment å komplettere en rekke nye europeiske standarder for beregning av bygningers samlede energibehov. Regler er beskrevet i form av normverdier og benytter verdier tilpasset norske forhold i beregningene (Statens Bygningstekniske etat 18.04.2007). Det nye forslaget, som hadde høringsfrist 16.05.2007, har i hovedsak følgende endringer (Statens Bygningstekniske etat 18.04.2007):

- Beregningsmetoden omhandler alle energiposter i en bygning
- Beregning av netto energibehov og levert energi er i tråd med TEK 2007
- Er ment som grunnlag for beregning av vektet levert energi og primærenergi behov
- Beskrivelse av tre alternative beregningsmetoder: månedsstasjonær, forenklet timebasert dynamisk beregning og validert dynamisk beregningsmetode
- Innføring av at klimadata skal omfatte times- og månedsverdier for et referanseår basert på gjennomsnittlig norsk klima (Oslo, Blindern)

I forbindelse med endringene i *NS 3031* og teknisk forskrift er også *NS 3940 Areal og volumberegning av bygninger* (Standard Norge 2007a) også revidert og tilpasset definisjoner brukt i nevnte dokumenter. (Statens Bygningstekniske etat 18.04.2007)

De mest sentrale europeiske standarder under utvikling er (Lexov 2005):

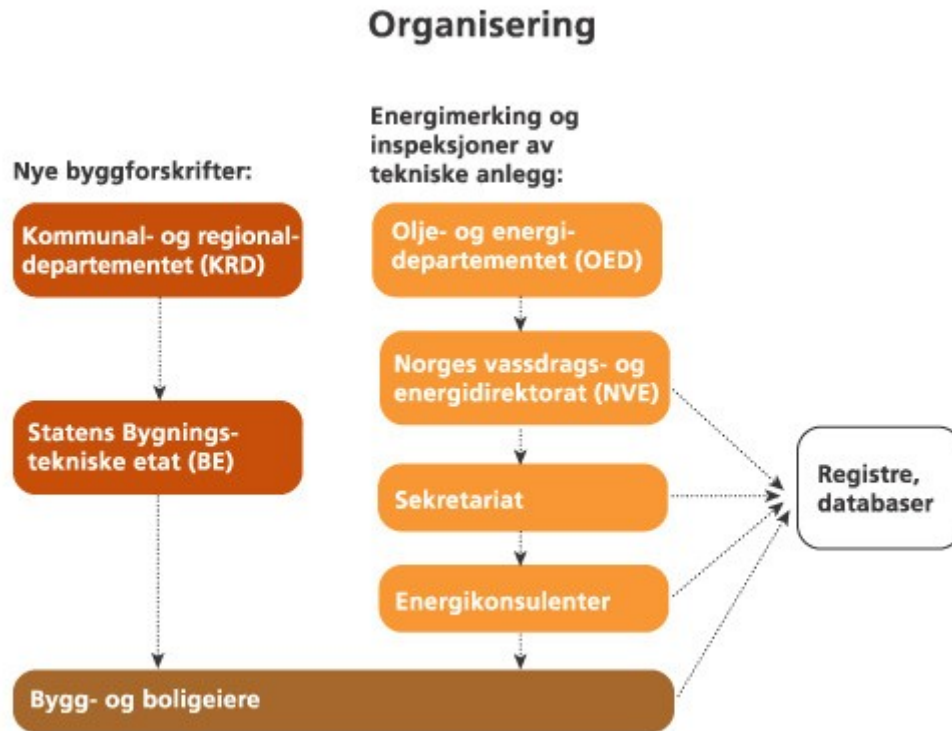
- *prEN 15217 Metoder for å uttrykke energiytelse og energiattestering av bygg*: Skal omfatte beregningsmetoder for å kunne angi energi brukt til varme og kjøling på måneds- og årsbasis. Er tenkt å skulle fungere som basisstandard for et beregningsprogram.
- *prEN 15203 Bedømmelse av energibruk og definisjon av kvantifisering*: Skal inneholde forslag til vektning av ulike energikilder eller energibærere.
- *prEN 15315 Totalt energibehov, primærenergi og CO₂-utslipp*
- *prEN ISO 13790 Beregning av bygningers energibehov til romoppvarming og kjøling*
- *prEN 15239 Retningslinjer for inspeksjon av ventilasjonssystemer*

- *prEN 15378 Inspeksjon av kjeler og varmesystemer*

Standardene fra CEN blir ifølge Thor Lexov (Lexov 2005), svært omfattende, detaljerte og kompliserte og er ment som en ramme for energiberegninger, energisertifisering og inspeksjonsordningene. På grunn av detaljnivået og omfanget er de derimot ikke ment som sluttbrukerverktøy eller for håndkalkulasjoner. Han mener at det ville være svært ressurskrevende hvis vanlige aktører i byggebransjen, som arkitekter, prosjekterende og utførende, skulle bruke standardene direkte. Han antyder to fremgangsmåter. Enten må det fremskaffes nye beregningsprogrammer, alternativt må eksisterende programmer gjennomgå slik at en anbefalingsliste kan utarbeides. Retningslinjer for dette forventes å være klare innen slutten av 2007 (Rode 2007).

2.4 Tekniske forskrifter til Plan- og Bygningsloven

I Norge er ansvaret for oppfølging og implementering av de ulike delene i direktivet delt mellom to departementer; Kommunal- og regionaldepartementet (KRD) og Olje- og energidepartementet (OED). KRD, med Statens bygningstekniske etat som utførende, skal sørge for etablering av en rammemetode for beregning av bygningers energiytelse i tillegg til å foreslå nye krav til energiytelse i nye og renoverte bygninger. OED, med NVE som utførende enhet, skal lede arbeidet med energiattestering av bygninger, energivurdering av kjel- og klimaanlegg og skikkethet hos rådgiverne som skal foreta merkingen (NVE 2006a). Figur 2-1 viser organisering av de involverte aktører (NVE 2006b):



Figur 2-1 Organisering av aktører i attersteringsordningen

I tilknytning til direktivet har det kommet endringer i det norske regelverket. Energibruk i nye og rehabiliterte bygg reguleres i tekniske forskrifter til Plan- og Bygningsloven av 1997, og frem til nå har følgende skjedd:

- 13. juni 2006 sendte KRD forslag til endringer i tekniske forskrifter til Plan- og Bygningsloven (Kommunal- og regionaldepartementet 09.11.2006). Forslaget hadde høringsfrist 15. september 2006. Forslaget ble kommentert av 95 høringsinstanser, og vurdert av Statens bygningstekniske etat.
- 14.november 2006 ble revidert forslag ble presentert på et møte arrangert av Kommunaldepartementet (Statens bygningstekniske etat 2006)
- 12. desember 2006 ble det offentliggjort at de endelige Tekniske forskrifter for Plan- og bygningsloven (TEK 2007) skal tre i kraft 1. februar 2007 (Kommunal- og regionaldepartementet 29.01.2007)
- 26.januar 2007 fastsatte KRD endringer i Forskrift 22.01.1997 nr. 33 (TEK 1997) til Plan- og Bygningsloven om krav til byggverk og produkter til byggverk

(Kommunal- og regionaldepartementet: 26.01.2007, 30.01.2007a og 30.01.2007b, Statens Bygningstekniske etat 30.01.2007)

- 18.april 2007 ble det gitt beskjed om at revidert veiledning til tekniske forskrifter (Statens Bygningstekniske etat 18.04.2007) er tilgjengelig på internett og hos bokhandlerne

De nye energikravene trådte i kraft 1. februar 2007. For å gi byggenæringen tid til å omstille seg, ble det gitt en overgangsperiode på 2,5 år, frem til 1.august 2009, der både gamle (TEK 1997) og nye (TEK 2007) forskrifter gjelder (Kommunal- og regionaldepartementet 30.01.2007 a og b). Kravene kan tilfredstilles ved to likeverdige metoder; energitiltaksmodellen eller rammekravsmodellen. Fritidsboliger under 50 m² BRA er fritatt fra bestemmelsene, mens fritidsboliger i størrelsen 50-150 og bygninger med laftede yttervegger er underlagt særskilte krav som ikke vil bli beskrevet her[†].

2.4.1 Energitiltaksmodellen

For å tilfredsstille krav til energieffektivitet, skal energitiltak tilsvare nivå som gitt nedenfor. (Kommunal- og regionaldepartementet 26.01.2007):

- Moderat samlet glass-, vindus- og dørareal: maksimalt 20 % av bygningens oppvarmede bruksareal (BRA) i inntil 10 meter fra yttervegg
- U-verdi yttervegg: 0,18 W/m²K. Største tillatte verdi: 0,22 W/m²K
- U-verdi tak: 0,13 W/m²K. Største tillatte verdi: 0,18 W/m²K
- U-verdi gulv på grunn og mot det fri: 0,15 W/m²K. Største tillatte verdi: 0,18 W/m²K
- U-verdi glass/vinduer/dører: 1,2 W/m²K som gjennomsnittsverdi inkludert karm/ramme. Største tillatte verdi: 1,6 W/m²K
- Kuldebroverdi: maksimalt 0,03 W/m²K for småhus og 0,06 W/m²K for øvrige bygg (m² oppgis i oppvarmet BRA)
- Lufttetthet (ved 50 Pa trykkforskjell): 1,5 luftvekslinger per time for småhus, 2,5 luftvekslinger pr. time

[†] Se Kommunal- og regionaldepartementet: 26.01.2007, 29.01.2007, 30.01.2007a og 30.01.2007b , Statens Bygningstekniske etat 30.01.2007

- Årsmidlere temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg: 70 %. TEK 1997 krevde 60 % mens høringsforslaget anbefalte 80 %. Innføres både i bolig og næringsbygg. Nytt anbefalt nivå settes såpass lavt fordi man ønsker å gi åpning for flere ventilasjonsløsninger
- Effektive ventilasjonsanlegg: TEK 1997 stiller ikke krav til spesifikk effekt i ventilasjonsvifter (Specific Fan Factor, SFP). I TEK 2007 anbefales 2,0/1,0 kW/m³/s (dag/natt) og 2,5 kW/m³/s (hele døgnet) som største tillatte verdi for SFP-faktor for henholdsvis næringsbygg og boliger.
- Effektive ventilasjonsanlegg: TEK 1997 stilte ikke krav til spesifikk effekt i ventilasjonsvifter. Nå settes høyeste tillatte verdi til 2,0/1,0 kW/m³s (dag/natt) i næringsbygg og 2,5 kW/m³s (hele døgnet) i boliger
- Innføring av tiltak som automatisk utvendig solavskjerming for å unngå behov for lokalkjøling
- Natt- og helgesenkning av innetemperatur: settpunkt på 19 grader natt og helg der man kan skille mellom natt, dag og helgedrift. Natt- og helgesenkning av innetemperatur i idrettsbygg til 17 grader. TEK 1997 stilte ingen krav

Det er tillatt å ha dårligere energieffektivitet i et tiltak hvis man kompenserer i andre tiltak slik at bygningens energibehov ikke økes. De oppgitte minimumskrav skal imidlertid ikke overskrives. (Kommunal- og regionaldepartementet 26.01.2007)

2.4.2 Rammekravsmodellen

I rammekravsmodellen skal energibehov ligge innenfor en fastlagt ramme. Tabell 2-1 viser rammen er gitt for 13 ulike bygningskategorier, i kWh/m² oppvarmet BRA:

Rammekrav	Høringsforslag TEK 2007 (kWh/m² BRA per år)	Vedtatt TEK 2007 (kWh/m² BRA per år)
Småhus (inkl. fritidsbolig)	125	125 + 1600/BRA
Blokkleilighet	110	120
Kontorbygg	140	165
Skolebygg	105	135
Forretningsbygg	235	235
Hoteller	200	240
Restaurantbygg	210	Utgår
Sykehus	285	325
Sykehjem	220	235
Barnehage	130	150
Høyskole/universitet	Ikke definert [‡]	180
Kulturbygg	145	180
Idrettsbygg	160	185
Lettindustri/ verksteder	155	185

Tabell 2-1 Rammekrav for netto energibehov

Rammekravene blir strammet inn i forhold til TEK 97. For eksempel skulle boliger i følge høringsforslaget ha et energiforbruk på mindre enn 125 kWh/m² per år mens TEK 97 sier 173 kWh/m² per år. Anbefalt rammekrav for småhus i TEK 2007 er 125 kWh/m² pluss et arealkorrigert ledd. Man ønsker å ta hensyn til at mindre småhus har et relativt større energitap gjennom ytre bygningsdeler (Statens bygningstekniske etat 2006). Krav til isolasjonsnivå blir likt for alle kategoriene i hele landet. (Kommunal- og regionaldepartementet 09.11. 2006, Statens bygningstekniske etat 2006).

[‡] Rammekrav for høyskole/universitet ikke foreslått høringsforslaget, men inkludert etter høringsrunden

Tabell 2-2 viser fordelingen mellom energipostene som ligger til grunn for energirammene i forskriften (Statens Bygningstekniske etat 18.04.2007):

	Småhus	Boligblokker	Barnehager	Kontorbygg	Skolebygg	Universitets- og høyskolebygg	Sykehus	Sykehjem	Hoteller	Idrettsbygg	Forretningsbygg	Kulturbygg	lett industri, verksteder
Romoppvarming	51	30	67	33	39	33	57	49	61	48	45	65	67
Oppvarming av ventilasjonsluft	6	7	26	21	27	24	42	38	29	40	34	26	25
Vannoppvarming	30	30	10	5	10	5	30	30	30	50	10	10	10
Vifter og pumper	8	10	23	22	25	27	54	48	35	23	42	24	21
Belysning	17	17	21	25	22	25	47	47	47	21	56	23	19
Teknisk utstyr	23	23	5	34	13	34	47	23	6	3	4	3	23
Romkjøling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kjølebatterier	0	0	0	24	0	30	50	0	31	0	47	26	21
Sum netto energibehov	136	118	152	165	137	179	327	234	239	185	237	178	186
Avrundet energiramme	125 + 1600/kvm*	120	150	165	135	180	325	235	240	185	235	180	185

* oppvarmet BRA

Tabell 2-2 Beregnet netto energibehov fordelt på poster, i kWh/m² oppvarmet BRA

Bygningens varmebehov er definert til å gjelde summen av de tre første radene i Tabell 2-2.

2.5 Revidert veiledning til teknisk forskrift

Den delen av reviderte forskrifter som omhandler nye energikrav inneholder følgende sentrale punkter (Statens Bygningstekniske etat mars 2007):

- Netto varmebehov: en vesentlig del av energibehov til romoppvarming (inkludert oppvarming av ventilasjonsluft) og varmtvann skal kunne dekkes med annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler. Med dette menes cirka halvparten. Minimum er satt til 40 prosent. Plikten bortfaller dersom bygningen har et lavere netto varmebehov enn 17 0000 kWh/år, eller dersom eier kan

- dokumentere at slike løsninger ikke kan rettferdiggjøres økonomisk
- Oppvarmet bruksareal defineres etter *NS 3031* (som igjen henviser til *NS 3940*)
 - Fjernvarme: kommunestyret i den enkelte kommune kan vedta tilknytningsplikt til fjernvarmeanlegg. I så fall kreves det at bygninger i området med tilknytningsplikt utstyres med varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarme

3 Ytelsesindikatorer og merkenivåer

3.1 Innledning

NVE (Wigenstad, Dokka, Pettersen, og Myhre 2005) anbefaler at energiattesten skal bestå av følgende 3 deler:

- Det fysiske energimerket, som har som hovedformål å tydelig visualisere de relevante energitekniske egenskapene ved hjelp av symboler.
- Informasjon om bygningen: generelle data og tekniske data.
- Liste over anbefalte energieffektiviseringstiltak

Det fysiske energimerket skal symbolisere hva man har kommet frem til gjennom innhenting og bearbeiding av informasjon angående en bygningens energieffektivitet. Tiltakslisten er ment som en veiledning til hvilke endringer som kan gjøres for å øke bygningens energieffektivitet. I de neste kapitlene beskrives de parametrene som NVE (Wigenstad et al. 2005) har foreslått som grunnlag for klassifisering av bygninger i henhold til energieffektivitet.

Eksempel på utforming av det fysiske energimerket presenteres. Merkenivåene for ytelsesindikatorene vektet tilført energi og spesifikk varmetapskoeffisient angis.

3.2 Valgte ytelsesindikatorer: vektet tilført energi og spesifikk varmetapskoeffisient

NVE (Wigenstad et al. 2005) anbefaler å bruke et hovedmerke beregnet etter vektet tilført energi i tillegg til et sekundærmerke som angir nivået på bygningens spesifikke varmetapskoeffisient. Tilført vektet energi er angitt i enheten kilowattimer per kvadratmeter per år (kWh/m^2), mens spesifikk varmetapskoeffisient er presentert ved Watt per grad Kelvin per kvadratmeter per år (W/Km^2). Hovedmerket skal være tilknyttet en fargeskala lik den som i dag benyttes på hvitevarer og som i tillegg anbefales i *prEN 15217* (CEN/TC 89 N 1024 2006). Sekundærmerket foreslås angitt i form av en bokstav uten at den er direkte knyttet opp mot fargeskalaen. (Wigenstad et al. 2005)

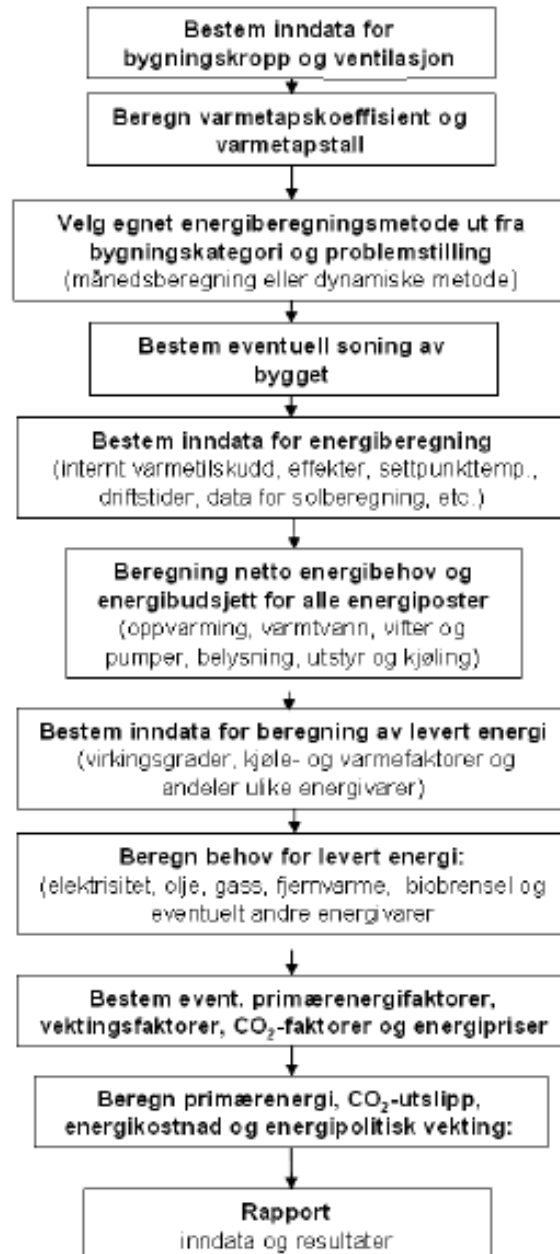
Per juni 2007 er det ikke grunnlag for å si sikkert hvorvidt dette forslaget vil bli gjort gjeldende. Man velger imidlertid å ta utgangspunkt i dette da man ikke har lyktes i å finne andre alternativer som er diskutert grundigere eller publisert bredere.

Eksempel på forside for det fysiske energimerket er vist i Figur 3-1 (Wigenstad et al. 2005):

Energimerke for boliger	Svært energieffektivt	
	A	
	B	
	C	◀ C
	D	
	E	
	F	
	G	
	Lite energieffektivt	
		Vektet tilført energibehov
	Spesifikk varmetapskoeffisient	D
	Beregnet tilført energi: kWh/m ²
	Målt energibruk: kWh/m ²
	Oppvarmingsanlegg, inkl. energikilden(e):	
	Bygningens oppvarmede areal: m ²
Kort om brukeradferd som kan ha betydning på energibruken		
Administrative data		
Adresse:		
Bygningstype:		
Dato for utstedelse av merket:		
Energisertifisør:		

Figur 3-1 Eksempel på fysisk utforming av energimerket

Angivelsen av vektet tilført energi er hovedmerket mens spesifikk varmetapskoeffisient er sekundærmerket. Figur 3-2 viser skjematisk fremstilling av beregningsprosessen slik den er fremstilt i prNS 3031 (Standard Norge 2007c):



Figur 3-2 Prosedyre for beregning

3.2.1 Merkenivåer spesifikk varmetapskoeffisient

Spesifikk varmetapskoeffisient er ment å utgjøre sekundærmerket. Spesifikk varmetapskoeffisient beskriver samlet varmetap fra transmisjon, ventilasjon og infiltrasjon. Varmetapskoeffisienten er ment å være et mål på bygningskroppens kvalitet fordi den tar hensyn til både isolasjon og tetthet i tillegg til å angi varmetap forårsaket av ventilasjonen.

Varmetapskoeffisienten er satt sammen på følgende måte (Wigenstad et al. 2005):

$$\text{Spesifikk varmetapskoeffisient} = \frac{Q_t + Q_v + Q_i}{A_{\text{oppv_gulvflate}}} \quad (\text{Lign. 3-1})$$

Q_t = transmisjonstap

Q_v = ventilasjonstap

Q_i = infiltrasjonstap

Tabell 3-1 viser anbefalte verdier for spesifikk varmetapskoeffisient for næringsbygg (Wigenstad et al. 2005):

Nivå/merke	Kontorbygg (W/Km ²)	Barnehager (W/Km ²)	Skolebygg (W/Km ²)	Sykehus (W/Km ²)	Sykehjem (W/Km ²)	Hoteller (W/Km ²)
A	H ≤ 0.55	H ≤ 0.70	H ≤ 0.60	H ≤ 0.85	H ≤ 0.80	H ≤ 0.65
B	0.56 - 0.80	0.71 - 1.05	0.61 - 0.85	0.86 - 1.00	0.81 - 1.15	0.66 - 0.95
C	0.81 - 1.05	1.06 - 1.35	0.86 - 1.15	1.01 - 1.70	1.16 - 1.55	0.96 - 1.25
D	1.06 - 1.40	1.36 - 1.70	1.16 - 1.45	1.71 - 1.90	1.56 - 1.80	1.26 - 1.60
E	1.41 - 1.70	1.71 - 2.05	1.46 - 1.80	1.91 - 2.10	1.81 - 2.05	1.61 - 1.90
F	1.71 - 2.55	2.06 - 3.05	1.81 - 2.70	2.11 - 3.10	2.06 - 3.05	1.91 - 2.85
G	H > 2.55	H > 3.05	H > 2.70	H > 3.10	H > 3.05	H > 2.85

Nivå/merke	Restaurantbygg (W/Km ²)	Idrettsbygg (W/Km ²)	Forretningsbygg med kjølt/oppvarmet matvarer (W/Km ²)	Forretningsbygg uten dagligvare (W/Km ²)	Kulturbygg (W/Km ²)	Industri/ verksted (W/Km ²)
A	$H \leq 0.65$	$H \leq 0.80$	$H \leq 0.90$	$H \leq 0.75$	$H \leq 0.55$	$H \leq 0.55$
B	0.66 - 1.00	0.81 - 1.15	0.91 - 1.30	0.76 - 1.10	0.56 - 0.80	0.56 - 0.80
C	1.01 - 1.30	1.16 - 1.55	1.31 - 1.75	1.11 - 1.45	0.81 - 1.10	0.81 - 1.05
D	1.31 - 1.60	1.56 - 2.00	1.76 - 2.65	1.46 - 1.90	1.11 - 1.30	1.06 - 1.80
E	1.61 - 1.85	2.01 - 2.50	2.66 - 3.55	1.91 - 2.35	1.31 - 1.45	1.81 - 2.50
F	1.86 - 2.75	2.51 - 3.70	3.56 - 5.30	2.36 - 3.50	1.46 - 2.20	2.51 - 3.75
G	$H > 2.75$	$H > 3.70$	$H > 5.30$	$H > 3.50$	$H > 2.20$	$H > 3.75$

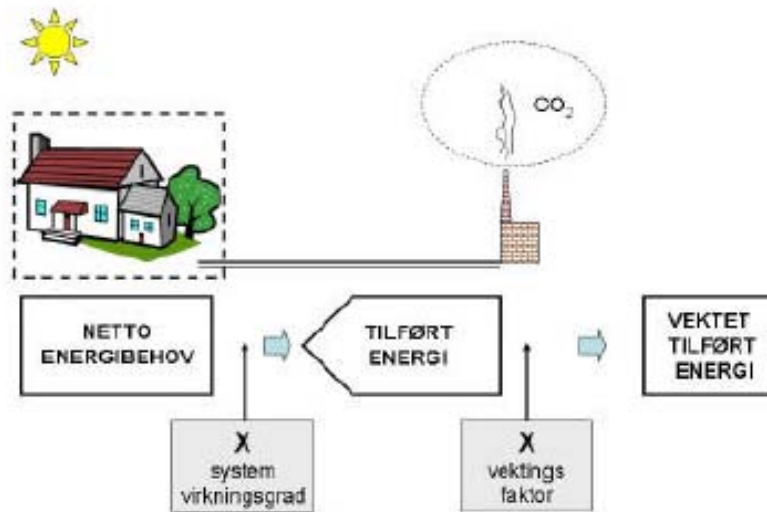
Tabell 3-1 Foreslåtte verdier for spesifikk varmetapskoeffisient for ulike kategorier næringsbygg

C-nivået for spesifikk varmetapskoeffisient varierer fra 0,81-1.05 W/Km² for kontorbygg til 1,31-1,75 for bygg med dagligvarer eller restaurant.

A-nivået for næringsbygg skal representere bygninger med svært god isolasjon, lav luftlekkasje og svært god årsvirkningsgrad for varmegjenvinner. Nivået skal være vanskelig å oppnå fordi man har tatt høyde for at A-merket skal bestå over mange år selv om det hele tiden skjer teknologisk utvikling. Tanken bak er at man ønsker å unngå at man om noen år blir nødt til å lage et ekstra A-nivå, for eksempel A+, for å holde tritt med utviklingen.

3.2.2 Merkenivåer vektet tilført energi

Når vektet tilført energi, primærmerket, skal beregnes, vektet den energien som tilføres bygget via systemets virkningsgrad og en vektingsfaktor, som vist i Figur 3-3 (Wigenstad et al. 2005):



Figur 3-3 Bilde på beregningsgang fra totalt netto energibehov til vektet tilført energi

Sammenhengen mellom netto energibehov, systemvirkningsgrad og tilført energi gis ved (Wigenstad et al. 2005):

$$E_{\text{tilført}} = \frac{E_{\text{behov}}}{\eta_{\text{sys}}} \quad (\text{Lign. 3-2})$$

Systemvirkningsgraden for et vilkårlig energiforsyningssystem gis ved:

$$\eta_{\text{sys}} = \eta_{\text{prod}} \cdot \eta_{\text{distr}} \cdot \eta_{\text{reg}} \quad (\text{Lign. 3-3})$$

η_{prod} = produksjonsvirkningsgraden. Angir forholdet mellom tilført og levert energimengde for en produksjonsenhet. Eksempler er forbrenningsvirkningsgrader for forbrenningsanlegg og varmfaktor for varmepumpesystemer

η_{distr} = distribusjonsvirkningsgraden for energiforsyningssystemet. Eksempler er tap i varmesystemet, primært varmetap fra rørsystem og ventiler. Sekundært kan også energibruk til eventuelle pumper, vifter og motorer som ikke kan utnyttes til romoppvarming, tas med.

η_{reg} = reguleringsvirkningsgraden til varmesystemet. Eksempel er varmesystemets evne til å holde riktig settpunktstemperatur. I tillegg vil systemets evne til å opprettholde

ønsket temperaturfordeling i bygget inngå.

Vektet tilført energi tar utgangspunkt i tilført energi:

$$E_{vektet_tilført} = E_{tilført} \cdot VF \quad (\text{Lign. 3-4})$$

VF er vektingsfaktor foreslått med bakgrunn i både mengde CO²-utslipp og kostnader for miljøbelastning. Sistnevnte er basert på et bredere spekter av miljøskadelige stoffer, CO² inkludert.

Angående vekting av tilført energi henviser *prNS 3031* (Standard Norge 2007c) til *EN 15603* (Standard Norge 2007b), som også er på høring. *prEN 15603* sier imidlertid at vektingsfaktorer bør utarbeides nasjonalt da det skal ligge energipolitiske føringer bak, og angir ikke konkrete tall tilpasset forholdene i Norge. Hvilke faktorer som skal brukes når ordningen kommer i gang, har man ikke lyktes å få klarhet i, derfor antas det at vektingsfaktorene (Wigenstad et al. 2005) vist i Tabell 3-2, bør brukes inntil videre:

Energibærer/kilde	Vektingsfaktor
Elektrisitet	1.00
Olje	1.00
Gass	0.60
Fjernvarme	0.55
Bio	0.35

Tabell 3-2 Vektingsfaktorer for tilført energi

Elektrisitet er brukt som referanse og settes derfor til 1. Man ønsker å redusere bruk av olje og elektrisitet, derfor belønnes de som går over til andre energikilder ved at biobrensel, fjernvarme og gass er satt lavere enn 1. Man ønsker også å stimulere til økt bruk av fornybar energi, derfor er biobrensel og fjernvarme satt til henholdsvis 0,35 og 0,55. Gass kan i mange tilfeller erstatte olje og noen ganger også elektrisitet, en omlegging man ønsker å oppmuntre til. Derfor er vektingsfaktoren til gass satt til 0,6. (Wigenstad et al. 2005)

Tabell 3-3 viser anbefalte verdier for vektet tilført energi for næringsbygg (Wigenstad et al. 2005):

Nivå/merke	Kontorbygg kWh/m ²	Barnehager kWh/m ²	Skolebygg kWh/m ²	Sykehus kWh/m ²	Sykehjem kWh/m ²	Hoteller kWh/m ²
A	≤ 80	≤ 80	≤ 65	≤ 160	≤ 110	≤ 115
B	81 - 120	81 - 120	66 - 100	161 - 240	111 - 165	116 - 175
C	121 - 160	121 - 160	101 - 130	241 - 320	166 - 220	176 - 230
D	161 - 190	161 - 190	131 - 160	321 - 345	221 - 250	231 - 260
E	191 - 225	191 - 225	161 - 190	346 - 365	251 - 275	261 - 290
F	226 - 335	225 - 335	191 - 290	366 - 545	276 - 415	291 - 435
G	> 335	> 335	> 290	> 545	> 415	> 435

Nivå/merke	Restaurant bygg kWh/m ²	Idrettsbygg kWh/m ²	Forretningsbygg med kjølt/oppvarmet matvarer kWh/m ²	Forretningsbygg uten dagligvare kWh/m ²	Kulturbygg kWh/m ²	Bygning for lett industri, verksteder kWh/m ²
A	≤ 115	≤ 95	≤ 265	≤ 145	≤ 85	≤ 80
B	116 - 175	96 - 145	266 - 400	146 - 220	86 - 130	81 - 120
C	176 - 230	146 - 190	401 - 530	221 - 290	131 - 170	121 - 160
D	231 - 260	191 - 230	531 - 605	291 - 340	171 - 180	161 - 220
E	261 - 290	231 - 275	606 - 680	341 - 390	181 - 190	221 - 280
F	291 - 435	276 - 410	681 - 1020	391 - 585	191 - 280	281 - 415
G	> 435	> 410	> 1020	> 585	> 280	> 415

Tabell 3-3 Foreslåtte merkenivåer for vektet tilført energi

For næringsbygg finner vi en spredning i C-nivået på 101-130 kWh/m² for skolebygg til 401-530 kWh/m² for bygg med dagligvarebutikk eller restaurant. Næringsbygg omfatter bygningskategorier der tiltenkt bruk og bruksmønster varierer mye fra kategori til kategori. Kontorbygg, barnehager og skolebygg er kategorier der foreslått merkenivå for vektet tilført energi er lavt sammenlignet med andre kategorier. Energien som tilføres et skolebygg skal for eksempel hovedsaklig kunne sørge for et tilfredsstillende innemiljø samt oppvarming av varmtvann. Energien som tilføres et sykehus skal derimot ikke bare

sørge for at enda strengere krav til inneklimate tilfredstilles, men også et langt større varmtvannsbehov og en rekke energikrevende utstyr.

Merkenivåene er basert på standard referanseklimate og tar utgangspunkt i klimadata fra Blindern i Oslo. Beregning av vektet tilført energi for hver bygning skal gjøres på grunnlag av referansedata. Ved beregning av reelt energibehov skal derimot lokale klimadata benyttes. (Standard Norge 2007c: Tillegg K)

4 Mal for dokumentering av tekniske data per juni 2007

4.1 Innledning

Da de relevante standarder og beregningsverktøy ikke er klare, ble det besluttet å lage en foreløpig ”mal” for beskrivelse av tekniske data ved energiattestering av bygninger.

Denne er i hovedsak basert på anbefalinger fra NVE (Wigenstad et al. 2005) og *prNS 3031* (Standard Norge 2007c). Noen av momentene i denne listen er punkter som man antar vil være integrert i nye beregningsprogrammer, og som man derfor ikke vil trenge å ta stilling til når ordningen har kommet i gang. De er likevel viktige inntil beregningsverktøy er tilgjengelige. Malen består av følgende punkter, som vil bli utdypet i de følgende delkapitlene:

- Innledende beskrivelse av bygning
- Forutsetninger: soneinndeling, valg av beregningsmetode og beregningsverktøy, metoder og kilder for innhenting av informasjon
- Tekniske data: beskrivelse av tekniske systemer og inndata for energiberegning
- Resultater
- Tiltaksliste

4.2 Innledende beskrivelse av bygning

Kort beskrivelse av bygningen og dens tekniske anlegg. Hensikten er å gi leseren en rask oversikt over bruk, bygningskropp og tekniske anlegg før man går ned på detaljnivå i kapittel 4.4.

4.3 Forutsetninger

Forutsetninger for beregninger beskrives.

4.3.1 Soneinndeling

NS 3031 (Standard Norge 2007c) stiller krav om at bygningen skal inndeles i egnede beregningssoner basert på driftstid, luftmengder, internt varmetilskudd, temperaturer og lignende. Energibehov i flerbruksbygninger skal deles opp ut fra bygningskategori.

Unntak gjelder dersom følgende forhold er tilfredsstilt:

- Bygningen som helhet har lik brukstid og tidsstyring av bygningens klimasystemer
- Settpunkt-temperaturen for oppvarming av forskjellige rom ikke avviker med mer enn 4 K
- Arealet er mekanisk kjølt og settpunkt-temperaturen for kjøling av forskjellige rom ikke avviker med mer enn 4 K
- Arealet er betjent av samme varme- og kjølesystem
- 80 % av arealet er betjent av det samme ventilasjonssystemet
- Dimensjonerende luftmengder levert fra det samme ventilasjonssystemet til forskjellige deler av bygningen avviker med maksimalt en faktor på 4. Det vil si at det ikke bør være for store variasjoner når det gjelder krav til levert luftmengde i ulike deler av bygningen.

4.3.2 Valg av beregningsmetode etter bygningskategori

NS 3031 anbefaler at en av tre beregningsmetoder velges for beregning av oppvarmings- og kjølebehov (Standard Norge 2007c)* :

- Månedsberegning, stasjonær metode, etter *NS-EN 13 790*
- Forenklet timesberegning, dynamisk metode, etter *NS-EN 13 790*
- Detaljerte validerte beregningsmetoder, dynamisk, etter *NS-EN 15265*

Beregningsmetode velges etter bygningskategori, som vist i Tabell 4-1 (Standard Norge 2007c):

* Inngående beskrivelse av disse antas å ligge utenfor oppgaven

Bygningskategori	Energiberegning
Småhus	Månedsstasjonær eller dynamisk
Boligblokk	Månedsstasjonær eller dynamisk
Barnehage	Månedsstasjonær eller dynamisk
Kontorbygg	Dynamisk
Skolebygg	Månedsstasjonær eller dynamisk
Universitet/høyskole	Dynamisk
Sykehus	Dynamisk
Sykehjem	Månedsstasjonær eller dynamisk
Hoteller	Dynamisk
Idrettsbygg	Månedsstasjonær eller dynamisk
Forretningsbygg	Dynamisk
Kulturbygg	Månedsstasjonær eller dynamisk
Lett industri, verksteder	Månedsstasjonær eller dynamisk

Tabell 4-1 Anbefaling av valg av beregningsmetode etter bygningskategori i henhold til prNS 3031

4.3.3 Valg av beregningsverktøy

Valg av beregningsverktøy skal beskrives. Det tolkes å ligge utenfor denne oppgaven å gi en grundig utredning i hvilke beregningsverktøy som i dag finnes på markedet.

Som en kort oversikt nevnes imidlertid resultater fra en spørreundersøkelse utført av Sintef (Dokka, T.H. og Thyholt, M. 2001) på oppdrag fra Statens bygningstekniske etat. 9 større geografisk spredde VVS-rådgivningsfirmaer har svart på undersøkelsen. På spørsmål om hvilken metode/programvare som ble benyttet ved beregning av reelt energibehov ble følgende manuelle metoder og databaserte verktøyer oppgitt* (Dokka et al. 2001):

- *NS 3031* innlagt i regneark
- *Enøk normtall*, konstruert av Vestnorsk Enøk/ENSI
- *Energi i Bygninger* og *SCIAC*, konstruert av Programbyggerne
- *DEBAC*, konstruert av Theorells
- *FRES*, konstruert av SINTEF

* Det fremgår ikke av kilden hvor mange som har oppgitt hver av verktøyene, hvorvidt flere avdelinger innen firma har svart, og hvorvidt man på samme avdeling har oppgitt flere verktøy.

Dette er en undersøkelse basert på et begrenset utvalg materiale, men det antas at dette er programmer som kan brukes inntil nye beregningsverktøy blir offentliggjort.

Å vite hvilket beregningsverktøy som har blitt brukt ved beregninger i en energiattest, kan være relevant med tanke på etterprøvbarehet av resultater.

4.3.4 Innhenting av informasjon

Hvor informasjon er hentet fra, er særlig relevant når en energiattest skal oppdateres. Vet man hvor man skal henvende seg, effektiviseres informasjonssøket.

Tidsbruk for befaring kan fortelle noe om hvor grundig man har inspisert bygget. Samtidig kan opplysninger gitt her være usikre da arbeidstagere blir utsatt for press fra flere kanter. Oppdraget skal utføres på en effektiv måte samtidig som at man skal gjøre en jobb som gir et så ”riktig” resultat som mulig. I tillegg kan datoer for befaring være interessant da mange parametere som værforhold og bruksmønster skifter med årstidene, og de trenger nødvendigvis ikke å ha blitt fanget opp ved en dags befaring. Spesielle hendelser kan også ha inntruffet, og da kan det være relevant å vite nøyaktig når befaring ble gjennomført slik at man kan vurdere resultater ut fra det.

4.4 Tekniske data

Energiforsyningssystemene inkludert energikildene beskrives kort (Wigenstad et al. 2005). Dersom anlegget er nyere enn selve bygningen, oppgis også årstall for installasjon av anlegget.

Inputverdier bør dokumenteres på en oversiktlig måte. Om mulig bør kilde for innhentet informasjon opplyses. Ved beregning av teoretisk energiforbruk for kategorisering skal standard referanseklima (Blindern, Oslo) benyttes (Standard Norge 2007c: Tillegg K, Wigenstad et al. 2005)

NVE (Wigenstad et al. 2005) og *prNS 3031* (Standard Norge 2007c: Tillegg K) anbefaler at inndataene innhentes i tråd med følgende kategorisering:

- **Standardiserte verdier:** det fysiske energimerket skal representere bygget ved normalisert bruk og skal brukes selv om en mener at disse verdiene ikke er representative for bygget som energiattesteres. Slike standardiserte data finnes i *prNS 3031* (Standard Norge 2007c: Tillegg A), og omfatter
 - Effekt- og energibruk for belysning, utstyr og varmtvann
 - Varmetilskudd for belysning, utstyr, varmtvann og personer
 - Driftstider og settpunkt-temperaturer
 - Kuldebroverdier
 - Terrengskjermingskoeffisienter
- **Veiledende verdier:** til forskjell fra standardiserte verdier tillates veiledende verdier å variere fra bygning til bygning innen samme. Dette henspeiler på innebygde kvaliteter, og det forutsettes at energikonsulenten aktivt går inn og foretar valg der data ikke er funnet. Veiledende verdier finnes i *prNS 3031* (Standard Norge 2007c: Tillegg A), og omfatter blant annet
 - Luftmengder og spesifikk vifteeffekt
 - Lekkasetall, solavskjerming og varmetap
 - Virkningsgrad for oppvarmingssystemer
 - Virkningsgrad for kjølesystemer
- **Dokumenterte verdier:** verdier som kan hentes ut fra tegninger, målinger og enkle beregninger, som for eksempel
 - Arealer
 - Volum
 - U-verdier
 - Etc

Selv om standardiserte verdier bør brukes i beregninger, er det viktig å samtidig dokumentere de faktiske verdier som kommer under denne gruppen. Særlig er det viktig å beskrive momenter som påvirker bygningens energieffektivitet. Et eksempel på dette er uheldig brukeradferd.

4.5 Resultater:

Resultater av beregninger skal presenteres og diskuteres. Beregnede verdier for vektet tilført energi og spesifikk varmetapskoeffisient plasseres i en energiklasse og kommenteres.

Beregnet tilført energi og faktisk energibruk for eksisterende bygg bør sammenlignes. For nybygg bortfaller dette punktet da fullstendig oversikt over energiforbruk ikke foreligger på et så tidlig tidspunkt.

Registrert energibruk oppgitt i energiattesten bør ideelt sett være et gjennomsnitt fra flere år for å nøytralisere variasjoner i klima, innslag av ulike energikilder og varierende bruk av bygget fra et år til det neste. Hvis en slik oversikt ikke finnes, kan inndata bearbejdes på en slik måte at de reflekterer bygget på en mer nøyaktig måte enn ved bruk av standardiserte verdier. For eksempel anbefales bruk av lokale klimadata (Standard Norge 2007c: Tillegg L).

Sammenligning av beregnet (teoretisk) tilført energi og registrert (faktisk) energibruk kan være et viktig verktøy ved utredning av forbedringstiltak (Standard Norge 2007c: Tillegg K). Avvik mellom beregnet tilført energi og registrert eller dimensjonert energibruk skal ideelt reflektere eventuell forskjell mellom ”standardiserte” og faktiske verdier. Avvik kan skyldes ulikheter ved for eksempel driftstider og settpunkt-temperaturer. I noen tilfeller kan avvik skyldes lite optimal drift eller dårlige virkningsgrader for installasjoner. Avvik skal kommenteres (Standard Norge 2007c: Tillegg K, Wigenstad et al. 2005).

4.6 Tiltaksliste

Nybygg og eksisterende behandles ulikt på dette punktet.

For nybygg:

Det antas at ulike alternativer har vært vurdert under prosjektering, og at man bør vente

til bygget har vært i drift en tid før tiltak vurderes. Tiltaksliste bør derfor utelates for nybygg (Wigenstad et al. 2005). Ser man imidlertid forhold som umiddelbart bør rettes opp bør dette dokumenteres.

For eksisterende bygninger:

Ved utarbeidelse av tiltaksliste bør registrert energiforbruk benyttes ved vurdering av tiltak. Hvis det imidlertid ser ut til at bygningen ”misbrukes” (Standard Norge 2007c: Tillegg K) skal det brukes rimelige data istedenfor de målte dataene. Med ”misbruk” menes for eksempel under- eller overoppvarming eller for mye eller for lite ventilasjon.

5 Forutsetninger for attestering av valgte bygninger

5.1 Innledning

Som student ved NTNU som skriver masteroppgave for Reinertsen Engineering, er det visse forutsetninger som er lagt til grunn. Forutsetninger og begrunnelser for valg beskrives. Det man på planleggingsstadiet antok som fornuftig tidsbruk for attestering av Vøyenenga Ungdomsskole og kontorbygningen Lilleakerveien 2C presenteres.

5.2 Valg av beregningsverktøy

Som følge av forslag fra oppdragsgiver (Reinertsen Engineering) ble *Energi i Bygninger* (Programbyggerne 2005) valgt som beregningsverktøy. *Energi i Bygninger (EiB)* er et program mye brukt ved effekt-, energi- og lønnsomhetsanalyser ved prosjektering, rehabilitering og ombygging av større bygg. Oppdragsgiver bruker *EiB* som beregningsverktøy ved utførelse av enøkanalyser.

Programmet bygger på en modell hvor tilstanden i en bygning beregnes med intervaller på en time. Inndataene brukes i en simuleringsmodell som kan utføre følgende simuleringer (Programbyggerne 2005):

- Forløp romlufttemperatur for dimensjonerende døgn, sommer og vinter
- Maksimal effekt romoppvarming, varmebatterier og kjølebatterier
- Årlig netto og brutto energibruk
- Årlig kostnad kjøpt energi
- Årlige utslippsmengder pga energibruk
- Lønnsomhetsverdier for enøktiltak
- Evaluering mot byggeforskrifter og typisk energibruk

Man antar at leser ikke har inngående kjennskap til *EiB*, derfor har man lagt vekt på å beskrive og forklare alle avveininger som er gjort ved innmating av informasjon.

Selv om *EiB* har mulighet for simulering opp mot byggeforskrifter, har ikke

brukerveiledningen henvisninger til gjeldende forskrifter eller standarder. Følgende antakelser gjøres derfor:

Angående inndata for ”Oppvarmet areal”:

I brukerveiledning for *EiB* står det ”Gulvareal til de oppvarmede rommene i bygningen/sonen som skal simuleres” (Programbyggerne 2005). Siden brukerveiledningen ikke henviser til standarder velges det å legge vekt på *prNS 3031* (Standard Norge 2007c) som sier at ved utregning av totalt netto energibehov skal man bruke oppvarmet bruksareal (BRA) slik det er definert i *NS 3940* (Standard Norge 2007a).

”Oppvarmet bruksareal (BRA) omfatter alle bruksarealer som tilføres varme fra bygningens varmesystem eller er omsluttet av bygningens klimaskjerm” (*prNS 3031*: Standard Norge 2007c)

”Bruksareal omfatter nettoarealet (NTA) og arealet av innvendige vegger. Åpninger i etasjeskiller for sjakter, trapper og lignende regnes med i innvendig areal.”
(*NS 3940*: Standard Norge 2007a)

Nettoareal (NTA) er ”areal mellom omsluttende bygningsdeler” (*NS 3940*: Standard Norge 2007a)

Det antas videre at man, der pålitelige data for oppvarmet areal ikke er funnet, skal kunne ta utgangspunkt i ”as built” plantegninger ved oppregning av arealer. Manuell oppmåling er et alternativ, men vil være svært tidkrevende. Arealer som består av teknisk rom, rom for tekniske føringsveier og heissjakt regnes ikke som oppvarmet bruksareal (BRA) mens åpninger i etasjeskiller i oppvarmede rom som trapper skal inkluderes.

Angående inndata for internlaster:

Oppgitte standardverdier for internlaster (belysning, teknisk utstyr, personer og vannoppvarming) i brukerveiledning for *EiB* og *prNS 3031* avviker i noen tilfeller med opptil 100 %. Dette kan blant annet skyldes at *Energi i Bygninger 3.65*

(Programbyggerne 2005) tar utgangspunkt i eldre forskrifter.

I denne rapporten er imidlertid TEK 2007 (Statens Bygningstekniske etat mars 2007) og de nyeste versjoner av relevante standarder en forutsetning, og benyttes derfor fremfor veiledende verdier gitt i brukerveiledning for EiB (Programbyggerne 2005).

5.3 Utarbeidelse av tiltaksliste

Det er ikke funnet materiale på hvilke forutsetninger som skal ligge til grunn for utarbeidelse av tiltakslistene for eksisterende bygg. Man ser for seg to mulige alternativer:

- Energirådgiver lager en prioritert liste over de tiltakene han/hun mener vil gi de beste resultatene. Både energibruk og økonomi tas med i betrakningen. Tiltakenes lønnsomhet antydes grovt.
- Energirådgiver oppretter dialog med byggets eier og driftsansvarlige, og får en pekepinne på hva hvilke tiltak som kan være aktuelle. På grunnlag av dette utarbeides en detaljert plan der besparelser for den mest relevante kombinasjonen av tiltak beregnes

På grunnlag av manglende retningslinjer, er det i samråd med veileder bestemt at første alternativ skal gjelde i denne oppgaven.

5.4 Utvelgelse av bygninger

Utvelgelse av bygninger ble gjort i samråd med Reinertsen Engineering og Sten Olaf Hansen, faglig ansvarlig ved Insitutt for energi og prosessteknikk ved NTNU.

5.5 Antatt tidsbruk

Før man kan anslå omfang i det feltarbeid som vil være nødvendig for å foreta energiattestering av et næringsbygg, er det viktig å ta følgende forhold i betraktning (Weie 2006):

- Det finnes ikke etablerte retningslinjer for detaljnivå for den informasjon som skal innhentes
- Energiattestering i praksis er ikke igangsatt. Man har ikke lyktes i å finne relevant

publisert materiale som beskriver erfaringer fra feltarbeid ved attestering av lignende bygg

- Hvilke praktiske hjelpemidler/måleutstyr man har til rådighet
- Hvor mye informasjon om bygningen som finnes lett tilgjengelig, samt driftpersonalets kompetanse
- Energirådgivers erfaringsgrunnlag innen enøkanalyser

Med bakgrunn i direktivteksten (Vedlegg B) og relevant publisert materiale (Bøhn et al. 2006, Wigenstad et al. 2005), er det grunn til å anta at metodikken for fremtidens attestering av næringsbyggbygg vil være relativ lik det som i dag gjøres ved enøkanalyser. For å få en oppfattelse av fremgangsmåte brukt ved dagens enøkanalyser ønsket man derfor å først delta på en befaring sammen med erfarne energirådgivere. Dette resulterte i deltakelse på en førstegangsbefaring sammen med ansatte på Energi og Miljø-avdelingen hos Reinertsen Engineering i forbindelse med enøkanalyse av et 8000 m² stort sykehjem.

Tidsbehov for innhenting av informasjon, befaring og bearbeiding av data vil avhenge av byggets størrelse og kompleksitet. For bygninger med areal under 1000 m² antydes tidsbruk til befaring omtrent 6 timer. For større og mer komplekse bygg antas det at tidsbruk til befaring varierer mer, fra ca. 16 timer for et bygg på 10 000 m² til omtrent 24 timer for et bygg på 25 000 m². (Wigenstad et al. 2005). Man har ikke lyktes i å finne publisert materiale som gir grunnlag for å si noe total antatt tidsbruk for energiattestering av bygg basert på størrelse eller kompleksitet.

Hjelpemidlene man hadde til rådighet var kamera, temperatur- og luftmengdemålere og loggere i tillegg til det målingsutstyret som er fastmontert i forbindelse med tekniske anlegg på byggene.

Man hadde ikke full oversikt over hvor mye informasjon som finnes lett tilgjengelig idet man lagde fremdriftsplan. Det man derimot tok med i betraktningen under planlegging, var omtrentlige verdier for oppvarmet areal. Vøyenenga Ungdomsskole ble antatt å være

på omtrent 5000 m² mens Kontorbygningen Lillakerveien 2c ble antatt til omtrent 4000 m². Tabell 5-1 viser planlagt tidsbruk for de ulike fasene av energiattesteringen:

Handling	Antatt tidsbruk Vøyenenga Ungdomsskole (timer)	Antatt tidsbruk Kontorbygningen Lilleakerveien 2C (timer)
Innhenting av info, klarere tilgang	22,5	22,5
Befaring	10	8
Innmating og simulering i EiB	15	15
Tolkning av resultater	7,5	7,5
Totalt	55	53

Tabell 5-1 Antatt tidsforbruk ved energiattestering av Vøyenenga Ungdomsskole og kontorbygningen Lilleakerveien 2c

Antatt tidsbruk til befaring for Vøyenenga ble satt litt høyere enn for Lilleakerveien fordi Vøyenenga har et noe større oppvarmet areal. I tillegg visste man at Vøyenenga ble ferdigstilt bare få uker før befaring skulle skje, og at det derfor kanskje kunne være vanskeligere å få sikker informasjon angående bruk og drift av bygningen.

6 Vøyenenga Ungdomsskole

6.1 Innledende beskrivelse av bygning

Bilde 6-1 viser nordøstfasaden av skolebygget og den tilhørende idrettshallen:



Bilde 6-1 Skolebygningen og den tilhørende idrettshallens fasade mot nordøst

Vøyenenga Ungdomsskole hadde ferdigstillelse i februar 2007. Bygningen er et OPS-prosjekt (Offentlig Privat Samarbeid), som betyr at det er opprettet via et samarbeid mellom næringslivet og det offentlige (Bærum Kommune 2004), som i dette tilfellet er Entra Eiendom AS, og Bærum Kommune. Før igangsettelse av prosjektering ble det lagt vekt på at bygningen skulle ha et innovativt og nyskapende konsept. Ungdomsskolen skal ved hjelp av riktig form og funksjon være tilpasset ulike elevtyper, og på den måten fremme ”kreativitet, dristighet og glede” (Bærum Kommune 2004). Det ble også satt som et krav at skolen skulle kunne leve opp til begrepet ”miljøskole”, både ved prosjektering, oppføring og drift. (Bærum Kommune 2004)

Bygningen til venstre på Bilde 6-1 er en idrettssal som blant annet også inneholder rom for diverse velferdstilbud. Det er imidlertid kun selve skolebygningen som energiattesteres, se Bilde 6-2. Idrettsbygget tas imidlertid hensyn til som en del av det omkringliggende miljøet der det er relevant. Alle fasader grenser mot friluft. Bilde 6-2 viser den delen av bygningsmassen som behandles videre:



Bilde 6-2 Skolebygningens fasade mot nordøst

Skolebygningen har et oppvarmet areal på 5099 m² og består av 2 etasjer. Under prosjektering ble det blant annet fokusert på å benytte minst mulig arealene til korridorer, trapper og lignende. Ungdomsskolen er dimensjonert for å huse 450 elever fordelt på 3 baser og ulike spesialrom. I tillegg kommer en belastning på 55 ansatte. Ulike rom åpnes for aktiviteter for andre brukere på kveldstid, uten at hele bygningen blir åpnet i sin helhet.

De tekniske systemene i de to bygningene styres av et felles SD-anlegg. SD-anlegget styrer sanitæranlegg, varmeanlegg, luftbehandlingsanlegg, kjøleanlegg og lys. SD-anlegget gir også oversikt over hvilke dører som er åpne eller lukkede. Varme-anlegget er vannbårent og det er installert en varmpumpeløsning med 16 borehull i grunnen i tillegg til en oljekjel som spisslast. Luftbehandlingsanlegget som betjener skolebygget består av 4 aggregater.

Videre gis en mer inngående beskrivelse av tekniske anlegg og inndataene som danner grunnlaget for beregninger.

6.2 Forutsetninger

Bygningen er et skolebygg med standard fasiliteter. Bygningen vil derfor tildeles et merke basert på verdier for kategorien ”skolebygning”.

Ifølge Tabell 4-1 anbefales det å bruke en månedsstasjonær eller dynamisk metode. Det er valgt å bruke beregningsverktøyet *Energi i Bygninger 3.5* (Programbyggerne 2005), som benytter en simuleringsmodell med intervaller på en time. Dynamisk metode er derfor brukt.

Informasjon er innhentet på følgende måter:

- befaringer 27. og 28. mars på til sammen 8 timer
- søk etter informasjon på database tilhørende Reinertsen Engineering AS, avdeling Reinertsen Anlegg. Reinertsen var hovedprosjektør av Vøyenenga Ungdomsskole.
- kontakt med prosjektleder i ÅF-consult, som var hovedprosjektør av tekniske anlegg
- kontakt med prosjektleder i Gunnar Karlsen AS, prosjektør av ventilasjonsanlegg og SD-anlegg
- kontakt med driftsansvarlig i Entra Eiendom AS. Entra drifter bygningen, som eies av både Entra Eiendom AS og Bærum Kommune
- samtaler med brukere av bygningen

Tabell 6-1 viser oversikt over reell tidsbruk for faser av energisertifisering av Vøyenenga Ungdomsskole:

Handling	Planlagt tidsbruk Vøyenenga Ungdomsskole (timer)
Innhenting av all teknisk info, klarering av tilgang	40
Befaring	8
Innmating og beregning i EiB	38
Bearbeiding/tolkning av resultater fra beregning i EiB	30
Totalt	116

Tabell 6-1 Reel medgått tidsbruk for energiattestering av Vøyenenga Ungdomsskole

Sammenligning mellom planlagt og reelt medgått tid vil bli utførlig diskutert i Kapittel 8.4. I en enøkanalyse vil man normalt kun oppgi datoer for befaring. Annen form for beskrivelse av tidsbruk forekommer sjelden i andre sammenhenger enn ved fakturering av timer i forbindelse med betaling for utført oppdrag.

6.3 Tekniske data

For plantegninger se Vedlegg C.

6.3.1 Generelle bygningsdata

Oppvarmet gulvareal:

5099m² (Vedlegg C og D). Beregnet ut fra *Vøyenenga Ungdomsskole- Mengdeberegning og rombehandling skjema* (Reinertsen Anlegg 2004) og kontrollmålinger. Arealer som består av teknisk rom, rom for tekniske føringsveier og heissjakt regnes ikke som oppvarmet areal. Tabell 6-2 viser brutto oppvarmet areal for bygningen (Vedlegg D):

Etasje	Areal	Typer rom
1	2792.2	Bibliotek, arbeidsrom, WC, garderobe, kantine, musikkrom, formgivningsrom, kontor, møterom, tekjokken, sal, auditorie, lager
2	2306.5	Base, auditorium, WC, lager, garderobe, kontorer, møterom, lager
Sum	5098.7	

Tabell 6-2 Oversikt over de ulike etasjers areal og innhold

Oppvarmet luftvolum:

22176 m³. Takhøyden varierer fra 2,6 til 9 meter, og er plottet inn for hvert enkelt rom i Vedlegg D.

Varmekapasitet innredning/skillevegger:

20,0 Wh/m² K, som er standardverdi for bygg med lett innredning og tunge skillekonstruksjoner (Programbyggerne 2005). Innervegger består av systemvegger, glassfronter, gipsvegger og utstrakt bruk av eksponert betong. Eksponert betong er betong som ikke er overflatebehandlet, noe som bidrar til lagring av varme og en ønsket

termisk treghet (Wigenstad et al. 2006).

Infiltrasjon:

0,15 oms/h, som tilsvarer verdi for indre fjordstrøk med moderate vindforhold og moderat skjermingsgrad (Programbyggerne 2005). Bygningen ligger i Bærum i Oslo, fritt, men relativt beskyttet av landskap rundt.

6.3.2 Bygningselementer

Inndata for yttervegger, tak, gulv mot grunn og glassfasader blir beskrevet.

Ved innmating av verdier for bygningselementene yttervegger, tak og gulv mot grunn skal blant annet kuldebroverdier oppgis. For kuldebroverdier ble det besluttet å bruke verdier hentet fra beregninger gjort av prosjektør (Reinertsen Anlegg 2006b) isteden for inndata for kuldebroverdier i henhold til *prNS 3031*, slik beskrevet i kapittel 4.4. Fremgangsmåten beskrevet i *prNS 3031* er kun nødvendig ved ”en mer nøyaktig beregning av kuldebroer” (Standard Norge 2007c).

Bygget er preget av store glassfasader. På grunn av den sirkelformede hoveddelen og med tanke på solbelastning antas det mest hensiktsmessig å dele bygget inn i sektorer. 5 sektorer ble valgt. Hver sektor betegnes ved hjelp av ordet ”Hoved” eller ”Topp”, og et gradtall. ”Alle glassfasadene merket Hoved” indikerer at det er en glassfasade som strekker seg over 1. og 2. etasje i den sirkelformede delen av bygningen. ”Topp” er de vinduene som utgjør veggarealet på de vertikalt stilte takvinduene. Gradtallet indikerer himmelretningen normalen på det midterste punktet på fasaden vender mot. For fasadeinndeling se Vedlegg C.

Den østvendte fasaden til ”tilbygget” har kun små glassarealer. Sammenlignet med de andre fasadene antas denne å ha marginal innvirkning på bygningens energibruk, derfor er den ikke tatt hensyn til.

Bilde 6-3 viser hvordan glassfasadene som inngår i ”Hoved” i 2. etasje ser ut fra

innsiden:



Bilde 6-3 Glassfasadene sett innenfra i basene i 2.etasje

Standardverdier for terrengskjermingskoeffisienter (Standard Norge 2007c: Tillegg A) er ikke brukt slik ble beskrevet i Kapittel 4.4 da *EiB* bruker andre parametere for bygningens beliggenhet i terrenget.

6.3.2.1 Yttervegger mot friluft

Areal:

2422,5 m². Alle vegger grenser mot friluft. For beregning av areal se Vedlegg E: Tabell E-1.

Konstruksjon:

U-verdi: 0,17 W/m²K, varmekapasitet: 4,0 Wh/m²K. Det er brukt 250mm tykke prefabrikkerte elementer i tillegg til luftet kledning. Egendefinerte verdier er valgt i tråd med oppgitte verdier fra produktbrosjyre (Svensk Byggtjänst 2005).

Kuldebro:

Tabell 6-3 oversikt over vurderte kuldebroer etter befaring (Vedlegg E: Tabell E-1 og E-2, Reinertsen Anlegg 2006b):

Hvor	Varmeledningsevne (W/mK)	Lengde ^{††} (m)
Tilslutning mellom yttervegg, randdrager og betonggulv	0,2	241,3
Tilslutning mellom yttervegg og dekke, 2.etg.	0,1	241,3
Inputverdier EiB	0,15	482,6

Tabell 6-3 Kuldebroer i tilknytning til yttervegg

6.3.2.2 Tak

Som Bilde 6-2 viser, ligger det tre ”bokser” (som inneholder 3 av ventilasjonsaggregatene) på taket. Disse ses imidlertid bort ifra under disse beregningene. Alt tak som dekker himling i 2.etasje behandles som om at det vender mot friluft.

Areal:

2921 m², som er satt lik oppvarmet areal for 1.etasje og tekniske arealer, se Vedlegg D.

Konstruksjon:

U-verdi: 0,12 W/m²K, varmekapasitet: 4,0 Wh/m²K. Det er brukt 400mm tykke prefabrikerte elementer. Egendefinerte verdier er valgt i tråd med oppgitte verdier fra produktbrosjyre (Svensk Byggj n st 2005). Bilde 6-4 viser taket i forsamlingsalen sett innenfra:

^{††} Lengde er summen av lengde yttervegger for hoveddel og tilbygg, se Vedlegg E: Tabell E-2



Bilde 6-4 "Torget" sett innenfra.

Tabell 6-4 viser antatte kuldebroer i forbindelse med tak:

Hvor	Varmeledningsevne (W/mK)	Lengde ^{##}
Tilslutning mellom yttervegger og tak	0,1	241,3

Tabell 6-4 Kuldebroer i forbindelse med tak

6.3.2.3 Gulv på grunn

Størrelse:

- Gulvareal: 2792,2 m²
- Tykkelse grunnmur: 0,3 meter
- Lengde ytterkant: 203,4 m. Se Vedlegg F.

Grunnforhold:

Leire, som gir en varmekapasitet på 833 Wh/m³K og en varmledningsevne på 1,4 W/mK og en varmekapasitet på 556 Wh/m³K (Praogrambyggerne 2005).

^{##} Lengde er summen av lengde yttervegger for hoveddel og tilbygg, se Vedlegg E: Tabell E-2

Konstruksjon:

Gulvet er inndelt i tre ulike områder med ulik konstruksjon, som vist i Tabell 6-5:

Område konstruksjon	Bestående av	U-verdi (W/m^2K)
Fra yttervegg og 4 meter innover	Påstøp, isopor, hulldekke, lecablokker, puk	0,10
Fra 4 til 6 meter innover	Påstøp, isopor, hulldekke, lecablokker, puk	0,15
Fra 6 til sentrum	Påstøp, isopor, hulldekke, lecablokker, puk	0,13

Tabell 6-5 U-verdier for områder i gulvkonstruksjonen

Gjennomsnittlig U-verdi ble beregnet til $0,13 W/m^2K$ (Vedlegg F). Varmekapasitet ble antatt å være $44 Wh/m^2K$ (Programbyggerne 2005).

6.3.2.4 Glassfasader ”Hoved”

Bilde 6-5 viser fasade mot sørøst:



Bilde 6-5 Fasade mot sørøst

Følgende inndata er likt for alle ”Hoved”-elementer:

- Bredde/høyde: 1,7/3,0 m
- Vindustype: 2-lagsvinduer med aluminiumskarm. U-verdi gitt på tilhørende datablad: $1,1 W/m^2K$. Soltransmisjonsfaktor og glass/rammefaktor satt til

- henholdsvis 0,5 og 0,95. Vinduer med liten andel areal dekt av karmen.
- Orientering: er gitt av navnet på hver fasade
 - Solavskjerming: ingen, avskjermingsfaktor settes til 1.

Inndataene ”Innsetningsdybde” og ”Horisont” varierer for de ulike fasadene og beskrives derfor separat:

- Innsetningsdybde:
 - ”Hoved 160°: Sørøst”; 5 cm. 2 av 6 vinduer sitter 100 cm inn i vegglivet, derfor beregnes innsetningsdybden på følgende måte:
 $(0,33*100\text{cm})+(0,66*5\text{cm})= 36,3 \text{ cm}$
 - ”Hoved 180°:Sør”; 5 cm. 6 av 24 vinduer sitter 100 cm inn i vegglivet, derfor beregnes innsetningsdybden på følgende måte: $(0,25*100\text{cm})+(0,75*5\text{cm})= 28,75 \text{ cm}$
 - ”Hoved 240°: Sørvest”; De 12 vinduene i 1.etasje sitter 80 cm inn i vegglivet, mens de 12 resterende i 2.etasje sitter 5 cm inn i vegglivet, derfor benyttes gjennomsnittsverdien 42,5 cm
 - ”Hoved 270°: Vest”; 18 av 24 vinduer sitter 100 cm inn i vegglivet, mens de 6 resterende sitter 5 cm inn i vegglivet. Gjennomsnittsverdi for innsetningsdybde beregnes da på følgende måte: $(0,75*100\text{cm})+(0,25*5\text{cm})=76,25 \text{ cm}$
 - ”Hoved 315°: Nordvest”; 12 av 24 vinduer sitter 100 cm inn i vegglivet, mens de 12 resterende sitter 5 cm inn i vegglivet. Gjennomsnittsverdi for innsetningsdybde blir da 52,25 cm
- Horisont: Gjennomsnittlig vinkelhøyde fra horisontalplanet ut av vinduet og opp til horisonten i de horisontalt oppdelte sektorene 0-45°, 45-90°, 90-135° og 135-180°. Bygningen ligger fritt i terrenget, men verdiene varierer for de ulike fasadene, og beskrives som følger:
 - ”Hoved 160°: Sørøst”; Noe av horisonten dekkes av utspring på hovedbygg og overbygd uteareal fra idrettsbygg. Innverdier blir derfor 25°, 20°, 6° og 15°
 - ”Hoved 180°:Sør”; Innstråling hindres i liten grad. Innverdi blir anslått til 6° i alle sektorer

- ”Hoved 240°: Sørvest”; Innstråling hindres i liten grad. Innverdi blir anslått til 6° i alle sektorer
- ”Hoved 270°: Vest”; Innstråling hindres i liten grad. Innverdi blir anslått til 6° i alle sektorer
- ”Hoved 315°: Nordvest”; Innstråling hindres i liten grad. Innverdi blir anslått til 6° i alle sektorer

6.3.2.5 Glassfasade ”Topp”

Følgende inndata er likt for alle ”Topp”-elementer:

- Bredde/høyde: 1,0/1,0 m
- Innsettingsdybde: 5 cm inn i vegglivet
- Vindustype: 2-lagsvinduer med aluminiumskarm. U-verdi gitt på tilhørende datablad: 1,1 W/m²K. Soltransmisjonsfaktor og glass/rammefaktor satt til henholdsvis 0,5 og 0,95. Vinduer med liten andel areal dekt av karmen.
- Orientering: er gitt av navnet på hver fasade
- Solavskjerming: ingen, avskjermingsfaktor settes til 1.
- Horisont: bygningen står fritt i terrenget og innstråling hindres i liten grad av terrenget. gjennomsnittlig vinkelhøyde fra horisontalplanet ut av vinduet og opp til horisonten settes derfor til 5° i de 4 horisontalt oppdelte sektorene 0-45°, 45-90°, 90-135° og 135-180°.

Inndataene for ”Antall” varierer for de ulike fasadene og beskrives derfor separat:

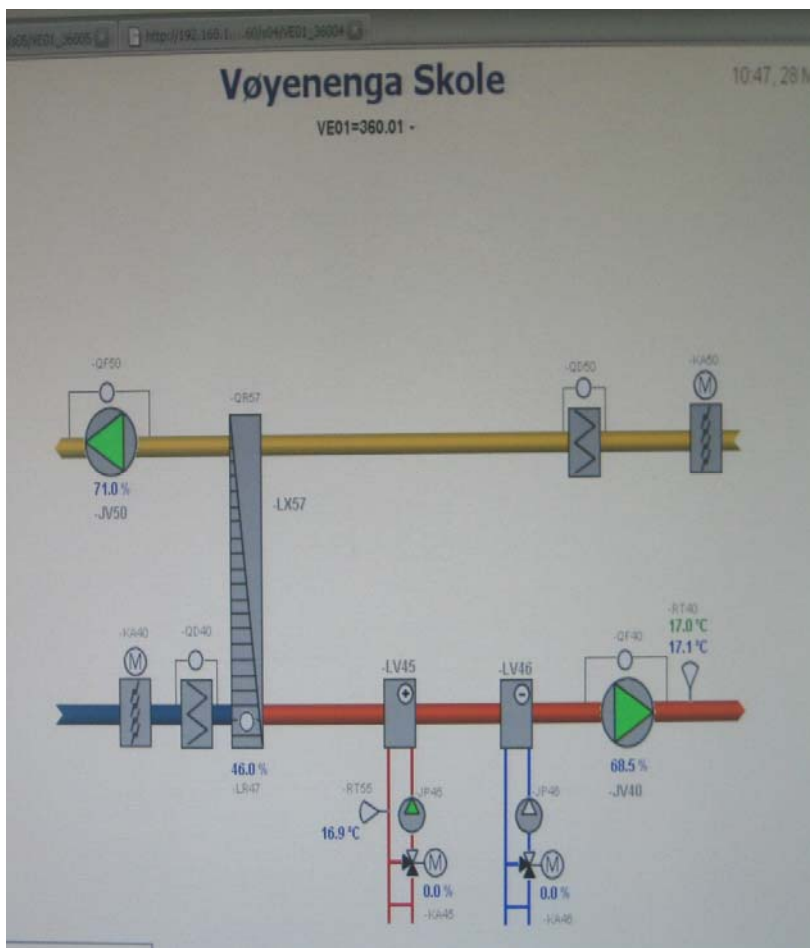
- ”Topp 160°: Sørøst”; 6 stk
- ”Topp 180°: Sør”; 6 stk
- ”Topp 240°: Sørvest”; 12 stk
- ”Topp 270°: Vest”; 12 stk
- ”Topp 315°: Nordvest”; 12 stk

6.3.3 Ventilasjon

Det er valgt en VAV-løsning med desentraliserte luftbehandlingsanlegg for å ivareta ulike driftssituasjoner, samt for å minimere areal til kanalføringer. Det er til sammen 4

ventilasjonsaggregater som forsyner skolebygningen. 3 av aggregatrommene er plassert over hver sin base mens et aggregat ligger i tilknytning til teknisk sentral. På Bilde 6-2 ses de tre rommene på taket. Under befaring observerte man at inntaksrister i størst mulig utstrekning er plassert mot nord. Dette gjøres fordi man ønsker å holde inntakstemperaturer på et lavest mulig nivå.

De 4 aggregatene er tilnærmet identiske og er levert med ferdig internt koblet automatikk inklusivt frekvensomformere. Hvert aggregat er utstyrt med roterende varmeveksler, varmtvannsbatteri og kjølevannsbatteri. Viftene er direktdrevne kammervifter og er valgt med tanke på ønske om lavt lydnivå og lav SFP ved prosjekterte driftsforhold (Gunnar Karlsen AS 2004). Inspeksjon av varmeveksler og viftekomre er mulig via ko-oyer. Bilde av systemskisse for et av aggregatene vises på Bilde 6-6:



Bilde 6-6 Systemskisse av ventilasjonsaggregat 36.01, avfotografert fra SD-anleggets styringssentral

Ventilasjonsaggregatene er tilkoblet SD-anlegget. VAV-spjeldene styres av målt CO²-innhold, lufttemperatur og tilstedeværelse. Dette skjer via målere montert som vist på Bilde 6-7:



Bilde 6-7 Plassering av følere i baser

Den parameteren som først overskrider innstilt grenseverdi gjør at VAV-spjeld åpnes eller lukkes, dermed påvirkes trykket i kanalnettet. Trykkmåler montert i hovedkanal i teknisk rom registrerer endringen og endrer viftetallet slik at luftmengden tilpasses (Farstadvoll 30.05.2007).

Det er benyttet fortrenningsventilasjon i auditorier og forsamlingsal og omrøringsventilasjon i basene i begge etasjer (Hjemmebaser og Base 1, 2 og 3 i Vedlegg D). Avtrekk skjer via kontrollventiler eller rister ved tak. Det er utstrakt gjenbruk av luft. I 2.etasje sendes hovedandelen av luftmengden først inn i basene, deretter føres den over i forsamlingsalen før den til slutt trekkes ut.

Tekniske spesifikasjoner for ventilasjonsaggregatene er vist i Vedlegg G, og gir grunnlag for følgende inndata:

- Driftstid: 10 timer, 06.00-16.00 (Standard Norge 2007c: Tillegg A). Reelt vil skolebygget være i bruk 07.00-16.00 mandag til fredag. Reelt er det også forutsatt kveldsaktiviteter 3 dager i uken i tidsrommet 16.00-22.00. Dette tilsvarer en driftstid på 63 timer, som utgjør et gjennomsnitt på 12,6 timer per ukedag (Gunnar Karlsen AS 2004). Siden bygget er i sitt første driftsår går ventilasjonsanlegget foreløpig hele døgnet for å fjerne emisjoner fra materialer. Etter at første driftsår er over er det meningen at ingen luft tilføres via ventilasjonsaggregatene utenfor driftstid.
- Luftmengder: Maksimum 57 700 m³/h (Vedlegg G), Gunnar Karlsen AS 2006a). Minimum settes til 20 % av maksimumsverdi (Standard Norge 2007c: Tillegg B), som tilsvarer 11 540 m³/h. Maksimum luftmengde tilsvarer 11,3 m³/(m²h), som ligger under veiledende i driftstiden på 16 m³/(m²h) (Standard Norge 2007c: Tillegg B). Dette kan skyldes at man har ønsket å unngå å overdimensjonere ventilasjonsaggregatene, slik det lenge har vært vanlig. Den lave verdien kan også skyldes utstrakt gjenbruk av luft. Det er også usikkert hvorvidt veiledende luftmengder i *prNS 3031* (Standard Norge 2007c) tar hensyn til at regulering via SD-anlegg kan fordele luftmengder på en mer effektiv måte enn før.
- Luftmengderegulering: Luftmengde reguleres etter målt CO²-innhold i lufta, romtemperatur og tilstedeværelse. Ønsket romtemperatur er 21 °C. *EiB* er programmert til å anta at så lenge romtemperatur er lavere enn ønsket temperatur så vil anlegget kjøre på minimum luftmengde. Hvis romtemperaturen overstiger ønsket temperatur vil luftmengdene økes slik at romtemperaturen holdes på ønsket temperatur forutsatt at anleggets kapasitet er stor nok (Programbyggerne 2005). Luftmengdene på Vøyenenga styres av CO₂, temperatur og tilstedeværelse, noe *EiB* ikke tar høyde for.
- SFP- faktor vifter: maksimum luftmengde gir 2,3 kW/m³/s (Vedlegg G, Gunnar Karlsen AS 2006a). Verdi for minimum luftmengde anslås til 1,0 kW/m³/s (Standard Norge 2007c: Tillegg B)
- Normal tillufts-temperatur: 17 °C. Antar at tilstrebet tillufts-temperatur er 17 °C

- hele året.
- Kjølebatteri: maksimal levert effekt: 257 700 W (Vedlegg G). Dette er summert verdi for oppgitte kjøleeffekter (Gunnar Karlsen AS 2006a) for de fire ventilasjonsaggregatene. Det er viktig å merke seg at behovet for at alle kjølebatteriene avgir maksimal effekt på samme tid inntre svært sjelden. En slik situasjon kan være hvis man har høy internlast i norddelen av bygget samtidig med solinnstråling fra sør. Kjølefaktor anslås til 3,5 i henhold til *prNS 3031* (Standard Norge 2007c: Tillegg B). Virkningsgrad kjøleflater anslås til 0,8 (Programbyggerne 2005)
 - Varmebatteri: krysser av for at det er tilkoblet annet energikilde enn el fordi det er koblet opp mot varmesentralen. Overføringsvirkningsgrad (her tolket som distribusjonsvirkningsgrad) settes til 0,95 (Wigenstad et al. 2005)
 - Vifter: Setter temperaturøkning grunnet vifter til 1 °C. Tilluftsvifter og avtrekksvifter er plassert etter varmeveksler.
 - Varmevekslerne er av type roterende og har en gjennomsnittlig virkningsgrad på 0,80 (Vedlegg G). Da er det tatt hensyn til at virkningsgrad for hvert aggregat varierer med utetemperatur i tillegg til at aggregatenes beregnede årsvirkningsgrad er vektet med hensyn på andel av total luftmengde for hvert aggregat.

6.3.4 Driftsstrategi

Forhåndsdefinert driftsstrategi for ”Grunnskole/videregående skole” ble valgt.

6.3.5 Elektrisitet

- Årlig fastbeløp: 5000 kr (Hafslund 2006).
- Energipris vinter/sommer: 0,80/0,73 kr/kWh (Hafslund 2006). Vinterpris gjelder for månedene november til og med mars, ellers gjelder sommerpris
- Utslipp: 348 g CO₂/kWh_{el} (Wigenstad et al. 2005)

6.3.6 Innetemperatur

Inndata for settpunkt-temperaturer er satt til 21/19 °C i /utenfor driftstiden (Standard Norge 2007c: Tillegg A). Start senking/heving er settes til 16.00/05.00 i perioden

desember-februar, 16.00/06.00 ellers.

6.3.7 Internlaster

Belysning:

Det er brukt kraftige lamper i basene, se Bilde 6-7. Hvert hovedrom i basene er utstyrt med 14 stk, hver på 400 W. I fellesområdene er det brukt sparepærer. Sensorer registrerer tilstedeværelse i basene. Hvis det ikke er registrert bevegelse i rommet på 120 minutter, sendes slokkepuls fra SD-anlegget.

- Driftstid: 10 timer, 07.00-17.00 (Standard Norge 2007c: Tillegg A). Reelt vil deler av byggets belysning også være påslått på kveldstid
- I driftstiden: antar en gjennomsnittlig effekt på 10 W/m^2 (Standard Norge 2007c: Tillegg A), noe som tilsvarer 50 990 W. Bygget har et beskjedent utebelysningsanlegg, derfor settes varmetilskudd til 95 %.
- Utenom driftstiden: anslår gjennomsnittlig effekt på 15 000 W, dette fordi SD-anleggets lysstyring ikke dekker alle kurser. Varmetilskudd settes til 90 % fordi andel innebelysning er lavere enn i driftstiden.
- Installert belysningseffekt: 66 278 W, som tilsvarer typisk maksimal effekt på 13 W/m^2 (Programbyggerne 2005)

Teknisk utstyr:

- Driftstid: 10 timer per ukedag, 07.00-17.00
- I driftstiden: antar en gjennomsnittlig effekt på $5,9 \text{ W/m}^2$ (Standard Norge 2007c: Tillegg A), som tilsvarer 30 084 W. Varmetilskudd anslås til 90 % (Programbyggerne 2005).
- Utenom driftstiden: gjennomsnittlig effekt anslås til 30 % av effekt i driftstiden; 9025 W. Varmetilskudd som i driftstiden, det vil si 90 %.
- Installert effekt teknisk utstyr: tar utgangspunkt i en maksimal effekt på $8,5 \text{ W/m}^2$, derfor settes installert effekt til 43 341 W. Typisk maksimalverdi oppgitt i brukermanual (Programbyggerne 2005) ligger på 4 W/m^2 , og antas for lav til å gjenspeile reell verdi

Personer:

prNS 3031 (Standard Norge 2007c: Tillegg A) oppgir $11,8 \text{ W/m}^2$ som gjennomsnittlig

varmetilskudd fra personer i driftstiden. For å få brukt denne verdien som inndata i *EiB* må den regnes om. *EiB* opererer med parametrene antall personer i og utenfor driftstiden samt varmetilskudd per person. Hvis man antar varmeavgivelse per person på 100 W/m^2 (Programbyggerne 2005), kan man gjøre følgende overslag:

$$\text{Antall personer} = (11,8 \text{ W/m}^2 * 5099 \text{ m}^2) / 100 \text{ W/pers} = 600 \text{ personer.}$$

Inndata blir som følger:

- Arbeidstid: 10 timer per ukedag, 07.00-17.00.
- Antall personer i/utenfor arbeidstiden: 600/0
- Varmetilskudd per person: 100 W/pers (Programbyggerne 2005), verdi for person som gjør sittende/stående arbeid. Siden ungdomsskoleelever kan være svært aktive, og dermed avgi mye varme, er det mulig at verdi for varmetilskudd egentlig er høyere slik at verdi på inndata for antall elever synker. Disse variasjonene i input vil uansett gi samme totale internbelastning.

Reelt er bygningen dimensjonert for 450 elever i tillegg til en stab på 55 voksne (Bærum Kommune 2004). Det er også disse tallene det er tatt utgangspunkt i ved blant annet beregning av luftmengder i ventilasjonsanlegget. Ved befaring i mars 2007 var imidlertid kun 150 elever foreløpig flyttet inn i det nye skolebygget.

Det er viktig å merke seg at selv om bygningen er beregnet for 450 elever, vil det sjelden være 450 elever tilstede i bygningen. Klassene tilbringer også tid i idrettsbygget, utearealer og på ekskursjoner. I tillegg vil det alltid være elever som av ulike årsaker er borte fra skolen. Når det gjelder ansatte, vil det reelt være slik at for eksempel vaktmester, tilsynsvakt og renholdspersonale i praksis ikke tilbringer 5 fulle dager i uken inne i bygningen.

Inndataene som kom frem av standardiserte verdier avviker en del fra det bygningen er dimensjonert for. Dette kan skyldes flere årsaker: antatt varmetilskudd per person er for lavt, at bygningen er overdimensjonert i forhold til bruk, og lignende. Et enkelt overslag der varmetilskudd per person settes til 120 istedenfor 100 W/person , gir 500 personer,

noe som ikke er langt fra prosjektert verdi.

Vannoppvarming:

- På driftsdager: 2 W/m^2 ^{§§} (Programbyggerne 2005), som tilsvarer 10 198 W. Det meste av varmetilskuddet fra tappevannsoppvarmingen antas å gå direkte i avløpet (Programbyggerne 2005), derfor settes interntilskudd fra vannoppvarming lik 10 %
- På ferie/helgedager: snitteffekt antas å ligge på 20 % av effekt på driftsdager, i dette tilfellet 2 040 W. Varmetilskudd settes til 10 %.
- Overføringsvirkningsgrad: 0,95 (Wigenstad et al. 2005)

Varmepumpeanlegget og en oljekjel dekker oppvarming av vann til romoppvarming, varmt tappevann og varmebatteri i ventilasjonsaggregater. Under befaring ble det observert at føringsveier for vann er godt isolert.

6.3.8 Energikilder

Denne posten i EiB er ment å beskrive hvordan effektbehovet til romoppvarming, varmebatterier (ventilasjonsanlegg) og tappevann dekkes.

Varmeanlegget er energifleksibelt og består av et varmepumpeanlegg og en oljekjel. Varmeanlegget dekker oppvarming av tappevann, vann til varmebatterier i ventilasjonsanlegg og vannbåren romoppvarming. Oljekjelen fungerer som spisslast. Turvannstemperaturen er utekompensert og systemet er mengderegulert. I 1. etasje er det, med unntak av noen få rom, montert gulvvarme. I de resterende arealer er det montert radiatorer.

Systemskisse for varmeanlegget på Vøyenenga ungdomsskole er vist i Vedlegg H.1. Varmepumpen tar opp varme fra en lukket glykolkrets som henter energi fra jordvarme via 16 skråstilte borehull (Gunnar Karlsen AS 2004), hver på 190 meter. Glykolen i den lukkede kretsen kommer opp fra grunnen hvorav noe nyttiggjøres i ventilasjonsaggregatens kjølekrets (350.01) hvis det er behov for det. Hovedandelen av

^{§§} Felt er åpent i prNS 3031 (Standard Norge 2007c: Tillegg A). I eldre versjon av NS 3031 (Standard Norge 1987) er disse verdier ikke beskrevet

væsken utnyttes av varmpumpens fordampere (platevarmevekslere). Energien kuldemediet tar opp i fordampere avgis til vannet som går igjennom kondensatorene. Vannet som har fått tilført varme via varmpumpens kondensatorer går via en akkumulatortank og videre til eventuell ettervarming i oljekjel. Vannet går deretter videre til kurser for forbruksvann (310.01 og 02), varmebatteri i ventilasjonsaggregater og gulvvarme- og radiatorkurser (Vedlegg H.2, Gunnar Karlsen AS 2006b).

Varmeanlegget forsyner både skolebygget og idrettsbygget. Maksimal levert effekt for energibruk i skolebygningen skal oppgis for varmpumpen og oljekjelen. Trass i befarings, korrespondanse med vaktmester og samtaler med prosjekterende av SD-anlegg har man ikke lyktes i å få tak i sikre verdier for varmeanleggets maksimale leverte effekt for skolebygningen. Alternativ tilnærming ble da å søke etter norm-verdier for effektbruk i henholdsvis skolebygninger og idrettsbygg. Etter søk på nettet, samtaler med fagpersonell på NTNU og energirådgiver hos Enova (Gjerstad 2007) ble det klart at det ikke finnes publisert statistikk angående effektforbruk i idrettsbygg.

Det ble besluttet å bruke veiledende verdier i *NS 3032* (Standard Norge 1987), selv om nevnte standard er gammel og snart delvis vil bli erstattet av ny utgave av *NS 3031* (Standard Norge 2007c). Tabell 6-6 viser grunnlag for beregning av fordeling av netto effektbehov:

Bygg	Skolebygning	Idrettsbygg	Sum
Oppvarmet areal (m ²)	5099	895	5994
Samtidig effektbehov (W/m ²) ^{***}	50	60	110
Estimert effektbehov (W)	254950	53700	308650
Andel effektbehov	0.83	0.17	1.00

Tabell 6-6 Beregning av antatt fordeling av netto effektbehov for skolebygningen og idrettsbygningen

Ved angivelse av maksimal levert effekt i Kapittel 6.3.8.1 og 6.3.8.2 er de oppgitte effektene multiplisert med 0,83 for at de kun skal gjenspeile effektbehov i skolebygget.

Kommentar til antakelser:

*** NS 3032 (Standard Norge 1987: Tillegg A)

- Det er ikke nødvendigvis slik at effekttoppene for skolebygget og idrettsbygget inntreffer samtidig og at oppgitt maksimal effekt for varmeanlegget ikke nødvendigvis er summen av de to byggenes effekttopper. Dermed er det en forenkling å tilskrive henholdsvis 83 og 17 % av varmeanleggets effektbehov til skolebygningen og idrettsbygget.

6.3.8.1 Varmepumpe

Varmepumpen består av 3 kuldemediekretser (kompressoraggregater), som har hver sin semihermetiske stempelkompressor, kondensator og fordamper (York Kulde AS 2006). Kuldemedium er R-134a. Bilde 6-8 viser bilde av kompressorene tatt på befaring i teknisk rom 27.mars 2007.



Bilde 6-8 Fotografi av de 3 kompressoraggregatene.

Varmepumpen er dimensjonert for å dekke 30 % av effektbehovet, noe som tilsvarer 85 % av bygningens energibehov (Gunnar Karlsen AS 2004). Dimensjonerende varmeeffekt er 185 kW ved temperaturene 45/55 °C inn/ut på varm side og -2/-5 inn/ut på kald side. Ved denne tilstanden skal kompressoreffekten være 53,9 kW (Gunnar Karlsen AS 2004)

- Prioritet: 1. Varmepumpen dekker grunnlasten
- Varmeavgivelse: varmen avgis via vannbårent distribusjonssystem.
- Maksimal effekt: 131 140 W, som er 83 % av 158 000 W (Gunnar Karlsen AS 2006b, York Kulde AS 2005), oppgitt som maksimal levert effekt for varmepumpa
- Virkningsgrad (varmefaktor): 2,9 (York Kulde AS 2005) Elektrisk behov til sirkulasjonspumper i forbindelse med sirkulasjon av kjølemediet skal inngå, mens

elektrisk behov til sirkulasjonspumper for det vannbårne distribusjonssystemet ikke skal innlemmes i denne verdien.

- Energibærer/kilde: elektrisitet
- Utslipp: 348 g CO₂/kWh_{el} (Wigenstad et al. 2005). Antar at lekkasje av kuldemedium fra systemet og ut i omgivelser ikke forekommer.
- Distribusjonssystem: i anlegg for vannbåren varme vil noe av energien fra varmen i rørene tilføres for eksempel kulverter, sjakter, som er rom som ikke trenger oppvaring. Varmetapet er likevel relativt lite. Overføringsvirkningsgrad (distribusjonsvirkningsgrad) settes her til 0,95, i tråd med anbefalinger fra Sintef (Wigenstad et al. 2005). Effekt pumper settes til 1000 W (Programbyggerne 2005)

6.3.8.2 Oljekjel

Oljekjelen er på 7000 liter og er spisslast for hele oppvarmingssystemet.

- Prioritet: 2. Oljekjelen fungerer som spisslast for varmepumpen i de kaldeste periodene av året.
- Varmeavgivelse: varmen avgis via vannbårent distribusjonssystem.
- Maksimal effekt: 402 550 W, som er 83 % av oppgitt maksimal effekt; 485 000 W (Kristiansen 2007) Under befaring la man merke til at angitt verdi på oljekjelens datablad var 540 kW. Her velges det imidlertid å ta utgangspunkt i tall fra hovedprosjektør av VVS-anlegget (Kristiansen 2007).
- Virkningsgrad: 0,85 (Kristiansen 2007)
- Energitype/pris: 0,46 kr/kWh (Kristiansen 2007)
- Utslipp: standardverdier i EiB for lettolje: 269 g/kWh CO₂, 0,42 g/kWh SO₂, 0,25 g/kWh NO_x, 0,02 g/kWh støv/partikler
- Distribusjonssystem: disse verdiene er ”låste” til de verdiene man oppgir ved første energikilde

6.4 Resultater

Et utvalg resultater fra simuleringer er gitt i Vedlegg I og på vedlagt CD.

Ved simuleringer av vinterdøgn (Vedlegg I.3) oppgir *EiB* at man får et effektgap på det

tidspunktet man har angitt start heving av innetemperatur om morgenen. Hvis man skal beholde nattesenkning slik *NS 3031* (Standard Norge 2007c: Tillegg K) angir, må maksimal effekt settes til en uendelig høy verdi, noe som ikke gjenspeiler reelle forhold. Samtidig økes netto energibehov, men ikke vesentlig. Alle simuleringer kan kjøres på vanlig måte selv om man får en slik melding, det ble derfor besluttet å kjøre alle planlagte simuleringer trass i feilmeldig.

Beregnete verdier for vektet tilført energi og spesifikk varmetapskoeffisient vil bli presentert. Det ble vurdert å oppgi beregnede årlige utslipp men inndataene antas å være for upresise, derfor utgår en slik presentasjon.

6.4.1 Beregnet vektet tilført energi - primærmerket

Tabell 6-7 viser brutto energibehov fordelt på energikilder (Vedlegg I):

Energibærer/kilde	Brutto energibehov (kWh/m ²)	Vektingsfaktor	Vektet tilført energi (kWh/m ²)
Elektisitet	108	1.00	108
Olje	13	1.00	13
Gass		0.60	
Fjernvarme		0.55	
Bio		0.35	
SUM			121

Tabell 6-7 Vekting av beregnet brutto energiforbruk

6.4.2 Spesifikk varmetapskoeffisient- sekundærmerket

Bygningens varmetap er beregnet til 1633 W/K (Vedlegg I.1), noe som tilsvarer en varmetapskoeffisient på 0,32 W/m²K.

6.4.3 Tildelte energiklasser

Tildeling av energiklasser skjer i henhold til Kapittel 3.2 og resultater fra simuleringer (Vedlegg I), og er presentert i Tabell 6-8:

Merke	Ytelsesindikator	Verdi	Energiklasse for skolebygg
Primær	Vektet tilført energi	121 kWh/m ²	C: 101-130 kWh/m²
Sekundær	Spesifikk varmetapskoeffisient	0.32 W/m ² K	A: ≤ 0.60 W/m²K

Tabell 6-8 Tildelte energiklasser Vøyenenga Ungdomsskole

Verdi for vektet tilført energi ligger i nedre sjikt av C-klassen, noe som minst burde kunne oppnås for et nybygg med grunnlast dekt av varmepumpe. Spesifikk varmetapskoeffisient ligger godt innenfor klasse A. Vøyenenga Ungdomsskole er riktignok et nybygg, men bygningen har store glassfasader som gjør at en så lav varmetapskoeffisient er overraskende. Resultatene vil bli kommentert nærmere i kapittel 8.

6.4.4 Målt tilført energi over flere år

Siden Vøyenenga Ungdomsskole er et nybygg finnes ikke slike data.

6.5 Tiltaksliste

Ifølge NVE (Wigenstad et al. 2005) utelates normalt utarbeidelse av tiltaksliste ved energiattestering av nybygg. Under befaring har det imidlertid blitt observert forhold som bør rettes opp umiddelbart:

- Temperaturmålere i basene, som vist på Bilde 6-9, er plassert omtrent 90 cm fra kraftige varmelamper. Målinger i ulike avstander fra varmelampene viste at varmen som avgis påvirker temperaturen i mer enn 90 centimeters radius fra lampene. Målt overflatetemperatur på veggen 150 cm fra lyskilde viste lavere temperatur enn hva man fikk ved målinger 90 cm fra lampe. Det foreslås at temperaturmåler flyttes i tilstrekkelig stor avstand fra varmelamper. Det har tidligere blitt avdekket at overflatetemperaturen på lampene er så høy at det kan skape brannfare ved oppsamling av støv. Problemet med den høye temperaturen på lampenes overflater skal allerede ha blitt løst ved at man har skiftet pærer.
- Som Bilde 6-9 viser, er det plassert en kabelbro under ventilasjonskanaler i basene. Det er lite sannsynlig at kabelbroene vil bli rengjort jevnlig, derfor anses

kabelbroene som støvsamlere, noe som kan bidra til dårlig inneklima. Ventilasjonsskanalene krever også jevnlig rengjøring slik forholdene er nå. Det foreslås at både kabler og ventilasjonsskanaler lukkes inne selv om det vil gi dårligere tilgjengelighet og kreve noe mer plass.



Bilde 6-9 Bilde tatt innenfra i basene. Viser temperaturmåler, lyskilde og hylle under ventilasjonssjakter

7 Kontorbygningen Lilleakerveien 2c

7.1 Innledende beskrivelse av bygning

Bilde 7-1 viser kontorbygningens fasade mot sør:



Bilde 7-1 Sørfasaden av kontorbygningen Lilleakerveien 2C

Bygget er et eldre næringsbygg bygd om til moderne kontorlokaler i 1998. Bygget er eid av Nordea, driftes av Driftskompaniet AS og har siden 1998 hatt ulike leietakere. 2. og 3. etasje har stått tomme en lang periode men vil i løpet av den nærmeste tiden bli fylt opp. Det tas derfor utgangspunkt i at alle etasjer er i bruk og at antall personer i hver etasje er i tråd med det bygningen er prosjektert for.

Bygningen består av 6 fulle etasjer og en "halv" toppetasje som til sammen utgjør et oppvarmet areal på 4093,2 m². Alle fasader vender mot friluft, med unntak av fasade mot øst, som grenser mot et annet kontorlokale. Dette kontorlokalet driftes separat og har

separate tekniske systemer. Det er dører mellom disse to del-byggene, men de er ikke åpne for gjennomgang.

1.etasje består av auditorium, kantine, dusjer, møterom og teknisk rom mens 2.-7.etasje inneholder kontorlokaler med toaletter og te-kjøkken. 1.etasje brukes ikke som fast oppholdssted for annet enn lunsj og for den ene personen som jobber heltid i kantina. Ansatte i etasjene lengre oppe i bygget og ansatte i bygningen som mot grenser mot denne, deler kantina. 2.-7.etasje er dimensjonert for omtrent 29 kontoransatte per etasje.

7.2 Forutsetninger

Bygningen er et kontorbygg med kantine og standard fasiliteter. Bygningen vil derfor tildeles et merke basert på verdier for kategorien ”kontorbygg”.

Ifølge Tabell 4-1 anbefales det å bruke en dynamisk metode. Det er valgt å bruke beregningsverktøyet *Energi i Bygninger 3.5* (Programbyggerne 2005), som benytter en simuleringsmodell med intervaller på en time. Dynamisk metode er derfor brukt.

Informasjon er innhentet på følgende måter:

- befaringer 6. og 27. mars på til sammen 7 timer
- søk etter informasjon på intranettet til Reinertsen Engineering AS, som er leietagere i bygningen
- kontakt med driftsansvarlig
- kontakt med strømleverandør Hafslund
- kontakt med de av byggets brukere som er involvert i EOS-oppfølging

Tabell 7-1 viser reelt medgått tid ved energiattestering av kontorbygningen Lilleakerveien 2c:

Handling	Reell medgått tid kontorbygningen Lilleakerveien 2c (timer)
Innhenting av info, klarere tilgang	25
Befaring	7
Innmating og simulering i EiB	30
Tolkning av resultater	17
Totalt	79

Tabell 7-1 Planlagt tidsbruk for energiattestering av kontorbygningen Lilleakerveien 2C

Sammenligning mellom antatt og faktisk tidsbruk samt kommentarer til de ulike postene vil bli diskutert i kapittel 8. I en enøkanalyse vil man normalt kun oppgi datoer for befaring. Annen form for beskrivelse av tidsbruk forekommer sjelden i andre sammenhenger enn ved fakturering av timer i forbindelse med betaling for utført oppdrag.

7.3 Tekniske data

7.3.1 Innledning

Bygningen er utstyrt med SD-anlegg som styrer ventilasjon og varmeanlegg. Ventilasjonssystemet består av to aggregater og har elektriske varme- og kjølebatterier. Varmelegget består av el-kolbe for oppvarming av tappevann og elektriske varmeovner for romoppvarming. I tillegg til kjøling via ventilasjon er det en egen isvannskrets som går via kjølebafler i himling. Byggets leietakere har tatt i bruk EOS og logger ukentlig innnetemperatur, utetemperatur og energiforbruk.

Videre gis en mer inngående beskrivelse av tekniske anlegg og inndataene som danner grunnlaget for beregninger.

7.3.2 Generelle bygningsdata

Oppvarmet gulvareal:

4093,2 m² (Vedlegg K: Tabell K-1). Tallet er basert på ”as built” plantegninger (Vedlegg J) og kontrolloppmålinger. Det antas at man skal kunne ta utgangspunkt i ”as built” plantegninger ved oppregning av arealer hvis pålitelige verdier for oppvarmet areal ikke er funnet. Manuell oppmåling vil være svært tidkrevende. Arealer som består av teknisk rom, rom for tekniske føringsveier og heissjakt regnes ikke som oppvarmet areal. Det er viktig å merke seg at beregnet tall for oppvarmet areal avviker fra areal oppgitt i *Arbeidsdokument: ENØK-RAPPORT FOR Lilleakerveien 2C* (Reinertsen Engineering 2006), som er 4350 m². Det lyktes ikke å finne kilden og kriterier for beregning av tallet oppgitt i nevnte dokument, derfor ble nye beregninger foretatt. Det var også uklart om oppgitt areal var totalt areal eller oppvarmet gulvareal.

Tabell 7-2 viser brutto oppvarmet areal for de ulike etasjene (Vedlegg K: Tabell K-1):

Etasje	Areal [m ²]	Typer rom
1	924,9	Auditorie, møterom, kantine, dusjer, teknisk rom
2	589,3	Kontorer, møterom, toaletter, te-kjøkken
3	589,3	Kontorer, møterom, toaletter, te-kjøkken
4	589,3	Kontorer, møterom, toaletter, te-kjøkken
5	554,0	Kontorer, møterom, toaletter, te-kjøkken
6	510,8	Kontorer, møterom, toaletter, te-kjøkken
7	335,7	Kontorer, møterom, toaletter, te-kjøkken
Sum	4093.2	

Tabell 7-2 Oversikt over de ulike etasjers areal og innhold

Oppvarmet luftvolum:

9951,5 m³ (Vedlegg K: Tabell K-2) Målt takhøyde i 1.etg. er 2,23 m, mens takhøyden i 2.-7.etg veksler mellom 2,23 og 2,75 m. Takhøyde i 1.etg. settes til 2,23 m mens for 2.-7.

antas 2,49 meter å være et representativt gjennomsnitt.

Varmekapasitet innredning/skillevægger:

10,0 Wh/m² K. Innervegger består av systemvegger (vegger som lett kan tas ut), glassfronter, murte lecavegger, murte teglvegger, gipsvegger og betong. Alternativet lett innredning og middels tunge skillekonstruksjoner ble valgt som inndata.

Infiltrasjon:

0,15 oms/h. Bygningen ligger på Lysaker i Oslo, 300 meter fra sjøen i et område med andre høye næringsbygg. Dette tilsvarer verdi for indre fjordstrøk med moderate vindforhold og moderat skjermingsgrad.

7.3.3 Bygningselementer

Bygningen står ikke helt parallelt med himmelretningene, men er vridd ca 15 grader med klokken. Dette betyr at det som her kalles fasade ”sør” egentlig vender sørvest. Det er ingen vinduer eller glassfasader på de fasadene som vender som vender mot ”vest” og ”øst”.

Inndata for følgende bygningselementer er lagt inn i EiB:

- yttervegger mot nord, sør og vest. Yttervegg mot øst vender mot et bygg med temperaturer tilsvarende gjeldende bygg, derfor antas utveksling av energi som minimal mellom de to byggene
- tak mot friluft
- vinduer og glassfasader: ”Vinduer” beskriver vinduene på hovedbygget, se Bilde 7-1. ”Glassfasade” henspeiler på glassbygget helt til venstre på den østre delen av bygget, se til høyre på Bilde 7-2:



Bilde 7-2 Bygningdelen som omtales som "Glassfasade" ses helt til høyre

Kuldebroverdier i henhold til *prNS 3031* er ikke brukt slik beskrevet i Kapittel 4.4 da det oppgis at disse kun skal brukes ved "en mer nøyaktig beregning av kuldebroer" (Standard Norge 2007c).

7.3.3.1 Yttervegger mot friluft

Areal:

2168,1 m² (Vedlegg L) Gjelder yttervegger mot nord, sør og vest.

Konstruksjon:

U-verdi: 0,22 W/m²K, varmekapasitet: 20,0 Wh/m²K. Ytterveggene inneholder bærekonstruksjon og er ellers bygd opp av utvendig gips på treregler med isolasjon og fuktspærre. Egendefinerte verdier er valgt. SINTEF (Wigenstad et al. 2005) har også brukt 0,22 W/m²K som normtall for kontorbygg ved utregning av varmetapstall.

Kuldebro:

Tabell 7-3 viser beregnet verdi (Vedlegg L: Tabell L-3, Byggforsk 1999) for bygningens kuldebroer:

Hvor	Kuldebroverdi (W/mK)	Lengde (m)
Tilslutning mellom yttervegg, grunnmur og golv	0,3	142,2
Etasjeskillere: 6 stk	0,1	511,2
Inputverdier EiB	0,14 (snittverdi)	653,4

Tabell 7-3 Antatte kuldebroverdier i tilknytning til yttervegg

7.3.3.2 Tak mot friluft

Areal:

620,3 m². Har brukt grunnflate som for 2. til 4.etasje (Vedlegg K). *EiB* tar ikke høyde for om taket ligger skrått eller horisontalt.

Konstruksjon:

Yttertak består av hulldekker med isolasjon og membrantetning (Reinertsen Engineering 2006). Konstruksjonen ”Standard takkonstruksjon” valgt. U-verdi: 0,15 W/m²K, varmekapasitet 7 Wh/mK. (Wigenstad et al. 2005).

Kuldebro:

Tabell 7-4 viser verdier for antatte kuldebroer i tilknytning til tak (Byggforsk 1999):

Hvor	Varmeledningsevne (W/mK)	Lengde (m)
Tilslutning mellom yttervegger og tak	0,15	96,6

Tabell 7-4 Antatte kuldebroer i tilknytning til tak

7.3.3.3 Gulv på grunn

Størrelse:

- Gulvareal: grunnareal er 1083 m² (Vedlegg K)
- Tykkelse grunnmur: 0,3 meter
- Lengde ytterkant: 142,2 m, som er summen av alle vegger i 1.etasje minus

østvendt del av grunnmur som ligger inntil nabobygningen. Beregnet i Vedlegg L.

Grunnforhold:

Sand, som har varmekapasitet $556 \text{ Wh/m}^3\text{K}$ og varmeledningsevne $1,5 \text{ W/mK}$
(Programbyggerne 2005)

Konstruksjon:

Bygget er plassert på en betongsåle. Standardverdi for gulv på grunn valgt: U-verdi $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ og varmekapasitet $7 \text{ Wh/m}^2\text{K}$ (Programbyggerne 2005)

Kantisolering:

Ingen ekstra kantisolering

7.3.3.4 Vinduer

”Vinduer” beskriver de to glassfasadene ”Vinduer nord” og ”Vinduer sør”. Følgende inndata er likt for alle ”Vinduer”-elementer:

- Bredde/høyde: $1,2/1,6 \text{ m}$
- Innsetningsdybde: 10 cm inn i vegglivet
- Vindustype: 2-lags vinduer med trekarm. U-verdi: $1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$, soltransmisjonsfaktor: $0,65$, glass/rammefaktor: $0,80$
- Solavskjerming: avskjermingsfaktor på $0,15$ for solrike dager og $0,25$ ellers. Reelt er det er montert manuelt styrte utvendige persienner på plan 1 til 6. I 7.plan er det utvendige automatisk styrte persienner.

Inndataene for ”Antall”, ”Orientering” og ”Horisont” varierer for de ulike fasadene og beskrives derfor separat:

- Antall:
 - ”Vinduer nord”; 79 stk
 - ”Vinduer sør”; 91 stk

- Orientering:
 - ”Vinduer nord”; nordøst, 15 grader
 - ”Vinduer sør”; sørvest, 195 grader
- Horisont:
 - ”Vinduer nord”; gjennomsnittlig vinkelhøyde fra horisontalplanet ut av vinduet og opp til horisonten settes til 70 da nordsiden av bygget er vendt mot en skråning og annen bebyggelse
 - ”Vinduer sør”; gjennomsnittlig vinkelhøyde fra horisontalplanet ut av vinduet og opp til horisonten settes til 5 da bygget ligger forholdsvis høyt i terrenget og uten høye bygg i retning sørvest.

7.3.3.5 Glassfasade ”nord”

”Glassfasader” beskriver de to glassfasadene ”Glassfasade nord” og ” Glassfasade sør”.

Følgende inndata er likt for alle ” Glassfasade”-elementer:

- Bredde/høyde: 3,6/2,9 m
- Antall: 5 på hver fasade
- Innsettingsdybde: 30 cm inn i vegglivet
- Vindustype: 2-lags vinduer med metallkarm. Antar U-verdi: $3 \text{ W/m}^2\text{K}$, soltransmisjonsfaktor: 0,75, glass/rammefaktor: 0,95 (Programbyggerne 2005). Dette er store glassarealer med lav andel areal til karmen
- Solavskjerming: ingen, avskjermingsfaktor settes til 1.

Inndataene for ”Orientering” og ”Horisont” varierer for de ulike fasadene og beskrives derfor separat:

- Orientering:
 - ”Glassfasade nord”; nordøst, 15 grader
 - ”Glassfasade sør”; sørvest, 195 grader
- Horisont: gjennomsnittlig vinkelhøyde fra horisontalplanet ut av vinduet
 - ”Glassfasade nord”; terrenget skrå oppover på denne siden. Gjennomsnittlig vinkelhøyde fra horisontalplanet ut av vinduet og opp til horisonten settes til

70

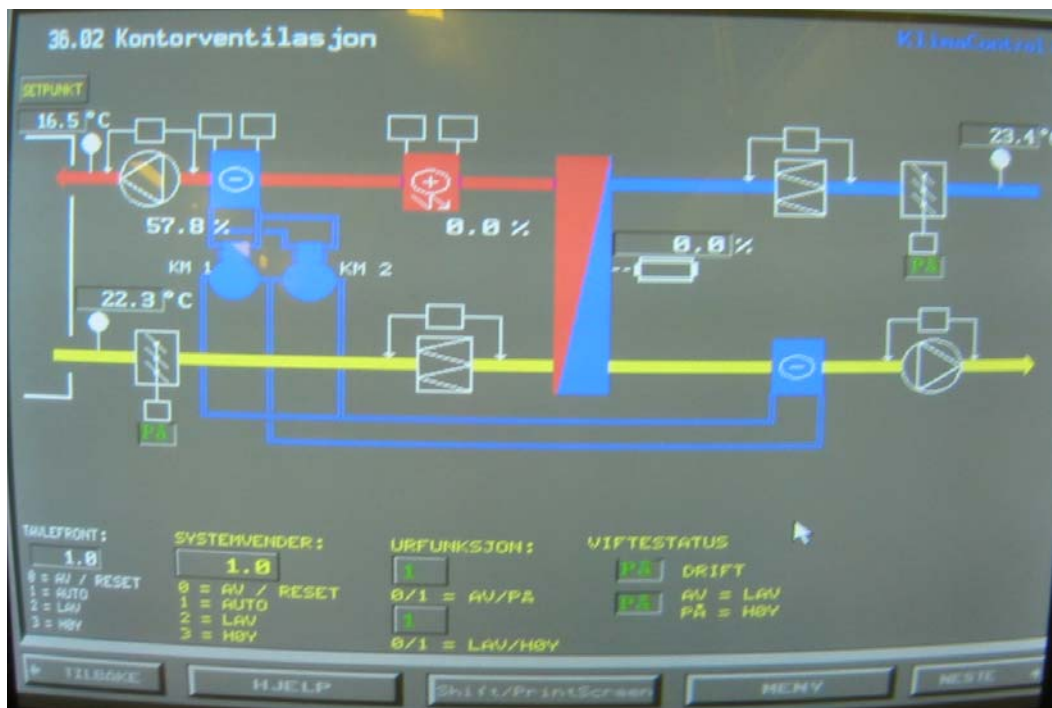
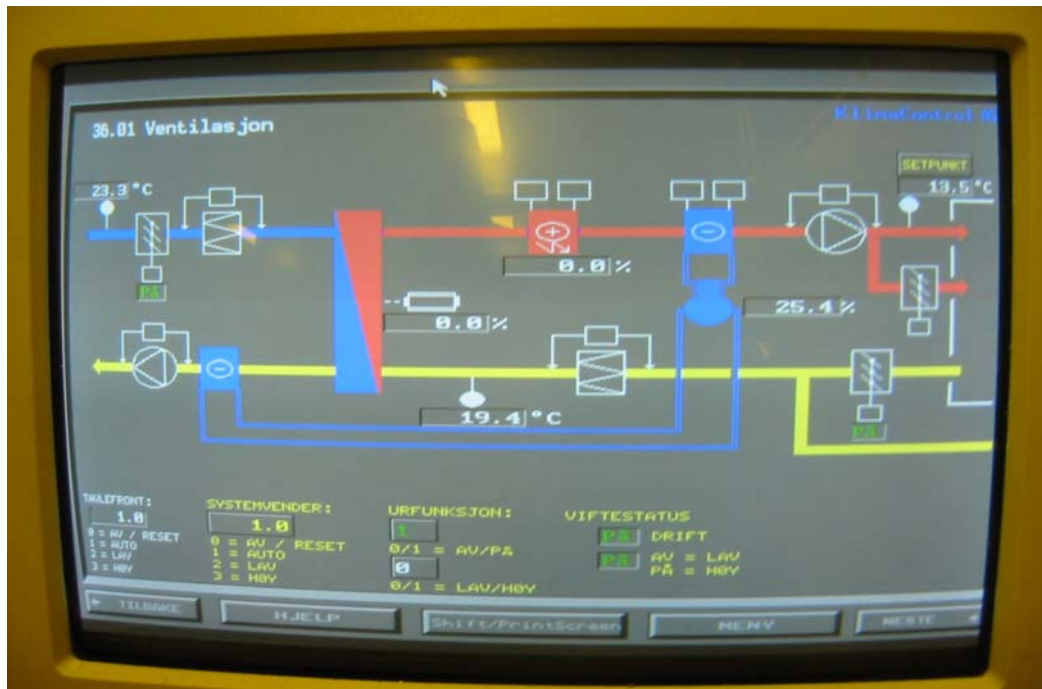
- ”Glassfasade sør”; 5, bygget ligger i skrått terreng og det er ingen høye bygg i retning sørvest.

7.3.4 Ventilasjon

Bygget har to større ventilasjonsaggregater som forsyner bygget med behandlet luft etter CAV-prinsippet (konstante luftmengder). 1.etasje betjenes av 36.01 som leverer 21 000 m³/h. Anlegget er utstyrt med roterende varmeveksler, elektrisk varmebatteri og en kjølemaskin som kjøler ned tilluft og dumper varmen til avkastluft. 2.-7.etasje betjenes av 36.02 og leverer 35 000 m². Anlegget er i likhet med 36.01 utstyrt med roterende varmeveksler, elektrisk varmebatteri men har to kjølebatterier som dumper varme til avkastluft.

I de fleste cellekontorer tilføres behandlet friskluft etter omrøringsprinsippet mens i møterom og åpent kontorlandskap har man brukt fortrenningsprinsippet. Ventilasjon er styrt via SD-anlegget. Bilde 7-3 viser ventilasjonsaggregatene 36.01^{††} og 36.02 på skjermbilder for SD-anlegget:

^{†††} Bildet er tatt på et tidspunkt da de hadde problemer med tilluftstemperaturen i aggregat 36.01.



Bilde 7-3 Oversikt over ventilasjonsaggregat 36.01 og 36.02 hentet fra skjermbilder på SD-anlegget

Tabell 7-5 viser tekniske spesifikasjoner som utgjør grunnlaget for inndataene i *EiB*:

Aggregatnr.	36.01	36.02	Totalt/inndata EiB
Forsyner etasjer	1.	2.-7.	-
Forsyner areal (m ²)	924,9	3168,3	4093,2
Luftmengde i/utenfor driftstiden (m ³ /h)	21 000/0	35 000/0	56 000/0
Luftmengde pr. areal (m ³ /(m ² h))	37,8	6,6	Ikke innpar.: 13,7 (snitt)
SFP-faktor vifter i/utenfor driftstiden (kW/m ³ /s)	2,5/0	2,5/0	2,5/0
Tilluftstemperatur (°C)	18	18	18
Kjølebatterier			
Kjøler areal (m ²)	924,9	3168,3	4093,2
Antall kjølemaskiner	1	2	-
Avlest kompressoreffekt (kW)	45	32,6+32,6	-
Kjølefaktor, ϵ	2	2	2
Beregnet maksimal levert kjøleeffekt, $Q_{\text{levert}} = W_{\text{tilført}} * \epsilon$ (kW)	90	130,4	220,4
Virkn.grad kjøleflater	-	-	0,8
Varmebatterier			
Avlest maksimal levert varmeeffekt (W)	72,5	116	188,4
Vifter: temperaturøkning tilluft/avtrekk (°C)	0,5/0,5	0,5/0,5	0,5/0,5
Varmegjenvinner: temperaturvirkningsgrad	0,65	0,65	0,65

Tabell 7-5 Tekniske spesifikasjoner for 36.01 og 36.02 samt resulterende inndata for bruk i beregninger i *EiB*

- Driftstid: 12 timer, 07.00-19.00 (Standard Norge 2007c: Tillegg A). Reelt går ventilasjonsaggregatene 07.00-18.00 mandag til fredag og er ellers av. Dette tilsvarer 55 driftstimer per uke
- Luftmengder: anlegget har lik luftmengde for tilluft og avtrekk. Man ser av Tabell 7-5 at luftmengde fordelt på areal er veldig ulik for de to aggregatene; 37,8 $\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ for 36.01 sammenlignet med 6,6 $\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ for 36.02 . Dette kan skyldes ulikt bruksområde da 1.etasje inneholder storkjøkken med stort behov for uttrekk av luft i tillegg til at luftmengden i kantina må være dimensjonert for et stort antall mennesker. Den store forskjellen kan også skyldes at man har fått oppgitt uriktige data, noe man ikke greide å avdekke. *prNS 3031* (Standard Norge 2007c: Tillegg B) angir veiledende gjennomsnittsverdi i/utenfor driftstid til 10/3 $\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ for kontorbygg ved dynamiske beregninger^{†††}.
- SFP-faktor vifter: 2,5 $\text{kW}/\text{m}^3/\text{s}$. Ventilasjonsaggregatene ble satt inn i 1998 og kan derfor ikke antas å ha like effektiv energiutnyttelse som nyere anlegg, antatt verdi settes derfor høyere enn veiledende verdi i *prNS 3031* (Standard Norge 2007c: Tabell B.1)
- Tilluftstemperatur: 18 °C, målt med lufttemperaturmåler foran diffusor
- Kjølebatteri: kjøleeffekt er beregnet med grunnlag i avleste kompressoreffekter innhentet ved befaring. Det er viktig å være klar over at 220 kW er et meget forenklet overslag da behov for maksimal effekt for henholdsvis 1. og 2.-7.etasje ikke nødvendigvis inntreffer til samme tid. Kjølefaktor og virkningsgrad for kjøleflater ble anslått med utgangspunkt i *prNS 3031* (Standard Norge 2007c: Tillegg B)
- Direkte elektrisk varmebatteri: 188 400 W. Avlest ved hjelp av sikringskurser.
- Vifter: tilluftsvifter og avtrekksvifter er plassert etter varmeveksler.
- Varmegjenvinner: roterende. Virkningsgrad satt med grunnlag i brukermanual for *EiB* (Programbyggerne 2005)

^{†††} Tallet gjelder dynamisk beregning, som er det *EiB* bruker. For statisk månedberegning angir *prNS 3031* 5,5 $\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ som veiledende gjennomsnittsverdi (Standard Norge 2007c: Tabell B.2).

7.3.4.1 Kjølebafler i tak

Kjølebafler i tak sørger for eget isvannssystem for romkjøling på kontorene. Termostat for kjøling er forriglet mot termostat for varme og skal hindre at disse kan kjøres samtidig. Isvannsmaskinen er plassert i teknisk rom og dumper varme til tørrkjøler som er plassert utendørs på bakken på nordsiden av bygningen. Systemet er designet for frikjøling. Isvannssystemet styres manuelt.

- Driftstid: 12 timer, 07.00-19.00 (Standard Norge 2007c: Tillegg A)
- Reguleringstemperatur: 24 °C (Standard Norge 2007c: Tillegg A). På varme dager vil kjøleanlegget forsøke å holde romluftstemperaturen under reguleringstemperaturen.
- Maksimal kjøleeffekt: 100 000 W, ifølge systemskisser.
- Kjølefaktor: 2,5. Antatt verdi, som siden anlegget ikke er helt nytt, antas å ligge noe under veiledende i *prNS 3031* (Standard Norge 2007c: Tillegg B)
- Antar kjøling kun i perioden mars- september

7.3.5 Driftsstrategi

Bygget er i bruk 5 dager i uka hele året med unntak av helligdager. Utgjør 253 vanlige driftsdøgn. Det er ingen periode på sommeren der alle ansatte har ferie.

7.3.6 Elektrisitet

- Årlig fastbeløp: 5000 kr (Hafslund 2006).
- Energipris vinter/sommer: 0,80/0,73 kr/kWh (Hafslund 2006). Vinterpris gjelder månedene november til og med mars, ellers gjelder sommerpris
- Utslipp: 348 g CO₂/kWh_{el} (Wigenstad et al. 2005)

7.3.7 Innetemperatur

- Inndata for settpunkt-temperaturer er 21/19 °C i /utenfor driftstiden (Standard Norge 2007c: Tillegg A).
- Start senking/heving settes til 19.00/05.00 i perioden desember-februar,

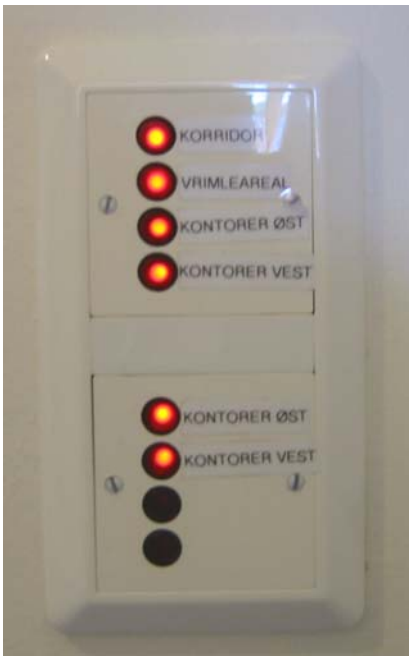
og19.00/06.00 ellers.

Reelt logges temperatur ukentlig i forbindelse med EOS-rutiner. Temperatur senkes natt, helger og ferier. Settpunkt-temperatur og tidspunkt for start senking og heving justeres over året.

7.3.8 Internlaster

Belysning:

Kontorer er utstyrt med lysrørsarmaturer (2* 36W) og 18W ”down light”. Møterom og fellesarealer er utstyrt med dimbare ”down lights” og spotbelysning. Lysene i korridorer og cellekontorer styres via en felles bryterrekke. Bilde 7-4 viser eksempel fra 4.etasje:



Bilde 7-4 Oppdeling av etasjevis lysstyring

Som Bilde 7-4 viser, er belysningen er delt inn i soner som ”Korridor”, ”Vrimleareal”, ”Kontorer øst” og ”Kontorer vest”. Belysning på hvert enkelt kontor kan ikke slukkes individuelt, noe som fører til at alle kontorer har lyset på i hele kontortiden.

Tilstedeværelsen blant byggets brukere er ikke dokumentert, men antas å ligge på maksimalt 75 %. Mange av de som til daglig jobber der, har tidvis oppdrag utenfor

Lilleakerveien. Den grove oppdelingen av lysstyring gjør at mye lys står på unødvendig. Logging av lys har også vist at det slurves med lysslukking etter endt arbeidsdag.

Følgende inndata er lagt inn i for belysning:

- Driftstid: 12 timer, fra 07.00 til 19.00 (Standard Norge 2007c: Tillegg A)
- I driftstiden: gjennomsnittlig effekt på 8 W/m^2 (Standard Norge 2007c: Tillegg A) gir 32 744 W. Bygget har et beskjedent utebelysningsanlegg, derfor settes varmetilskudd til 95 %
- Utenom driftstiden: anslår gjennomsnittlig effekt på 40 % av effekt i driftstiden, 13 098 W. Varmetilskudd settes til 80 % da utebelysning ikke varierer med driftstiden, mens innbelysningen reduseres.
- Installert belysningseffekt: 49 000 W, som tilsvarer 12 W/m^2 (Programbyggerne 2005).

Teknisk utstyr

I tillegg til innendørs teknisk utstyr som for en kontorbygning, er deler av inngangspartiet utstyrt med varmekabler i bakken. Inndata for teknisk styr blir som følger:

- Driftstid: 12 timer, fra 07.00 til 19.00 (Standard Norge 2007c: Tillegg A)
- I driftstiden: gjennomsnittlig effekt på $10,9 \text{ W/m}^2$ (Standard Norge 2007c: Tillegg A), som tilsvarer 44 616 W. Varmetilskudd anslås til 80 % (Programbyggerne 2005).
- Utenom driftstiden: gjennomsnittlig effekt anslås til 20 % av effekt i driftstiden; 8923 W. Varmetilskudd som i driftstiden, det vil si 80 %.
- Installert effekt teknisk utstyr: anslås til 55 000 W

Personer

prNS 3031 (Standard Norge 2007c: Tillegg A) oppgir $3,8 \text{ W/m}^2$ som gjennomsnittlig varmetilskudd fra personer i driftstiden. Verdien må omregnes for å passe inn i *EiB*. *EiB* opererer med parametrene antall personer i og utenfor driftstiden samt varmetilskudd per person. Hvis man antar varmeavgivelse per person på 90 W/m^2 (Programbyggerne 2005), kan man gjøre følgende overslag:

Antall personer = $(3,8 \text{ W/m}^2 * 4093 \text{ m}^2) / 90 \text{ W/pers} = 173$ personer.

Inndata for personbelastning blir som følger:

- Arbeidstid: 12 timer per ukedag, 07.00-19.00 (Standard Norge 2007c: Tillegg A)
- Antall personer i/utenfor arbeidstiden: 173/0
- Varmetilskudd per person: 90 W/pers (Programbyggerne 2005), verdi for person som gjør stillesittende kontorarbeid.

Hvis reelle data skulle legges til grunn ville inndataene avvike noe. Totalt antall ansatte i bygningen er beregnet til 160 inkludert 2 renholdspersonale, en kantineansatt og en vaktmester. Da mange av de ansatte også har oppdrag utenfor Lilleakerveien antas tilstedeværelsen å være på maksimalt 75 %. I tillegg kommer 25 personer som hver tilbringer maks en time (det vil si omtrent 10 % av definert arbeidstid, som er satt til 8 timer) i kantina hver dag. Personbelastning i arbeidstiden per fulle arbeidsdag beregnes da til:

$$160 \text{ personer} * 0,75 + 25 \text{ personer} * 0,10 = 122,5 \text{ personer.}$$

Avvik mellom teoretisk og antatt reell verdi kan skyldes faktorer som arealutnyttelse og at det i reelle data tas hensyn til at 1.etasje kun benyttes noen få timer hver dag (hvis man ser bort fra kantineansatte).

Vannoppvarming

Vannoppvarming betjenes av en elkjel. Følgende inndata er lagt inn for vannoppvarming:

- På driftsdager: $1,5 \text{ W/m}^2$ ^{§§§} (Programbyggerne 2005), som tilsvarer 6140 W. Det meste av varmetilskuddet fra tappevannsoppvarmingen antas å gå direkte i avløpet (Programbyggerne 2005), antatt verdi for varmetilskudd grunnet tappevannsoppvarming er derfor 10 %
- På ferie/helgedager: snitteffekt antas å ligge på 20 % av effekt på driftsdager, 1228 W. Varmetilskudd settes lik 0.

^{§§§} Felt er åpent i *prNS 3031* (Standard Norge 2007c: Tillegg A). I eldre versjon av *NS 3031* (Standard Norge 1987) er disse verdier ikke beskrevet

- Maksimal effekt direkte elektrisk vannoppvarming: antatt maksimal snitteffekt er 5 W/m^2 (Programbyggerne 2005), som gir $5 \text{ W/m}^2 * 4093,2 \text{ m}^2 = 20\,466 \text{ W}$

7.3.9 Energikilder

Denne posten i EiB er ment å beskrive hvordan effektbehovet til romoppvarming, varmebatterier (ventilasjonsanlegg) og tappevann dekkes.

Elektrisitet er energibærer for hele oppvarmingssystemet. Romoppvarming dekkes via varmeovner, varmebatteriene i ventilasjonaggregatene er elektriske og for oppvarming av tappevann er det installert el-kolbe.

7.3.9.1 Varmeovner

Romoppvarming dekkes av ulike typer elektriske ovner: i kontorer, møterom og fellesarealer er det montert gjennomstrømningsovner. I kantine, inngangsparti og trappeoppgang er det ribberørsovner. Alle ovner i fellesarealer er utstyrt med romtermostater. Ovner i kontorer og møterom er koblet til en intern termostat som skal være forriglet mot termostat for kjølebafler slik at de ikke kan kjøres samtidig. Men selve temperaturen styres individuelt. Panelovnene i møterom og auditorium i 1. etasje er styrt via en felles veggmontert veggføler som "setter" ovnene et sted på skalaen "Min-Max" (befaring, Reinertsen Engineering 2006)

- Prioritet: 1
- Varmeavgivelse: direkte til rom via ulike typer varmeovner
- Maksimal levert effekt: satt til 112563 W , som tilsvarer $27,5 \text{ W/m}^2$. Faktisk verdi for anlegget er ikke funnet, derfor tar man utgangspunkt i typisk installert varmeeffekt for bygninger satt opp etter 1994, som er oppgitt til å ligge mellom 15 og 40 W/m^2 (Programbyggerne 2005). Med denne verdien gir vintersimulering i *EiB* effektgap om morgenen idet gitt tidspunkt for start heving av romtemperatur inntreer. Brukermanual for *EiB* (Programbyggerne 2005) foreslår at ved ukjent maksimaleffekt for oppvarmingskilder bør det utføres gjentatte simuleringer inntil de termiske forholdene er akseptable samtidig med at anlegget ikke er unødig

overdimensjonert. Dette ble også gjort, men gjentatte simuleringer viste at man måtte opp i verdier i størrelsesorden 45 W/m^2 , som ligger godt over typisk varmeeffekt for lignende bygninger. Det ble også forsøkt å endre verdier for natt- og helgesenkning, men det anses ikke som riktig fremgangsmåte hvis retningslinjer fra NS 3031 (Standard Norge 2007c), som beskrevet i kapittel 4.4, skal følges.

- Virkningsgrad: 1 (Standard Norge 2007c: Tillegg B)
- Energibærer/kilde: elektrisitet

7.3.9.2 El-kolbe vannoppvarming

Oppvarming av tappevann skjer i varmtvannsbereder i teknisk rom i 1. etasje. Datablad sier at den skal ha en nominell kapasitet på 12 kW, og rommer 500 liter.

- Prioritet: 1
- Varmeavgivelse: direkte
- Maksimal levert effekt: 12 000 W
- Virkningsgrad: 1 (Standard Norge 2007c: Tabell B.10)
- Energibærer/kilde: elektrisitet

7.4 Resultater

Beregnete verdier for vektet tilført energi og spesifikk varmetapskoeffisient vil bli presentert. Utdrag av de mest sentrale simuleringene er vist i Vedlegg M. Beregnet vektet tilført energi vil bli sammenlignet med målt energiforbruk og vil være en forutsetning for forslag til tiltaksliste i kapittel 7.5.

7.4.1 Beregnet vektet tilført energi og beregnet spesifikk varmetapskoeffisient

Beregnet vektet tilført energi

Tabell 7-6 viser brutto energibehov fordelt på energikilder (Vedlegg M.1):

Energibærer/kilde	Brutto energibehov (kWh/m²)	Vektingsfaktor	Vektet tilført energi (kWh/m²)
Elektisitet	184	1.00	184
Olje		1.00	
Gass		0.60	
Fjernvarme		0.55	
Bio		0.35	
SUM			184

Tabell 7-6 Vekting av brutto energiforbruk

Vektet tilført energi er beregnet til 184 kWh/m².

Beregnet spesifikk varmetapskoeffisient

Bygningens varmetap er beregnet til 1800 W/K (Vedlegg M.1), noe som tilsvarer en varmetapskoeffisient på 0,44 W/m²K.

Tildeling av energiklasser

Tildeling av energiklasser skjer i henhold til kapittel 3.2 og resultater fra simuleringer (Vedlegg M), og er presentert i Tabell 7-7:

Merke	Ytelsesindikator	Verdi	Energiklasse: kontorbygg
Primær	Vektet tilført energi	184 kWh/m ²	D: 161-190 kWh/m²
Sekundær	Spesifikk varmetapskoeffisient	0.44 W/m ² K	A: ≤ 0.55 W/m²K

Tabell 7-7 Tildelte energiklasser Lilleakerveien 2C

Verdi for vektet tilført energi ligger i nedre sjikt av D-klassen. Hele energibehovet i bygningen dekkes av elektrisitet, og av denne grunn hadde man kanskje ikke forventet en såpass "høy" energiklasse.

Spesifikk varmetapskoeffisient ligger i nedre sjikt av A-klassen, og en så lav verdi for varmetapskoeffisienten er overraskende for et kontorbygg restaurert i 1998. I videre vurdering av resultater vil man gå ut ifra at beregnet spesifikk varmetapskoeffisient ikke gir et riktig bilde av varmetap grunnet ventilasjon, infiltrasjon og transmisjon.

Resultatene vil bli kommentert nærmere i kapittel 8.

7.4.2 Målt energiforbruk.

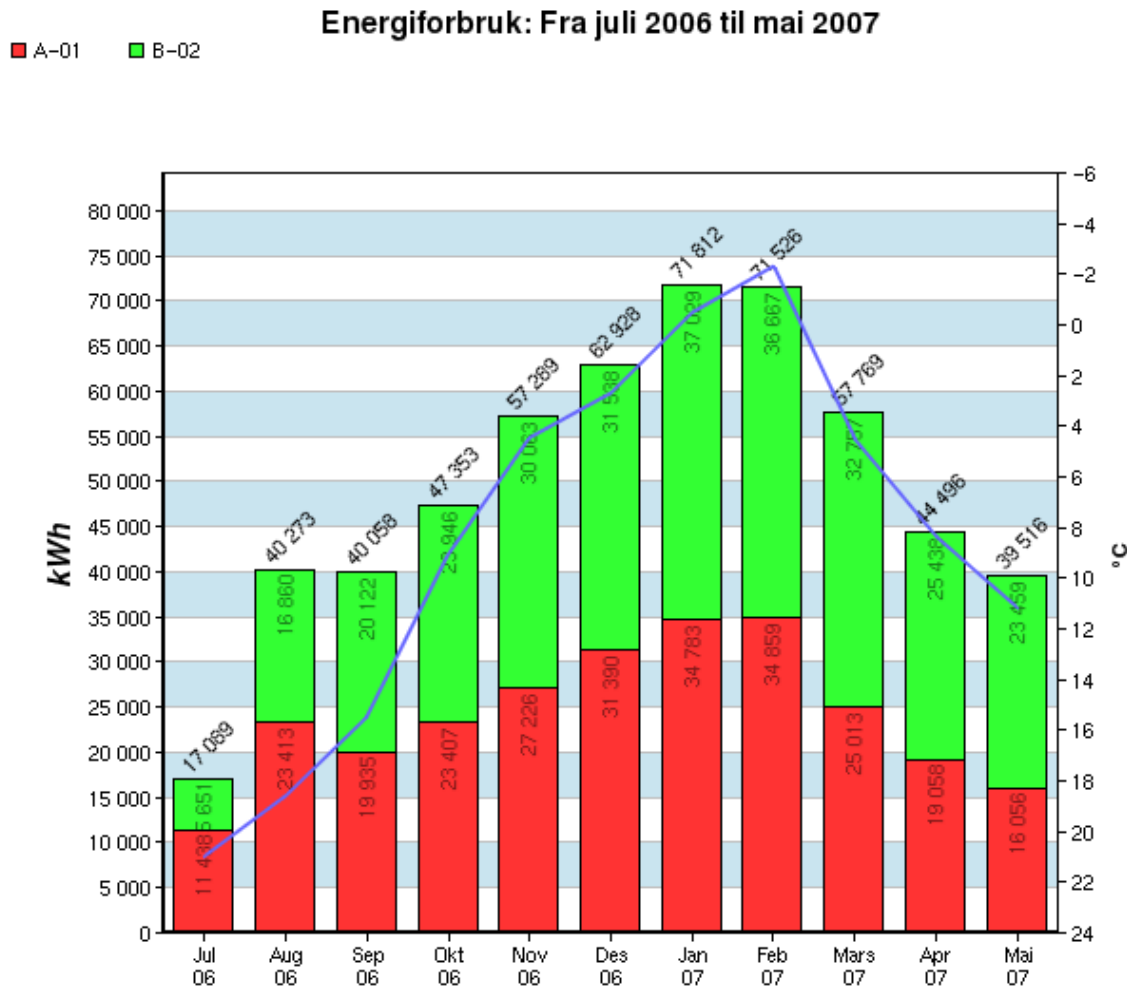
Det er ikke funnet verdier som anses som pålitelige når det gjelder årlig energiforbruk for de tre siste årene. De verdiene man har greid å skaffe til veie virker ikke sannsynlige, noe som kan skyldes:

- nytt driftspersonale
- store deler av bygget har stått ubrukt de siste 3 årene

På grunnlag av dette ble det besluttet å benytte data samlet inn i forbindelse med EOS-rutiner. Prosedyrer for ukentlig logging av energiforbruk ble startet opp i juli 2006. Midlet utetemperatur leses av en gang i uken på en måler plassert på utsiden av bygningen. I tillegg leser man av strømmålere og finner ukens strømforbruk. De ukentlig avleste verdiene mates inn i et nettbasert dataverktøy (EnergiNet 2004) og brukes aktivt for tilbakemelding av bruksrutiner.

Siden EOS-rutinene ble startet opp i juli 2006, finnes ikke verdier for et helt år tilbake i tid. For å få så mange målinger som mulig, ble det under arbeidet med denne oppgaven derfor besluttet å vente til man hadde så mange avlesninger som mulig før dataene ble vurdert. Sum av ukemidlet energiforbruk for uke 31-51 i 2006 og ukene 1-20 i 2007, gir til sammen et målt energiforbruk på 119,9 kWh/m².

Figur 7-1 (EnergiNet 2004) viser ukentlig energiforbruk for juli 2006 til mai 2007. A-01 og B-02 er målere for elektrisitet.



Figur 7-1 Ukentlig energiforbruk registrert ved EOS-rutiner

Videre gjøres et lite overslag ut fra følgende forutsetninger:

- Typisk ukesverdi for energiforbruk i sommermånedene ligger på $2,1 \text{ kWh/m}^2$ (EnergiNet 2004)
- Man mangler innrapportert verdi for 11 uker
- Ved utregning av ukentlig energiforbruk på *EnergiNet* (EnergiNet 2004) er det brukt andre inndata for areal enn hva som er lagt til grunn i denne oppgaven. Inndata er 4350 m^2 , som er oppgitt som areal i *Arbeidsdokument: ENØK-*

RAPPORT FOR Lilleakerveien 2C (Reinertsen Engineering 2006). Ukentlig energiforbruk per arealenhet korrigeres til å gjelde et oppvarmet areal på 4093 m².

Overslag for energiforbruk for de siste 12 månedene blir da som følger:

$$(119 \text{ kWh/m}^2 + (2,1 \text{ kWh/m}^2 * 11 \text{ uker})) * (4350/4093) \text{ m}^2 = 151 \text{ kWh/m}^2$$

7.4.3 Sammenligning beregnet vektet tilført energi og målt energiforbruk

Vektet tilført energi er beregnet til 184 kWh/m², mens overslag for målt energiforbruk det siste året er på 151 kWh/m². Avviket kan skyldes:

- To etasjer har delvis stått ubrukt. Èn er fortsatt ikke i bruk, mens den andre ble tatt i bruk i mars 2007.
- Det har blitt diskutert om det finnes enda en måler som frem til nå ikke har blitt fakturert bygget, og som dekker fortausoppvarming. Dette har man ikke fått klarhet i
- Bruk av standardiserte verdier for beregning av vektet tilført energi, som beskrevet i kapittel 4.4, skal representere normalisert bruk. Hvis reell bruk avviker fra standardverdier, må det forventes et avvik
- Øvrige verdier matet inn i EiB stemmer dårlig overens med virkeligheten: man kan ha gjort uriktige antakelser eller sitte på uriktige opplysninger
- systemfeil i EiB som man ikke er klar over

Verdiene virker rimelige. Det var forventet at verdiene skulle avvike, særlig fordi hele bygningen ikke er i bruk, noe som medfører lavere energiforbruk til blant annet:

- Romoppvarming
- Ventilasjon
- Kjøling, og fjerning av internlaster

Det antas at reell verdi ligger et sted mellom beregnet og målt.

7.5 Tiltaksliste

Som kommentert i kapittel 7.4.1 antar man beregnet verdi for spesifikk varmekapasitet ikke gir et riktig bilde av byggets varmetap. På grunnlag av dette velges det å lage en enkel liste over mulige tiltak for kontorbygningen Lilleakerveien 2c. Tiltakenes antatte lønnsomhet blir vist ved at de, etter forslag fra faglig veileder (Hansen 2007), plasseres i tre kategorier etter antatt sannsynlighet for besparelse.

Som et utgangspunkt sammenlignes beregnede verdier med minstekrav i TEK 2007 (Statens Bygningstekniske etat mars 2007), som vist i Tabell 7-8:

Verdi	Høyeste tillatte verdi TEK 2007	Beregnet verdi
U-verdi yttervegg (W/m ² K)	0,22	0,26
U-verdi yttertak (W/m ² K)	0,18	0,27
U-verdi gulv på grunn (W/m ² K)	0,18	0,12
U-verdi glass (W/m ² K)	1,6	2,17
Netto energibehov (kWh/m ²)	165	184

Tabell 7-8 Sammenligning av høyest tillatte verdi i TEK 2007 med beregnede verdier for Lilleakerveien 2C

U-verdiene gjelder for alle bygningskategorier som berøres av forskriftene mens verdi for netto energibehov gjelder kontorbygninger spesielt. Beregnede verdier for Lilleakerveien er vist i Vedlegg M.1.

Tabell 7-8 viser at bygningen ikke tilfredsstiller TEK 2007 (Statens Bygningstekniske etat 18.04.2007) når det gjelder U-verdier og netto energibehov. Sammenligningen er imidlertid ikke ment som et svar på hvilke tiltak som er mest lønnsomme da andre tiltak enn bedring av U-verdier være like lønnsomt. Videre kommer en beskrivelse av mulige tiltak for kontorbygningen Lilleakerveien 2C.

Tiltak som bør gjennomføres:

- Varmeovner: innføring av automatikk eller bedret automatikk for styring av

- varmeovner i alle seksjoner av bygget. Eventuelt skjerpe rutiner for å holde panelovner av på kontorer når det ikke er varmebehov (Reinertsen Engineering 2006). Det har blitt oppdaget at varmeovner i åpne kontorlandskap har stått på utenfor fyringssesong, altså uten at det er varmebehov. Dette fører til økt bruk av energi både til oppvarming og fjerning av varme.
- Lys: innføre individuell lysstyring på kontorer (Reinertsen Engineering 2006). Mange av de ansatte har oppdrag utenfor Lilleakerveien, det antas at minst 25 % av kontorene står tomme på dagtid. I tillegg innføre automatikk for lysstyring slik at alt lys er slukket på kveldstid og i helger. Må kunne overstyres ved behov. Alternativt skjerpe rutiner for lysslukking. Unødvendig lysbruk fører til økt energiforbruk til belysning samtidig med at internlasten, og dermed kjølebehov, øker.
 - Utskifting av vinduer og glassfasader: U-verdier er for høye både når det gjelder vinduer og glassfasade; henholdsvis 1,9 og 3 W/m²K. Høyeste samlede tillatte verdi i følge TEK 2007 (Statens Bygningstekniske etat 18.04.2007) er 1,6 W/m²K. Det er en fordel om nytt glass som settes inn i tillegg har lavest mulig soltransmisjonsfaktor slik at soltilskudd blir lavest mulig.
 - Montering av innvendig automatisk solavskjerming på innsiden av glassfasader som forbinder kontorbygningen med nabobygningen for å unngå energibruk til kjøling i sommerhalvåret
 - Hvis tiltak som reduserer internlaster og soltilskudd gjennomføres bør det undersøkes om kjølebafler i tak (lokal kjøling) bør tas ut av bruk slik at den kjølingen som trengs betjenes via ventilasjonsanlegget
 - Bytte ut elektrisitet som kilde til oppvarming av tappevann: bytte ut elkjel med pelletskjel eller biokjel.

Tiltak som kan gjennomføres:

- Etterisolering av yttertak: Beregnet U-verdi for yttertak er på 0,27 W/m²K mens høyeste tillatte verdi ifølge TEK 2007 (Statens Bygningstekniske etat 18.04.2007) er 0,18 W/m²K. Vil føre til reduksjon av varmetap gjennom takkonstruksjon
- Bytte ut elektrisitet som primærkilde til oppvarmingsformål: investere i

tilknytning til fjernvarmenett og installasjon av vannbåren varme. Kan, avhengig av systemløsning, kombineres med pelletskjel som topplast slik at både romoppvarming og oppvarming av tappevann dekkes. Elektriske varmebatterier i ventilasjonsaggregat kan skiftes ut med væskekoblede. Lilleakerveien er per juni 2007 ikke innenfor konsesjonsområde for noen av fjernvarmenettene i Oslo, men dette kan endre seg i løpet av noen år

Tiltak som kan gjennomføres, men der sannsynligheten for besparelse er liten:

- Bytte ut elektrisitet som primærkilde til oppvarmingsformål: bore etter grunnvarme, investere i varmepumpe og vannbåren varme. Elkjelen kan benyttes som topplast for oppvarming av varmt tappevann. Om sommeren, når det er kjølebehov, kan varmepumpeprosessen snus, og overskuddsvarmen dumpes i grunnen. Elkjelen må ved sommerdrift dekke hele lasten til oppvarming av varmt tappevann alene. Elektriske varme- og kjølebatterier kan skiftes ut med væskekoblede. Området rundt kontorbygningen er antakelig dårlig egnet til boring av brønn fordi det ligger i et område med høy bygningstetthet., derfor anses det som lite sannsynlig at dette tiltaket vil kunne bli gjennomført.
- Etterisolering av fasader: beregnet U-verdi for yttervegger er noe høyere enn høyeste tillatte verdi i følge TEK 2007 (Statens Bygningstekniske etat 18.04.2007). Beregnet verdi er på $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ mens høyeste tillatte verdi er $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tiltaket er relativt dyrt.

8 Diskusjon

8.1 Innledning

Først gis en sammenlignende vurdering av byggene. Forskjell i tildelte merkenivåer blir diskutert. Deretter beskrives de utfordringer og uforutsette hindringer man har støtt på, og på hvilken måte de kan ha påvirket både resultater og tidsbruk. Avvik mellom planlagt tidsbruk og reell medgått tidsbruk dokumenteres og forklares.

8.2 Sammenlignende vurdering av byggene

Sammenlignende vurdering tolkes til å bety sammenligning av de viktigste tekniske løsninger og beregnede verdier, som vist i Tabell 8-1:

Tekniske data	Vøyenenga Ungdomsskole	Kontorbygningen Lilleakerveien 2C
Byggeår	Ferdigstilt februar 2007	Full rehabilitering 1998
Oppvarmet gulvareal (m ²)	5099	4093
Antall etasjer	2	7
Energibærer romoppvarming	Varmepumpe + oljekjel via vannbårent distr.syst.	Elektrisitet via varmeovner
Energibærer oppvarming av varmt tappevann	Varmepumpe + oljekjel	El-kolbe

Energibærer varme- og kjølebatterier i ventilasjonsaggregat	Varmepumpe + oljekjel	Elektrisitet
Ventilasjonsløsning	VAV (Variable Air Volume)	CAV (Constant Air Volume)
Gjennomsnittlig luftmengde i driftstiden (m ³ /m ² h)	11,3	13,7
Veiledende verdi for luftmengde i driftstiden **** (m ³ /m ² h)	16	10
SD-anlegg	Ja	JA
Beregnet netto energibehov (kWh/m ²)	135	184
Høyeste tillatte verdi for netto energibehov ifølge TEK 2007 (kWh/m ²)	135: Skolebygg	165: Kontorbygg
Beregnet vektet tilført energi (kWh/m ²)	121	184
Tildelt energiklasse	C: 101-130 kWh/m ²	D: 161-190 kWh/m ²

Tabell 8-1 Sammenligning av tekniske data for Vøyenenga Ungdomskole og kontorbygningen Lilleakerveien 2C

Bygningene stammer fra forskjellige tidsperioder, har relativt lik størrelse, men veldig ulik bygningskropp. De valgte tekniske systemer innlemmet i Vøyenenga gir tydelige signaler om at man ønsker å satse på miljøet. Samtidig vet man at Vøyenenga Ungdomsskole har store glassfasader, noe man ikke anbefaler grunnet økt varmtap i kalde perioder og økt kjølebehov i varmere perioder av året. Kontorbygningen Lilleakerveien har en mer kompakt bygningskropp med lavere andel glassfasader, men baserer all energibruk på elektrisitet.

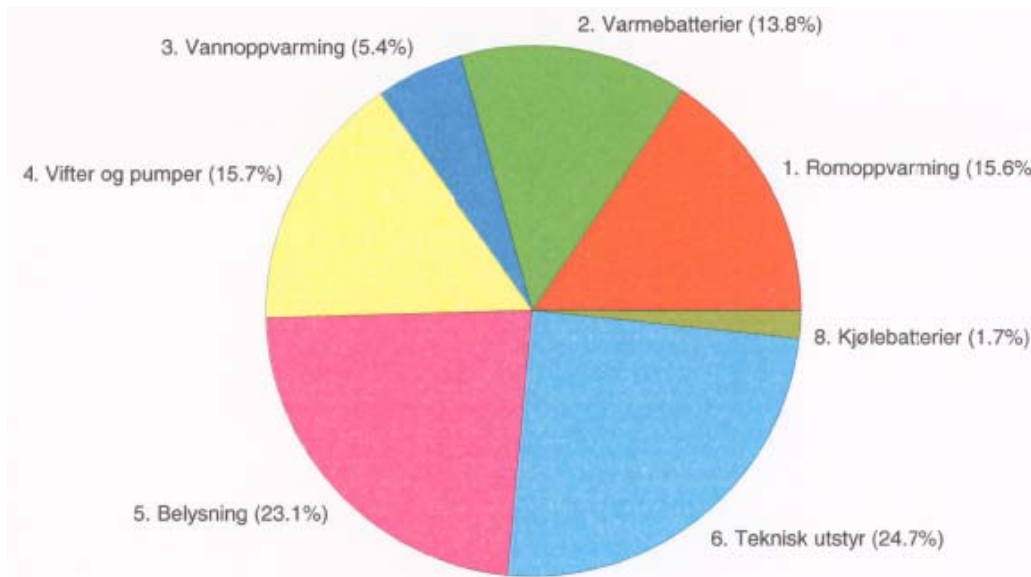
Ser man på beregnet vektet tilført energi for de to byggene, er det overraskende at forskjell i beregnet tilført energi for den nybygde ungdomsskolen med jordvarme som

**** prNS 3031 (Standard Norge 2007c: Tillegg B)

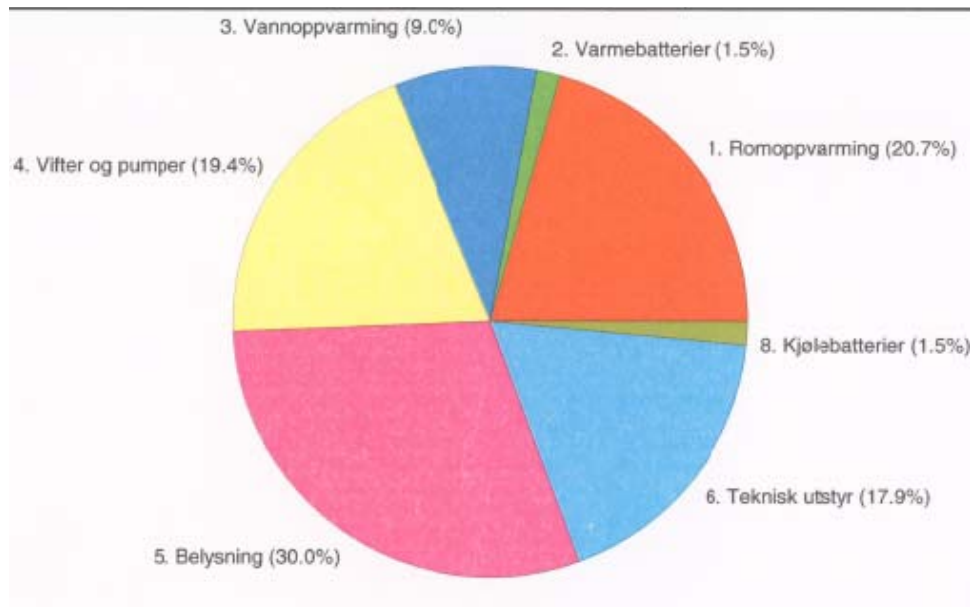
hovedenergikilde ikke havner flere energiklasser ”over” det flere år gamle kontorbygget med 100 % el-basert energiforsyning. Dette kan skyldes flere forhold:

- Det er mulig at store deler av fasadene til Vøyenenga Ungdomsskole hever energibehovet så mye at innsparingen man oppnår ved bruk av varmepumpe ikke er nok til å kunne betrakte bygget som er spesielt energieffektivt bygg.
- Vøyenenga Ungdomsskole har tilsynelatende underdimensjonerte luftmengder hvis man sammenligner med veiledende verdier, noe som betyr at det er grunn til å tro at Vøyenenga kan ha et beregnet energibehov som burde ligge høyere. Spesielle forhold vedrørende bygg med underdimensjonerte luftmengder diskuteres videre i kapittel 8.3.2.
- kontorbygningen Lilleakerveien, 100 % basert på elektrisitet som energiforsyning, har relativt sett en fasade med mindre andel glassfasader enn Vøyenenga Ungdomsskole.

Figur 8-1 og Figur 8-2 (Vedlegg M.3) gir en oversikt over simulert netto energibehov fordelt på energiposter:



Figur 8-1 Netto energibehov Vøyenenga Ungdomsskole



Figur 8-2 Netto energibehov kontorbygningen Lilleakerveien 2c

Det synes vanskelig å trekke klare slutninger ut av resultater presentert i Figur 8-1 og Figur 8-2. Blant annet hadde man forventet at større andel kjølebehov for begge bygg. For Vøyenenga kan det lave tallet skyldes varmelagringseffekt grunnet utstrakt bruk av eksponert betong (Wigenstad 2006). Man reagerer også på at energibehov til romoppvarming var såpass stort for kontorbygningen Lilleakerveien 2c sammenlignet med Vøyenenga. Årsaken er ikke funnet.

Spesifikk varmetapskoeffisient ligger godt innenfor energiklasse A for begge byggene. A-merket er ment å representere en standard med svært god isolasjon og lav luftlekkasje, og nivået er ment å skulle ”overleve” teknologisk utvikling over mange år (Wigenstad et al. 2005). Resultatene er derfor overraskende. Det er lite sannsynlig at et bygg som kontorbygningen Lilleakerveien 2c skal høre inn under energiklasse A for spesifikk varmetapskoeffisient. Når det gjelder Vøyenenga Ungdomsskole, ble det under prosjektering ble lagt vekt på å velge vinduer som gir lavt varmetap og redusert solinnslipp. Likevel anses en varmetapskoeffisient i energiklasse A lite sannsynlig da bygningen har store glassfasader.

De uventede resultatene kan skyldes følgende forhold:

- Uriktige inndata
- Forhold ved EiB man ikke er opplyst om/har kontroll over
- Som beskrevet i kapittel 6.3.3, har Vøyenenga Ungdomsskole lave luftmengder i forhold til veiledende verdi. Siden varmetap til ventilasjon inngår i varmetapstallet, vil en bygning med underdimensjonerte luftmengder oppnå et lavt varmetapstall (Wigenstad et al. 2005).

8.3 utfordringer og uforutsette hindringer

8.3.1 Innhenting av informasjon

Innhenting av informasjon viste seg å være mer krevende enn forventet.

På det tidspunkt man startet innhenting av informasjon var man ikke klar over at prøveversjonen av *NS 3031* faktisk gir retningslinjer for hvilke inndata som skal oppgis som standardiserte, veiledende eller dokumenterte verdier, slik kapittel 4.4 beskriver. Dette førte til at man i praksis innhentet mer informasjon enn man strengt tatt behøvde for å utføre de nødvendige beregninger.

Man hadde ikke skaffet seg god nok oversikt over alle inndataene *EiB* krever. Av den grunn ble første fase preget av lite målrettede søk etter informasjon. Man ble nødt til å gå igjennom det samme materialet flere ganger, og å kontakte samme person gjentatte ganger for å få innhentet all informasjon man trengte.

Som snart ferdigutdannet sivilingeniør har man ikke all den praktiske kunnskapen som en erfaren energirådgiver sitter på. For eksempel har man lite grunnlag for å vite hvilke metoder som er mest effektive ved innhenting av denne type informasjon. Man gjorde seg flere erfaringer, som man går ut ifra at en erfaren energirådgiver er klar over:

- Hvis man henvender seg til ulike aktører kan man oppleve å få ulikt svar på samme spørsmål. Etter hvert begynte man å sjekke alle viktige fakta to til tre ganger. Dette vil være positivt med tanke på inndataenes gyldighet, men som

- arbeidstager vil man være underlagt tidspress som følge av økonomiske hensyn, dette antas derfor ikke å være optimal fremgangsmåte
- Tidsmessig er det mest effektivt å henvende seg til folk via telefon. Hvis man tar kontakt per mail kan det ta lang tid før man får svar, eller at mottaker ikke har tid til å svare i det hele tatt. Samtidig ser det ut til at hvis man ringer, kan svarene, hvis de blir gitt muntlig, ha en tendens til å være basert på antakelser istedenfor fakta. Ved svar på mail, virker det som at aktørene oftere har sjekket opp fakta, eller at de sender datablad for tekniske spesifikasjoner, noe som helt klart er å foretrekke
 - I noen tilfeller opplevde man at aktører som åpenbart burde ha oversikt over det de ble spurt om, likevel henviste til andre. For eksempel kunne ved et tilfelle verken driftsansvarlig eller leverandør av SD-anlegg oppgi maksimal oppvarmingseffekt for et varmeanlegg. Dette kan skyldes flere forhold som for eksempel tidspress eller manglende oversikt, og beviser at det ikke alltid er opplagt hvor man henter den informasjonen man trenger.
 - Registrering av faktisk forbruk er en oppgave som i praksis kan være omfattende for store bygg (Wigenstad 2005). Større bygninger kan ha kompliserte eie-/leieforhold som gjør avregning komplisert.
 - For bygg som deler varmeanlegg med andre bygninger finnes det ikke nødvendigvis data på energi- og effektbehov for hvert bygg. Dette kan særlig gjelde bygg som har felles eier og felles brukere, som for eksempel skoler med tilhørende idrettsbygg. I slike sammenhenger må man gjøre antakelser, noe det ikke nødvendigvis finnes statistisk materiale på, som beskrevet i kapittel 6.3.8. Man kan også oppleve at for eksempel energiforbruk for utearealer egentlig skal fordeles mellom alle omkringliggende bygg. Det kan imidlertid være vilkårlig i hvilken bygning måleren står, og derfor hvem som faktureres energiforbruket.

8.3.2 Spesielle inndata sin innvirkning på resultater

Ved utregning av vektet tilført energi og spesifikk varmetapskoeffisient er oppvarmet areal en viktig innparameter, og det er derfor viktig at denne er riktig. Oppvarmet areal

blir ikke alltid oppgitt i tekniske beskrivelser av en bygning, dette var også tilfellet for Vøyenenga og Lilleakerveien. Å regne opp selv viste seg å være en tidkrevende prosess

Man ønsker å gjøre oppmerksom på at oppvarmet areal er en post der man ved relativt små justeringer kan påvirke hvilke energiklasser ytelseskoeffisientene skal plasseres i. Mindre bygg og bygg med i utgangspunktet lave verdier for vektet tilført energi er mest følsomme for eventuelle justeringer.

En annen faktor som bør omtales, er ventilasjonsmengder. Siden ventilasjon inngår i varmetapstallet, vil et bygg med underdimensjonerte ventilasjonsmengder, men akseptabel virkningsgrad for varmegjenvinner, oppnå et lavt varmetapstall. Dette kan virke urimelig. Det anbefales at veiledende ventilasjonsmengder benyttes der reell mengde åpenbart er for lav i forhold til dagens praksis. Samtidig er det usikkert hvorvidt veiledende luftmengder i *prNS 3031* tar hensyn til at regulering via SD-anlegg kan fordele luftmengder på en mer effektiv måte enn før. Som med alle avvik er det viktig at eventuelle lave luftmengder kommenteres i energiattesten. (Wigenstad 2005)

8.3.3 Energi i Bygninger 3.65 som verktøy ved energiattesting

Bruerveiledning for *EiB* (Programbyggerne 2005) angir ikke etter hvilke standarder ulike verdier skal oppgis. Når veiledende verdier for ulike inndata er gitt, henvises det heller ikke til kilder. Det ble funnet til dels store avvik mellom veiledende verdier i *EiB* og veiledende verdier i *prNS 3031* (Standard Norge 2007c). Dette kan skyldes:

- At verdier i *EiB* er spesialtilpasset algoritmene i programmet, og at det ikke er meningen at man skal hente verdier fra andre kilder som standarder og forskrifter.
- At *Energi i Bygninger* har blitt oppdatert i senere tid slik at versjon 3.65 anses å være en utdatert versjon

Videre vil observasjoner ved simulering av behovsstyrte ventilasjonsanlegg, natt- og helgesenkning og beregning av varmetapstall blir diskutert.

Mangler ved simulering av behovsstyrte ventilasjonsanlegg

EiB tar, ved behovsstyrte ventilasjonsanlegg, kun hensyn til temperatur. *EiB* er

programmert til å anta at så lenge romtemperatur er lavere enn ønsket temperatur så vil anlegget kjøre på minimum luftmengde. Hvis romtemperaturen overstiger ønsket temperatur vil luftmengdene økes slik at romtemperaturen holdes på ønsket temperatur forutsatt at anleggets kapasitet er stor nok (Programbyggerne 2005). Simuleringer for anlegg der luftmengder styres av både CO₂, temperatur og tilstedeværelse blir dermed ikke optimale.

Effektgap ved simulering av natt- og helgesenkning

Man oppdaget etter hvert problemer i forbindelse med simuleringer der man hadde lagt inn natt- og helgesenkning. Prosedyre i henhold til *prNS 3031* (Standard Norge 2007c) sier at man skal legge inn standardverdier for natt- og helgesenkning og samtidig dokumentert reell eller typisk verdi for maksimaleffekt for energikilder til romoppvarming. Ved vintersimulering genererte *EiB* et effektgap på det tidspunktet man har angitt start for heving av innetemperatur om morgenen. Effektgapet opptrådte i månedene oktober til og med mars. Hvis man skal beholde nattesenkning slik *prNS 3031* (Standard Norge 2007c: Tillegg K) angir, må maksimal effekt settes til en uendelig høy verdi. Eksempel der dette ble testet ut, er ved vintersimuleringer for Lilleakerveien. Hele romoppvarmingsbehovet dekkes av elektriske varmeovner. Maksimal effekt er ukjent. Som beskrevet i kapittel 7.3.9.1, tok man utgangspunkt i typisk installert varmeeffekt for bygninger satt opp etter 1994, som er oppgitt til å ligge mellom 15 og 40 W/m² (Programbyggerne 2005). Med installert effekt på 27,5 W/m² ble resultatet av vintersimulering i januar et effektgap på 4 timer fra tidspunkt for start heving av romtemperatur. Gjentatte simuleringer ble utført for å se hvor høyt maksimal (installert) effekt måtte settes før effektgapet var dekket. Det viste seg at man måtte opp i verdier i størrelsesorden 45 W/m², som ligger godt over typisk varmeeffekt for lignende bygninger. Man oppdaget også at alle simuleringer kan kjøres på vanlig måte selv om man får melding om periodevis utilstrekkelig effekt.

Med grunnlag i dette gjorde man følgende undersøkelser for å se hvilken innvirkning justering av settpunkt-temperaturer og installerte (maksimale) effekter hadde på netto

energibehov:

- Installert effekt for romoppvarmingskilder ble holdt konstant mens settpunkttemperaturer for natt- og helgesenkning av romtemperatur ble variert. Man fikk, som forventet, at høyere settpunkttemperatur utenfor driftstid resulterer i økt netto energibehov til oppvarming.
- Settpunkttemperatur ble holdt konstant mens installert effekt til romoppvarmingskilder ble variert. Undersøkelsene viste at netto energibehov til romoppvarming også øker med økende maksimal effekt for oppvarmingskilder.

De nevnte undersøkelsene viser at netto energiforbruk økes hvis man skal tilpasse inndataene slik at effektgapet dekkes. Det antas derfor å ikke være riktig fremgangsmåte hvis retningslinjer fra *prNS 3031* (Standard Norge 2007c), som beskrevet i kapittel 4.4, skal følges. Modifikasjon av data for natt- og helgesenkning virker også mot ønsket om å oppmuntre til senkede innetemperaturer. Samtidig ønsker man å opplyse om at det kan være fornuftig å ikke slippe romtemperaturen langt ned de kaldeste vintermånedene for å unngå unormalt høye effekter og for lang oppvarmingstid.

Det er grunn til å tro at *EiB* ikke behandler nattsenkning på en slik måte som man forventer.

Uventet lave verdier for varmetapstall

Simuleringene gav beregnede varmetapskoeffisienter for Vøyenenga og Lilleakerveien på henholdsvis 0,32 og 0,44 W/m²K. Verdiene er begge innenfor A-merket for hver sin bygningskategori, og synes urimelig lav. For å etterprøve resultatene har følgende simuleringer, som antas å skulle ha innvirkning på varmetapet, blitt gjort:

- Økning av soltransmisjonsfaktor: både netto energibehov og varmetapskoeffisienten økte. Resultat som forventet.
- Økning av luftmengde: netto energibehov øker mens og varmetapskoeffisienten forblir endret. Uventet resultat.
- Økning av infiltrasjonsfaktor: netto energibehov øker mens

varmetapskoeffisienten forblir uendret. Uventet resultat.

Simuleringene viser at det er overveiende sannsynlighet for at spesifikk varmetapskoeffisient beregnet via *EiB* ikke gir et riktig bilde av varmetap grunnet transmisjon, ventilasjon og infiltrasjon. Brukerveiledning for *EiB* (Programbyggerne 2005) opplyser derimot at varmetapskoeffisienten skal ta hensyn til transmisjon, ventilasjon og infiltrasjon.

Oppsummering av uforutsette problemer med EiB

Det antas å ligge utenfor oppgavens omfang å gå dypere inn i årsaken til forholdene man har kommentert. Man har imidlertid kontaktet fagfolk med kompetanse på lignende programmer, og fikk da til svar at ” *EiB* har en del begrensninger i hva som kan modelleres, og vi bruker derfor andre programmer hos oss” (Kolsaker 2007).

8.4 Tidsbruk

Man startet med å forsøke å planlegge hvor mye tid man ville trenge til de ulike aktivitetene. Videre hadde man til hensikt å loggføre alle timer. Etter hvert som arbeidet skred framover, ble det klart at en nøyaktig loggføring var utfordrende, blant annet grunnet følgende faktorer:

- Man besluttet å ikke inkludere utarbeidelse av rapport da det inngår i resten av arbeidet med masteroppgaven. Like fullt er det vanskelig å skille aktivitetene fra hverandre. Når energiattestering trer i gang for fullt antar man at energirådgiveren nærmest fyller inn tomme felter i et skjema istedenfor å skrive det som en sammenhengende tekst, slik det delvis er blitt gjort i denne rapporten.
- Det er vanskelig å skille tidsbruk for aktiviteter som skal dokumenteres. Samtidig er det vanskelig å definere hva som bør inngå i ulike poster. Et eksempel kan være reising relatert til befaring. Undertegnede hadde NTNU i Trondheim som utgangspunkt mens byggene er i Oslo. Først brukte man tid på å avtale befaring og å bestille reisen, deretter brukte man tid på å komme seg til Oslo, for så å bruke tid i Oslo for å ta seg frem til byggene. Disse aktivitetene ble besluttet å ikke inkluderes, men deler av denne tidsbruken ville blitt fakturert

byggets eier dersom man var hyret inn som energirådgiver

- Som student er man ikke vant med å loggføre timer. Man antar også at man som student i større grad utfører private ærender innimellom annet arbeid enn hva en ansatt i en bedrift gjør. Loggføring kan derfor ha blitt både mangelfull og upresis i perioder

Av forannevnte grunner må tallene som presenteres i Tabell 8-2 kun ses på som et overslag:

Handling	Planlagt tidsbruk Vøyenenga Ungdomsskole (timer)	Reelt medgått tid Vøyenenga Ungdomsskole (timer)	Planlagt tidsbruk kontorbygningen Lilleakerveien 2C (timer)	Reelt medgått tid Kontorbygningen Lilleakerveien 2C (timer)
Innhenting av info, klarere tilgang	22,5	40	22,5	25
Befaring	10	8	8	7
Innmating og simlering i EiB	15	38	15	30
Tolkning av resultater	7,5	30	7,5	17
Totalt	55	116	53	79

Tabell 8-2 Sammenligning av planlagt tidsbruk og reelt medgått tidsbruk

Tabell 8-2 viser store avvik mellom planlagt og medgått tidsbruk for alle poster unntatt befaring:

- Innhenting av informasjon og klarering for befaring for Vøyenenga var i størrelsesorden 78 % mer tidkrevende enn forventet. For Lilleakerveien var det bare få timers avvik mellom planlagt og reelt medgått tidsbruk for innhenting av informasjon og klarering av tilgang. Den store forskjellen mellom byggene kan for eksempel skyldes at Vøyenenga er et nybygg og at driftspersonalet enda ikke har full oversikt. Samtidig hadde man skaffet eget adgangskort til kontorbygningen Lilleakerveien før arbeidet med oppgaven startet. Og trengte derfor ikke å bruke tid på klarering av tilgang
- Innmating og simulering i *EiB* var i størrelsesorden 153 % og 100 % mer tidkrevende enn forventet for henholdsvis Vøyenenga og Lilleaker. Resultatet kan skyldes at man la vekt på å samtidig skrive ned de avveiningene man gjorde, noe som antakelig ikke gjøres i like stor grad ute i bedriftene. Grunnen til at tallet er høyere for Vøyenenga enn for Lilleaker kan blant annet skyldes at innmating for Vøyenenga var første gang man brukte programmet, og at man hadde oppnådd en viss læringseffekt da arbeidet med Lilleakerveien startet.
- For posten tolking av resultater antas ulik tidsbruk mellom de to byggene å skyldes samme forhold som ved innmating og simulering. Avvik mellom planlagt og reelt medgått tidsbruk er en følge av at en for eksempel brukte tid på å undersøke uventede resultater fra simuleringene i *EiB*, som diskutert i kapittel 8.3.3.

Totalt fikk man et avvik mellom planlagt og reelt medgått tid på henholdsvis 111 og 49 % for Vøyenenga og Lilleaker.

Til slutt ønsker man å trekke frem et tiltak som kan bidra til å få ned tidsbruk til innhenting av informasjon. Det burde finnes et skjema tilgjengelig for allmennheten hvor byggeier kan be driftsansvarlige fylle ut før man ber om å få utført energiattesting. Skjemaet burde være utformet på en slik måte at energirådgiver raskt får oversikt over

kontaktinformasjon for driftsansvarlige og den relevante informasjonen driftsansvarlige har innsikt i.

9 Konklusjon og forslag til videre arbeid

9.1 Konklusjon

Utføring av det arbeid som en, på grunnlag av dagens tilgjengelige materiale, antar å må utføre for å kunne utstyre et yrkesbygg med en energiattest, viste seg å være mer krevende enn forventet. Det konkluderes med at den største utfordringen er innhenting av informasjon. Man anbefaler at informasjonssøket effektiviseres ved at det innføres et skjema tilgjengelig for allmennheten. Slik kan byggeier sørge for at driftsansvarlige besvarer en rekke punkter før energiattestering igangsettes. Skjemaet burde være utformet på en slik måte at energirådgiver raskt får en oversikt over kontaktinformasjon for driftsansvarlige og den relevante informasjonen driftsansvarlige har innsikt i.

Man ønsker å gjøre oppmerksom på at den innhentede informasjonen bør samles inn med størst mulig nøyaktighet. Oppvarmet areal er en post der man ved relativt små justeringer kan påvirke hvilke energiklasser ytelseskoeffisientene skal høre innunder. Mindre bygg og bygg med i utgangspunktet lave verdier for vektet tilført energi er mest følsomme for eventuelle justeringer. Det er også viktig å være klar over at bygg med underdimensjonerte ventilasjonsmengder, men akseptabel virkningsgrad for varmegjenvinner, oppnår et ”ufortjent” lavt varmetapstall. Det anbefales at veiledende ventilasjonsmengder benyttes der reell mengde åpenbart er for lav i forhold til dagens praksis.

Det er grunn til å tro at *Energi i Bygninger 3.65* ikke er et egnet beregningsverktøy ved beregning av ytelseskoeffisientene vektet tilført energi og spesifikk varmetapskoeffisient. Man konkluderer med at det er sannsynlig at *EiB* ikke tar høyde for natt- og helgesenkning på forventet måte. Det er også sannsynlig at beregnet varmetapsramme, som er grunnlaget for spesifikk varmetapskoeffisient, ikke behandler transmisjon, ventilasjon og infiltrasjon slik gjeldende standarder foreskriver.

Man har fått bekreftet at planlegging av tidsbruk er krevende da det er vanskelig å ta høyde for uforutsette hindringer. De største utfordringene skulle vise seg å være innhenting av riktig informasjon på en effektiv måte samt å tolke resultater fra simuleringer i *EiB*.

Vøyenenga Ungdomsskole anbefales å bli tildelt et primærmerke for vektet tilført energi i energiklasse C. Kontorbygningen Lilleakerveien 2c anbefales å bli tildelt et primærmerke for vektet tilført energi i energiklasse D. Det tilrådes at man ser bort fra de beregnede verdier for sekundærmerket spesifikk varmetapskoeffisient fordi man antar at de beregnede verdier ikke gjenspeiler spesifikk varmetapskoeffisient på riktig måte.

9.2 Forslag til videre arbeid

En videreføring av arbeidet vil være å velge et annet beregningsverktøy og å foreta simuleringer med de samme inndataene for å se om resultatene avviker fra de man fikk i *EiB*. Undersøkelsen kan også utvides til å gjelde flere bygg basert på ulike utvelgelseskriterier der man for eksempel ser på virkningen av faktorer som bygningskropp, energibærer, oppvarmingssystem, bruk av sentral driftskontroll og lignende.

10 Litteraturliste

Byggforsk 1999. 471.017 *Kuldebroer. Tabeller med kuldebroverdier.*

Bøhn, T.I., Ulriksen, T., Weydahl, E. 2006. Veiledning for næringsbyggrådgivere. Rapport av Multiconsult for Enova SF.

Bærum Kommune 2004. *Hovedprogram for Vøyenenga skole og flerbrukshall- 15 klassers ungdomsskole.* Vedlegg 3a, sist revidert 29/04- 2004.

Dokka, T.H., Thyholt, M. 2001. *Revidert metode for energirammeberegning.* Utført av Sintef på oppdrag fra Statens bygningstekniske etat (BE)

EnergiNet 2004. Webbasert energiadministrasjonssystem [online].
http://www.energinet.no/Energinet%20produktinfo/Energinet_Segmenter.html
[05.06.2007]

Farstadvoll, B. F. 30.04.2007. Prosjektleder Gunnar Karlsen AS, svar på mail angående tekniske spesifikasjoner tilhørende ventilasjonsaggregatene på Vøyenenga Ungdomsskole.

Gjerstad, F. O. 2007. Energirådgiver innen bolig, bygg og anlegg, Enova. Samtale per telefon 10.05.2007.

Gunnar Karlsen AS 2004. Vøyenenga Ungdomsskole- Teknisk beskrivelse VVS-anlegg. Sist revidert 10.02.2006.

Gunnar Karlsen AS 2006

- a. *Tekniske data for ventilasjonsaggregatene på Vøyenenga- Prosjekt 2430803: Aggregat 36.01-05.* Leverandør: FläktWoods, utarbeidet 04.24.2006.

- b. *Vøyenenga Systemskjemaer: Varmesentral, forbruksvann og gulvvarmekurser.*
Utarbeidet av Glenn Næss, sist revidert 11.09.2006.

Hafslund 2006. *Nettleie- bedrifter, næringsliv, større privatkunder m.v.* [online]
Nettleiepriser i Hafslunds Netts forsyningsområde, gjeldende fra 1. sept.2006.
http://www.hafslund.no/bedrift/nettleie/artikler/les_artikkel.asp?artikkelid=239
[04.05.2007]

Hansen, S.O. 2007. Professor og faglig ansvarlig for masteroppgaven, Institutt for Energi- og prosessteknikk. Samtale over telefon 31.05.2007.

Kolsaker, K. 2007. Førsteammanuensis ved Institutt for Energi- og prosessteknikk, NTNU. Svar på mail angående resultater fra simuleringer i *Energi i bygninger 3.65.* 08.06.2007.

Kommunal- og regionaldepartementet 09.11.2006. Statens bygningstekniske etat. *Høringsforslag juni 2006: endringer i Tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven* [online]. <http://www.be.no/beweb/regler/tekhoering06/> [01.09.2006]

Kommunal- og regionaldepartementet 26.01.2007. *Forskrift om endringer i forskrift 22.11.1997 nr.33 til Plan- og Bygningsloven om krav til byggverk og produkter til byggverk (TEK).*

Kommunal- og regionaldepartementet 29.01.2007. *Orientering om endringer i Forskrifter til Plan- og Bygningsloven fastsatt 26.01.2007* [online]. Brev med orientering om endringene.
<http://www.regjeringen.no/nb/dep/krd/pressesenter/pressemeldinger/2007/Endringer-i-forskrifter-til-plan-og-bygn.html?id=448763> [31.01.2006]

Kommunal- og regionaldepartementet 30.01.2007

- a. *Skjerpede energikrav til nye boliger* [online]. Pressemelding, Nr.6/2007.
<http://odin.dep.no/krd/norsk/aktuelt/nyheter/bn.html> [31.01.2006]
- b. *Regjeringen har vedtatt nye energikrav* [online]. Pressemelding, Nr. 7/2007.
<http://odin.dep.no/krd/norsk/aktuelt/nyheter/bn.html> [31.01.2007]

Kristiansen, Ø 2007. Svar på mail : Vedrørende varmeanlegget på Vøyenenga Ungdomsskole. Mottatt 16.05.2007. Hovedprosjektør VVS-anlegget på Vøyenenga Ungdomsskole, ÅF-Consult.

Lexov, T.E. 2005. Beregningsmetoder for bygningers energiytelse. Foredrag holdt på Norges Energidager, 21.oktober 2005.

NVE (Norges vassdrags- og energidirektorat) 2006. *Energimerking: bygg* [online].

- a. *Forslag til nye byggeforskrifter er lagt frem til høring* [04.09.2006]
- b. *Organisering* [23.09.2006]

<http://www.bygningsenergidirektivet.no/index.asp?mids=a1366a>

Programbyggerne 2005. *Energi i Bygninger 3.65*. Dataprogram for effekt-, energi- og lønnsomhetsanalyser av bygninger med tilhørende brukerveiledning, både separat og innebygd.

Reinertsen Anlegg 2004. *Vøyenenga Ungdomsskole- Mengdeberegning og rombehandling skjema*. Sist oppdaterte versjon 19.09.2004.

Reinertsen Anlegg 2006.

- a. *Isolasjon i grunnen Vøyenenga*. Håndberegninger av U-verdier, utført 08.02.2006.
- b. *Vøyenenga- Energiberegning: Forutsetninger og resultater*. Sist revidert 07.02.2006.

Reinertsen Engineering 2006. *Arbeidsdokument: ENØK-RAPPORT FOR Lilleakerveien*

2C. Uferdig dokument, sist redigert 23.10.2006, Klaus Jensen.

Rode, W. 2007. *Energimerking av bygninger* [online]. Foredrag holdt på Enovas nettverkssamling ofr bolig, bygg og anlegg, Trondheim, februar 2007. <http://www.enova.no/?itemid=4326> [20.02.2007]

Standard Norge 1987. *NS 3032 Bygningers energi- og effektbudsjett*. 1.utgave april 1984.

Standard Norge 1987. *NS 3031 Beregning av bygningers energi- og effektbehov til oppvarming og ventilasjon*. 4.utgave mai 1986.

Standard Norge 2006. *Om oss* [online]. <http://www.standard.no/> [05.11.2006]

Standard Norge 2007

- a. *NS 3940 2007 Areal- og volumberegning av bygninger*.
- b. *prEN 15603 Energy performance of buildings- Overall energy use, CO2 emissions and definition of energy ratings*. Utkast publisert april 2007.
- c. *prNS 3031 Beregning av bygningers energibehov- Metoder og data* [online]. Erstatte NS 3031, 3.utgave 1986. Utkast med høringsfrist 16.05.2007. <http://www.standard.no/imaker.exe?id=4880> [04.05.2007]

Statens bygningstekniske etat 2006 [online]. *Anbefalinger fra Statens bygningstekniske etat 9.11.2006: Nye energikrav*. Justerte energikrav som følge av høring på forslag til endringer i Tekniske forskrifter til Plan- og Bygningsloven juni 2006. <http://www.be.no/beweb/info/pressem/emeldingenergi1106.html> [22.11.2006]

Statens Bygningstekniske etat 30.01.2007. *Nye byggeregler er vedtatt: 25% lavere energibehov i nye bygninger* [online]. eMelding. <http://www.be.no/beweb/info/pressem/070130energi.html> [31.01.2007] (ikke brukt enda, og består av både e-melding og presentasjon)

Statens Bygningstekniske etat 18.04.2007. Revidert veiledning til teknisk forskrift [online].
Pressemelding 18.04.2007.
<http://www.be.no/beweb/info/presse/070418tekveil.html> [18.05.2007]

Statens Bygningstekniske etat mars 2007. Nye energikrav- Veiledning til teknisk forskrift 1997 4.utgave mars 2007 [online].
[.http://www.be.no/beweb/regler/veil/tekveil07/tekveilinnh2007.html](http://www.be.no/beweb/regler/veil/tekveil07/tekveilinnh2007.html) [18.05.2007]

Svensk Byggtjänst 2005. *Ett starkt tak- helt klart: tunga argument för at byga med Masonite Lättelement*. Byggekatalogen juni 2005.

Ukjent 1999. *As built plantegninger Lilleakerveien 2*. Nedlastet fra intern base Reinertsen engineering 23.07.2007.

Weie, C. 2006. *Direktivet om bygningers energiytelse og innføring av energimerking i praksis*. Prosjektoppgave, Institutt for energi- og prosessteknikk ved NTNU, Trondheim, høst 2006.

Wigenstad, T., Dokka, T.H., Pettersen, T. og Myhre, L. 2005. *Energimerking av næringsbygg*. Samarbeidsprosjekt mellom Byggforsk og SINTEF Bygg og Miljø på oppdrag fra NVE. Norges byggforskningsinstitutt, Oslo.

Wigenstad, T. 2006. varmelagringseffekt ved bruk av tunge materialer i bygninger. SINTEF Byggforsk, Arkitektur og byggteknikk, Trondheim.

York Kulde AS 2005. Varmepumpe MWA 3x500 MTS, lake/vann. Spesifikasjoner for varmpumpe. (skaffet til veie fra oy kr af)

York Kulde AS 2006. *Beskrivelse av anlegget. Chillers: installation, operation and*

maintenance, Revision SW001E 15/03/2005. Spesifikasjoner ved installasjon, drift og vedlikehold av varmepumpeanlegget. York Refrigeration, York International, avd. Oslo

Innholdsfortegnelse Vedlegg

A	Stikkordregister.....	A-1
B	Energy Performance Building Directive.....	B-1
C	Plantegninger Vøyenenga Ungdomsskole.....	C-1
D	Beregninger Vøyenenga Ungdomsskole.....	D-1
E	Yttervegger og kuldebroer Vøyenenga Ungdomsskole	E-1
F	U-verdier gulv på grunn Vøyenenga Ungdomsskole.....	F-1
G	Tekniske spesifikasjoner ventilasjonsaggregater Vøyenenga Ungdomsskole.....	G-1
H	Varmeanlegg Vøyenenga Ungdomsskole.....	H-1
	H.1 Systemskisse varmeanlegg.....	H-1
	H.2 Vannbårent distribusjonssystem	H-2
I	Resultater simuleringer Vøyenenga Ungdomsskole.....	I-1
	I.1 Simulering av standard enøkrapport Vøyenenga Ungdomsskole.....	I-1
	I.2 Sommersimulering Vøyenenga Ungdomsskole.....	I-2
	I.3 Vintersimulering Vøyenenga Ungdomsskole	I-5
	I.4 Årssimulering Vøyenenga Ungdomsskole	I-8
J	Plantegninger kontorbygningen Lilleakerveien 2c	J-1
K	Areal og volum Lilleakerveien 2c.....	K-1
L	Fasader og kuldebroer Lilleakerveien 2c	L-1
M	Resultater simuleringer kontorbygningen Lilleakerveien 2c	M-1
	M.1 Simulering av standard enøkrapport kontorbygningen Lilleakerveien 2c	M-1
	M.2 Sommersimulering kontorbygningen Lilleakerveien 2c.....	M-3
	M.3 Vintersimulering kontorbygningen Lilleakerveien 2c	M-5
	M.4 Årssimulering kontorbygningen Lilleakerveien 2c	M-8

A Stikkordregister

Energiattest: inneholder all den informasjonen som EU-direktivet krever. Dette gjelder for eksempel sammenligning i forhold til gitte nivåer, beskrevet ved hjelp av energimerke, og forslag til tiltak. (Wigenstad et al.2005)

Energimerke: den fysiske delen av energiattesten. Angir nivået på energiregnskapet. (Wigensad et al. 2005)

Likeverdige energikilder: ”energikilder som alene kan forsyne bygget med all energien over lengre tid” (Wigenstad et al. 2005)

Totalt netto energibehov: bygningens behov for energi til oppvarming, ventilasjon, vifter, tappevann, belysning, utstyr og kjøling. Behovet er estimert etter antatt standardisert bruk av bygget og ved gitte krav til inneklime. (Wigenstad et al. 2005)

Nye fornybare energikilder: fornybare energikilder som ikke forårsaker Co2-utslipp men som kan erstatte elektrisitet brukt til oppvarmingsformål. Eksempler kan være biobrensel, sol, avfallsbrensel, spillvarme og omgivelsesvarme. (Kommunal- og regionaldepartementet 09.11.2006)

Næringsbygg: også omtalt som yrkesbygg. De bygg som ikke inngår i kategorien småhus. Boligblokker skal inngå i denne gruppen. (Baardsen og Jørgensen 2006)

Småhus: bygg der eneboliger utgjør hovedandelen, inntil 4 boenheter (Baardsen og Jørgensen 2006)

Specific Fan Power (SFP): indikerer energibruk tilknyttet transport av luft i et ventilasjonsanlegg. (Baardsen og Jørgensen 2006)

Spesifikk varmetapskoeffisient (bygningens varmetapstall): angir samlet varmetap fra varmegjennomgang (transmisjon), ventilasjon og luftlekkasjer fordelt på totalt oppvarmet flate”. (Wigenstad et al. 2005)

Tilført energi: den energien som er nødvendig for å dekke byggets totale netto energibehov. Her tar man også hensyn til systemtap i energisystemet i tilknytning til produksjon, distribusjon, lagring og avgivelse. (Wigenstad et al. 2005)

Vektet tilført energi (bygningens energital): tar hensyn til bygningens varmetekniske egenskaper, effektiviteten til dens tekniske installasjoner, bygningens energiforsynings- og oppvarmingssystem samt de ulike energikildenes samfunnsmessige miljøkostnader. (Wigenstad et al. 2005)

B Energy Performance Building Directive

Omtales som EPBD. Den originale direktivteksten

4.1.2003

EN

Official Journal of the European Communities

L 1/65

DIRECTIVE 2002/91/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2002 on the energy performance of buildings

THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION,

Having regard to the Treaty establishing the European Community, and in particular Article 175(1) thereof,

Having regard to the proposal from the Commission ⁽¹⁾,

Having regard to the opinion of the Economic and Social Committee ⁽²⁾,

Having regard to the opinion of the Committee of the Regions ⁽³⁾,

Acting in accordance with the procedure laid down in Article 251 of the Treaty ⁽⁴⁾,

Whereas:

- (1) Article 6 of the Treaty requires environmental protection requirements to be integrated into the definition and implementation of Community policies and actions.
- (2) The natural resources, to the prudent and rational utilisation of which Article 174 of the Treaty refers, include oil products, natural gas and solid fuels, which are essential sources of energy but also the leading sources of carbon dioxide emissions.
- (3) Increased energy efficiency constitutes an important part of the package of policies and measures needed to comply with the Kyoto Protocol and should appear in any policy package to meet further commitments.
- (4) Demand management of energy is an important tool enabling the Community to influence the global energy market and hence the security of energy supply in the medium and long term.
- (5) In its conclusions of 30 May 2000 and of 5 December 2000, the Council endorsed the Commission's action plan on energy efficiency and requested specific measures in the building sector.
- (6) The residential and tertiary sector, the major part of which is buildings, accounts for more than 40 % of final energy consumption in the Community and is expanding, a trend which is bound to increase its energy consumption and hence also its carbon dioxide emissions.

(7) Council Directive 93/76/EEC of 13 September 1993 to limit carbon dioxide emissions by improving energy efficiency (SAVE) ⁽⁵⁾, which requires Member States to develop, implement and report on programmes in the field of energy efficiency in the building sector, is now starting to show some important benefits. However, a complementary legal instrument is needed to lay down more concrete actions with a view to achieving the great unrealised potential for energy savings and reducing the large differences between Member States' results in this sector.

(8) Council Directive 89/106/EEC of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products ⁽⁶⁾ requires construction works and their heating, cooling and ventilation installations to be designed and built in such a way that the amount of energy required in use will be low, having regard to the climatic conditions of the location and the occupants.

(9) The measures further to improve the energy performance of buildings should take into account climatic and local conditions as well as indoor climate environment and cost-effectiveness. They should not contravene other essential requirements concerning buildings such as accessibility, prudence and the intended use of the building.

(10) The energy performance of buildings should be calculated on the basis of a methodology, which may be differentiated at regional level, that includes, in addition to thermal insulation other factors that play an increasingly important role such as heating and air-conditioning installations, application of renewable energy sources and design of the building. A common approach to this process, carried out by qualified and/or accredited experts, whose independence is to be guaranteed on the basis of objective criteria, will contribute to a level playing field as regards efforts made in Member States to energy saving in the buildings sector and will introduce transparency for prospective owners or users with regard to the energy performance in the Community property market.

- (12) Buildings will have an impact on long-term energy consumption and new buildings should therefore meet minimum energy performance requirements tailored to the local climate. Best practice should in this respect be geared to the optimum use of factors relevant to enhancing energy performance. As the application of alternative energy supply systems is generally not explored to its full potential, the technical, environmental and economic feasibility of alternative energy supply systems should be considered; this can be carried out once, by the Member State, through a study which produces a list of energy conservation measures, for average local market conditions, meeting cost-effectiveness criteria. Before construction starts, specific studies may be requested if the measure, or measures, are deemed feasible.
- (13) Major renovations of existing buildings above a certain size should be regarded as an opportunity to take cost-effective measures to enhance energy performance. Major renovations are cases such as those where the total cost of the renovation related to the building shell and/or energy installations such as heating, hot water supply, air-conditioning, ventilation and lighting is higher than 25 % of the value of the building, excluding the value of the land upon which the building is situated, or those where more than 25 % of the building shell undergoes renovation.
- (14) However, the improvement of the overall energy performance of an existing building does not necessarily mean a total renovation of the building but could be confined to those parts that are most relevant for the energy performance of the building and are cost-effective.
- (15) Renovation requirements for existing buildings should not be incompatible with the intended function, quality or character of the building. It should be possible to recover additional costs involved in such renovation within a reasonable period of time in relation to the expected technical lifetime of the investment by accrued energy savings.
- (16) The certification process may be supported by programmes to facilitate equal access to improved energy performance; based upon agreements between organisations of stakeholders and a body appointed by the Member States; carried out by energy service companies which agree to commit themselves to undertake the identified investments. The schemes adopted should be supervised and followed up by Member States, which should also facilitate the use of incentive systems. To the extent possible, the certificate should describe the actual energy-performance situation of the building and may be revised accordingly. Public authority buildings and buildings frequently visited by the public should set an example by taking environmental and energy considerations into account and therefore should be subject to energy certification on a regular basis. The dissemination to the public of this information on energy performance should be enhanced by clearly displaying these energy certificates. Moreover, the displaying of officially recommended indoor temperatures, together with the actual measured temperature, should discourage the misuse of heating, air-conditioning and ventilation systems. This should contribute to avoiding unnecessary use of energy and to safeguarding comfortable indoor climatic conditions (thermal comfort) in relation to the outside temperature.
- (17) Member States may also employ other means/measures, not provided for in this Directive, to encourage enhanced energy performance. Member States should encourage good energy management, taking into account the intensity of use of buildings.
- (18) Recent years have seen a rise in the number of air-conditioning systems in southern European countries. This creates considerable problems at peak load times, increasing the cost of electricity and disrupting the energy balance in those countries. Priority should be given to strategies which enhance the thermal performance of buildings during the summer period. To this end there should be further development of passive cooling techniques, primarily those that improve indoor climatic conditions and the microclimate around buildings.
- (19) Regular maintenance of boilers and of air-conditioning systems by qualified personnel contributes to maintaining their correct adjustment in accordance with the product specification and in that way will ensure optimal performance from an environmental, safety and energy point of view. An independent assessment of the total heating installation is appropriate whenever replacement could be considered on the basis of cost-effectiveness.
- (20) The billing, to occupants of buildings, of the costs of heating, air-conditioning and hot water, calculated in proportion to actual consumption, could contribute towards energy saving in the residential sector. Occupants should be enabled to regulate their own consumption of heat and hot water, in so far as such measures are cost effective.
- (21) In accordance with the principles of subsidiarity and proportionality as set out in Article 5 of the Treaty, general principles providing for a system of energy performance requirements and its objectives should be established at Community level, but the detailed implementation should be left to Member States, thus allowing each Member State to choose the regime which corresponds best to its particular situation. This Directive confines itself to the minimum required in order to achieve those objectives and does not go beyond what is necessary for that purpose.

2. The energy performance requirements shall be applied in accordance with Articles 5 and 6.

3. Member States may decide not to set or apply the requirements referred to in paragraph 1 for the following categories of buildings:

- buildings and monuments officially protected as part of a designated environment or because of their special architectural or historic merit, where compliance with the requirements would unacceptably alter their character or appearance,
- buildings used as places of worship and for religious activities,
- temporary buildings with a planned time of use of two years or less, industrial sites, workshops and non-residential agricultural buildings with low energy demand and non-residential agricultural buildings which are in use by a sector covered by a national sectoral agreement on energy performance,
- residential buildings which are intended to be used less than four months of the year,
- stand-alone buildings with a total useful floor area of less than 50 m².

Article 5

New buildings

Member States shall take the necessary measures to ensure that new buildings meet the minimum energy performance requirements referred to in Article 4.

For new buildings with a total useful floor area over 1 000 m², Member States shall ensure that the technical, environmental and economic feasibility of alternative systems such as:

- decentralised energy supply systems based on renewable energy,
- CHP,
- district or block heating or cooling, if available,
- heat pumps, under certain conditions,

is considered and is taken into account before construction starts.

Article 6

Existing buildings

Member States shall take the necessary measures to ensure that when buildings with a total useful floor area over 1 000 m² undergo major renovation, their energy performance is upgraded in order to meet minimum requirements in so far as this is technically, functionally and economically feasible. Member States shall derive these minimum energy performance requirements on the basis of the energy performance requirements set for buildings in accordance with Article 4. The requirements may be set either for the renovated building as a whole or for the renovated systems or components when these

are part of a renovation to be carried out within a limited time period, with the abovementioned objective of improving the overall energy performance of the building.

Article 7

Energy performance certificate

1. Member States shall ensure that, when buildings are constructed, sold or rented out, an energy performance certificate is made available to the owner or by the owner to the prospective buyer or tenant, as the case might be. The validity of the certificate shall not exceed 10 years.

Certification for apartments or units designed for separate use in blocks may be based:

- on a common certification of the whole building for blocks with a common heating system, or
- on the assessment of another representative apartment in the same block.

Member States may exclude the categories referred to in Article 4(3) from the application of this paragraph.

2. The energy performance certificate for buildings shall include reference values such as current legal standards and benchmarks in order to make it possible for consumers to compare and assess the energy performance of the building. The certificate shall be accompanied by recommendations for the cost-effective improvement of the energy performance.

The objective of the certificates shall be limited to the provision of information and any effects of these certificates in terms of legal proceedings or otherwise shall be decided in accordance with national rules.

3. Member States shall take measures to ensure that for buildings with a total useful floor area over 1 000 m² occupied by public authorities and by institutions providing public services to a large number of persons and therefore frequently visited by these persons an energy certificate, not older than 10 years, is placed in a prominent place clearly visible to the public.

The range of recommended and current indoor temperatures and, when appropriate, other relevant climatic factors may also be clearly displayed.

Article 8

Inspection of boilers

With regard to reducing energy consumption and limiting carbon dioxide emissions, Member States shall either:

- (a) lay down the necessary measures to establish a regular inspection of boilers fired by non-renewable liquid or solid fuel of an effective rated output of 20 kW to 100 kW. Such inspection may also be applied to boilers using other fuels.

Boilers of an effective rated output of more than 100 kW shall be inspected at least every two years. For gas boilers, this period may be extended to four years.

For heating installations with boilers of an effective rated output of more than 20 kW which are older than 15 years, Member States shall lay down the necessary measures to establish a one-off inspection of the whole heating installation. On the basis of this inspection, which shall include an assessment of the boiler efficiency and the boiler sizing compared to the heating requirements of the building, the experts shall provide advice to the users on the replacement of the boilers, other modifications to the heating system and on alternative solutions; or

- (b) take steps to ensure the provision of advice to the users on the replacement of boilers, other modifications to the heating system and on alternative solutions which may include inspections to assess the efficiency and appropriate size of the boiler. The overall impact of this approach should be broadly equivalent to that arising from the provisions set out in (a). Member States that choose this option shall submit a report on the equivalence of their approach to the Commission every two years.

Article 9

Inspection of air-conditioning systems

With regard to reducing energy consumption and limiting carbon dioxide emissions, Member States shall lay down the necessary measures to establish a regular inspection of air-conditioning systems of an effective rated output of more than 12 kW.

This inspection shall include an assessment of the air-conditioning efficiency and the sizing compared to the cooling requirements of the building. Appropriate advice shall be provided to the users on possible improvement or replacement of the air-conditioning system and on alternative solutions.

Article 10

Independent experts

Member States shall ensure that the certification of buildings, the drafting of the accompanying recommendations and the inspection of boilers and air-conditioning systems are carried out in an independent manner by qualified and/or accredited experts, whether operating as sole traders or employed by public or private enterprise bodies.

Article 11

Review

The Commission, assisted by the Committee established by Article 14, shall evaluate this Directive in the light of experience gained during its application, and, if necessary, make proposals with respect to, *inter alia*:

- (a) possible complementary measures referring to the renovations in buildings with a total useful floor area less than 1 000 m²;

- (b) general incentives for further energy efficiency measures in buildings.

Article 12

Information

Member States may take the necessary measures to inform the users of buildings as to the different methods and practices that serve to enhance energy performance. Upon Member States' request, the Commission shall assist Member States in staging the information campaigns concerned, which may be dealt with in Community programmes.

Article 13

Adaptation of the framework

Points 1 and 2 of the Annex shall be reviewed at regular intervals, which shall not be shorter than two years.

Any amendments necessary in order to adapt points 1 and 2 of the Annex to technical progress shall be adopted in accordance with the procedure referred to in Article 14(2).

Article 14

Committee

1. The Commission shall be assisted by a Committee.
2. Where reference is made to this paragraph, Articles 5 and 7 of Decision 1999/468/EC shall apply, having regard to the provisions of Article 8 thereof.

The period laid down in Article 5(6) of Decision 1999/468/EC shall be set at three months.

3. The Committee shall adopt its Rules of Procedure.

Article 15

Transposition

1. Member States shall bring into force the laws, regulations and administrative provisions necessary to comply with this Directive at the latest on 4 January 2006. They shall forthwith inform the Commission thereof.

When Member States adopt these measures, they shall contain a reference to this Directive or shall be accompanied by such reference on the occasion of their official publication. Member States shall determine how such reference is to be made.

2. Member States may, because of lack of qualified and/or accredited experts, have an additional period of three years to apply fully the provisions of Articles 7, 8 and 9. When making use of this option, Member States shall notify the Commission, providing the appropriate justification together with a time schedule with respect to the further implementation of this Directive.

Article 16

Entry into force

This Directive shall enter into force on the day of its publication in the *Official Journal of the European Communities*.

Article 17

Addressees

This Directive is addressed to the Member States.

Done at Brussels, 16 December 2002.

For the European Parliament

The President

P. COX

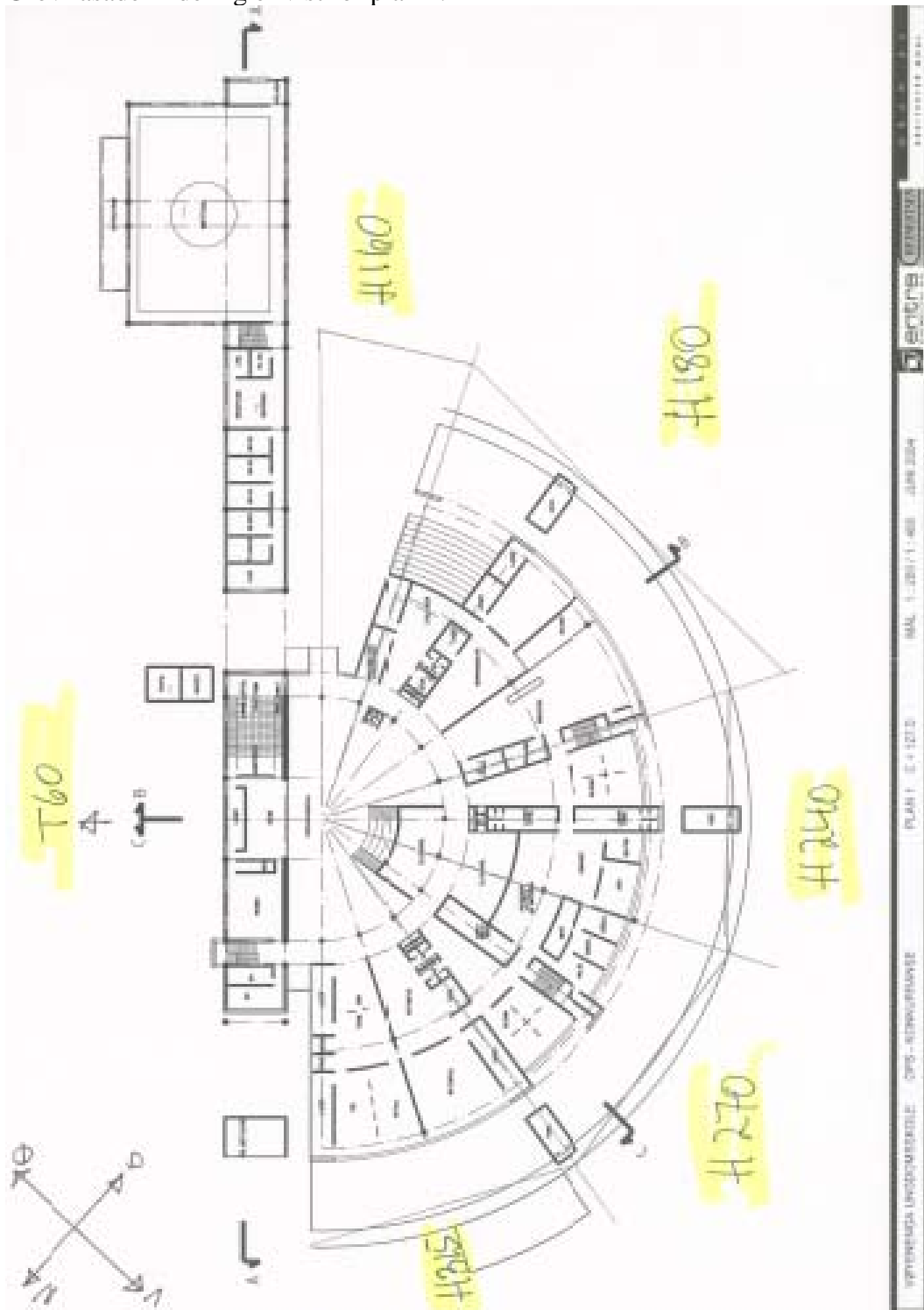
For the Council

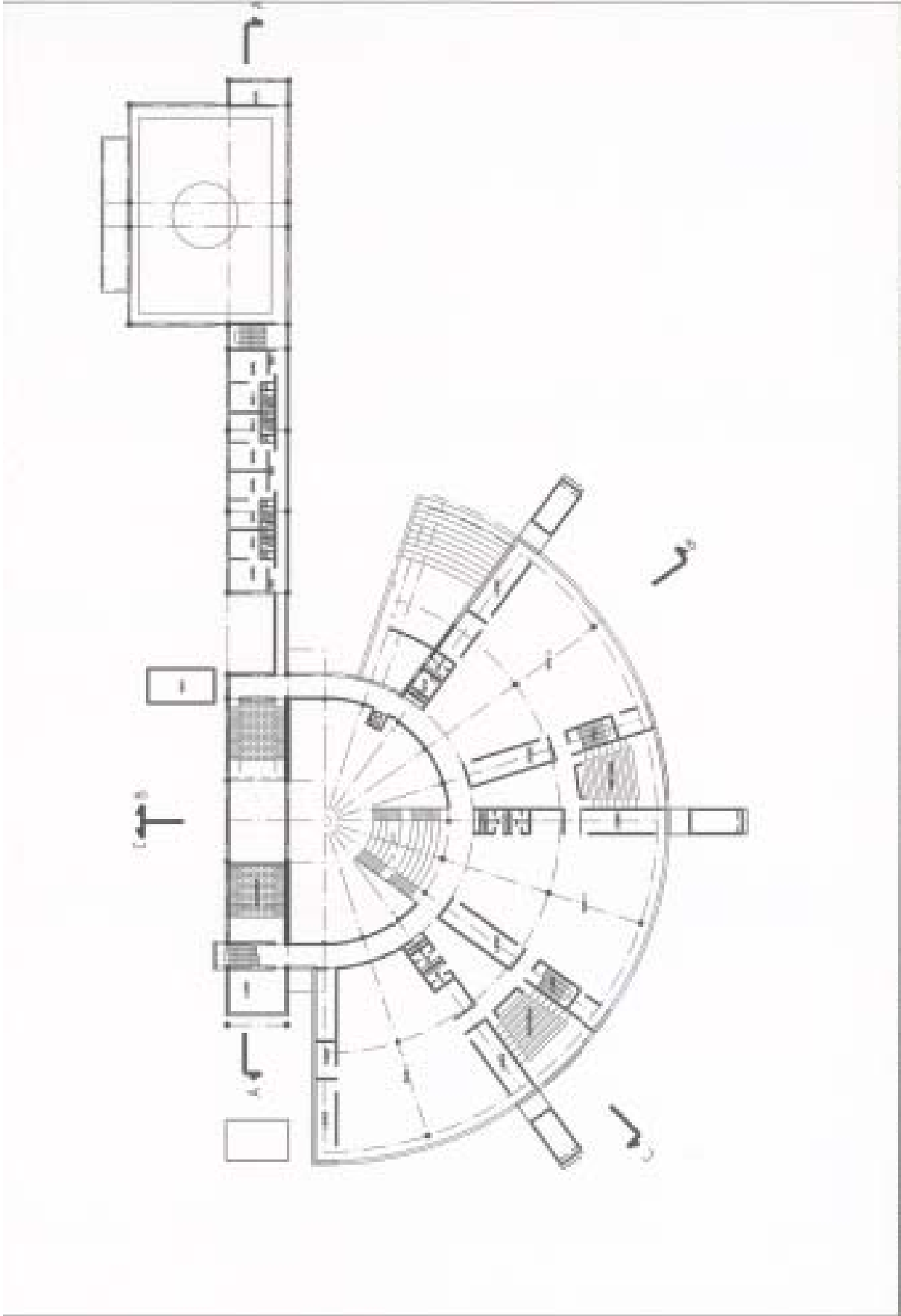
The President

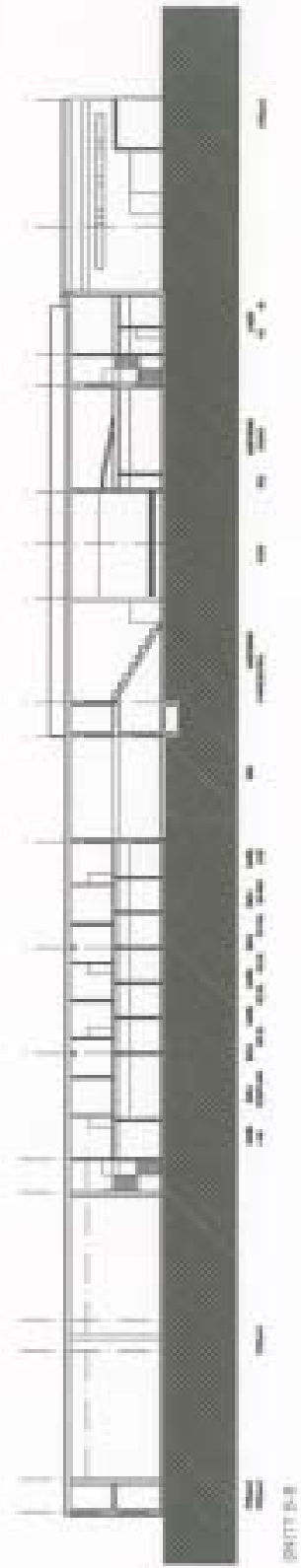
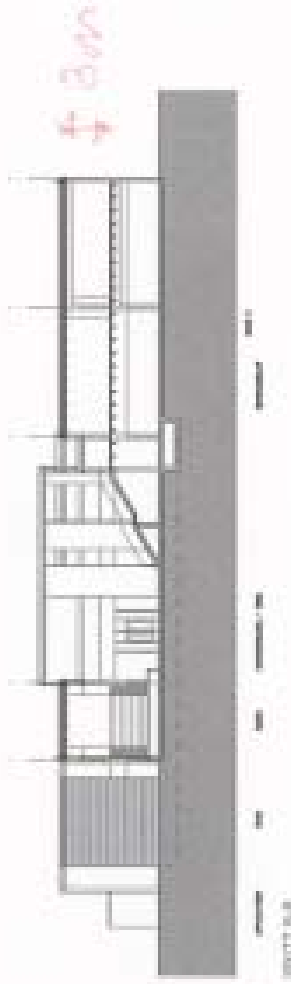
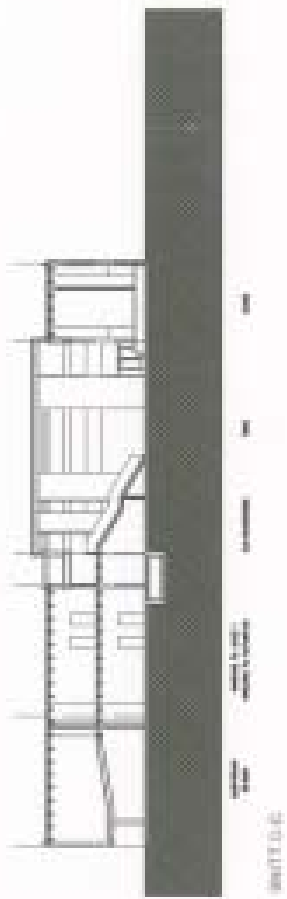
M. FISCHER BOEL

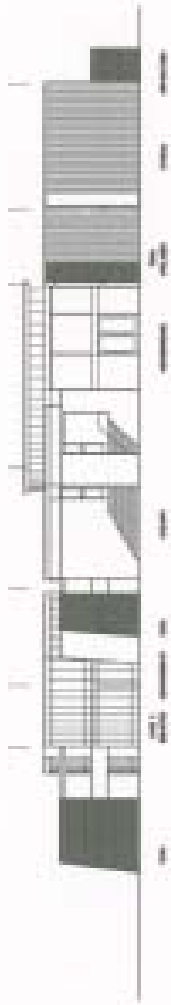
C Plantegninger Vøyenenga Ungdomskole

Grov fasadeinndeling er vist for plan 1.

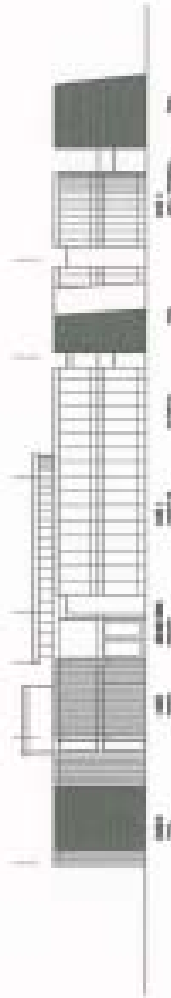




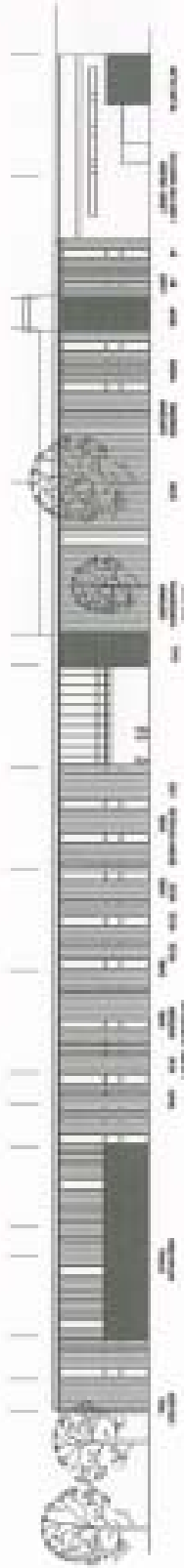




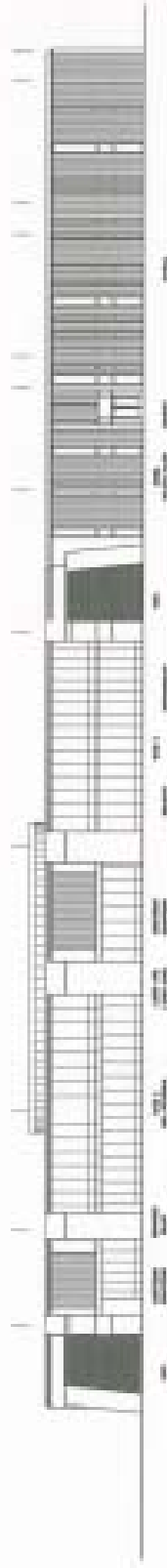
FACADE WEST 600



FACADE WEST 6000



FACADE WEST 601



FACADE WEST 602

D Beregninger Vøyenenga Ungdomsskole

Tabellen viser bilde av brukergrensesnitt i Excel.

Tabell D-1 viser rommenes areal, takhøyde og volum er lagt inn. Arealer og volum er summert. Romnummer henviser til nummerering i *Vøyenenga Ungdomsskole-Mengdeberegning og rombehandling skjema* (Reinertsen Anlegg 2004)

Tabell D-1 Romhøyder og arealer Vøyenenga Ungdomsskole.

Romnr.	Romtype	Areal (m ²)	Takhøyde (m)	Volum (m ³)
PLAN 1				
HJEMMEBASER				
1.1.20'	Elevgard	66.0	3.2	211.2
1.1.21'	Elevgard	65.0	3.2	208
1.1.30'	WC	7.8	3.5	27.3
1.1.31'	WC	7.8	3.5	27.3
1.1.32'	HC WC	7.8	3.5	27.3
1.1.33'	WC	7.0	3.5	24.5
1.1.50'	Bibliotek	125.5	3.5	439.075
1.1.60'	Lese-arbeidsrom	40.0	3.2	128
1.1.70'	Spesialgruppe	74.7	3.2	239.04
1.1.71'	Spesialgruppe	74.7	3.2	239.04
1.1.80'	Bokmagasin	15.9	3.5	55.65
1.1.90'	AV- mediarom	15.9	3.5	55.65
SPESIALROM				
1.2.10'	Kantine	70.8	3.5	247.8
1.2.11'	Heimkunnskap	117.0	3.5	409.5
1.2.53'	Lager	31.8	4.4	139.92
1.2.12'	Lager	12.3	4.4	54.12
1.2.13'	Lager	16.2	4.4	71.28
1.2.20'	Søm	40.0	3.5	140
1.2.21'	Tegne	40.0	3.5	140
1.2.22'	Tre	55.0	3.5	192.5
1.2.23'	Metall	50.0	3.5	175
1.2.30'	Materiallager	26.4	4.4	116.16
1.2.31'	Materiallager	31.8	4.4	139.92
1.2.40'	Keramikk	5.9	4.4	25.96
1.2.41'	Male	5.9	4.4	25.96
1.2.50'	Naturfag	63.3	3.5	221.55
1.2.51'	Miljøfag	111.0	3.5	388.5
1.2.52'	Forberedelse	12.3	3.5	43.05
1.2.218'	Lager/tidsskrift	22.1	3.2	70.72
1.2.60'	Musikk	58.0	3.5	203
1.2.70'	Redigering	7.2	4	28.8

1.2.80'	Øvingsrom musikk	16.2	3.5	56.7
1.2.81'	Øvingsrom musikk	24.5	3.5	85.75
1.2.90'	Lager musikk	15.0	3.5	52.5
	ADMINISTRASJON			
1.3.10'	Forkontor	52.7	3.5	184.45
1.3.20'	Rektor	19.2	3.2	61.44
1.3.30'	Administrasjon	32.3	3.2	103.36
1.3.40'	Arkiv	10.0	3.5	35
1.3.5'	Hvilerom	6.0	3.2	19.2
1.3.60'	Møterom	19.5	3.2	62.4
	PERSONALAVD.			
	Pause-/møter.			
1.4.10/20/30'	m/tekjøk.	120.0	3.2	384
01.02.1954	Kopi/rekvisita	10.5	3.5	36.75
1.4.61'	Miljøarbeider	19.2	3.2	61.44
1.4.62'	Sosialarbeider	16.3	3.2	52.16
1.4.63'	Rådgiver	16.3	3.2	52.16
1.4.80'	Lærer/personalgard.	30.0	3.5	105
1.4.81'	Lærer/personalgard.	31.8	3.5	111.3
	FORSAMLINGSSAL			
1.5.10'	Auditorium	84.0	7.3	613.2
1.5.20'	Torg- sal	397.0	10.3	4089.1
1.5.21'	Scene	56.0	8.5	476
1.5.30'	Vestibyle	62.4	4.5	280.8
1.5.31'	Vestibyle	62.4	3.5	218.4
1.5.32'	Vestibyle	60.5	3.5	211.75
1.2.90'	Utstyrslager	27.0	8.5	229.5
	ANDRE ROM			
1.7.20'	Bøttekott	9.7	4.4	42.68
1.7.30'	Vaktmester+tilsynsvakt	27.9	4.4	122.76
1.7.40'	Rekvisitalager	6.3	4.4	27.72
	TEKNISKE ROM			
	inngår ikke i oppvarmet areal: 129 m2.			
	KOMMUNIKASJON			
TR1	Trapp auditorie	100.0	4.5	450
TR2	Trapp	22.4	4.5	100.8
TR3	Rømningstrapp	31.8	4	127.2
TR4	Rømningstrapp	25.5	4	102
	Trapp	26.0	4	104
	Div. korridorer	68.7	3.5	240.45
PLAN 2				
	HJEMMEBASER			
2.1.11'	Base 1	370.0	4	1480

2.1.12'	Base 2	370.0	4	1480
2.1.13'	Base 3	370.0	4	1480
2.1.14'	Auditorium	66.5	4	266
2.1.15'	Auditorium	94.1	4	376.4
2.1.16'	Auditorium	94.1	4	376.4
2.1.30'	WC	7.8	2.6	20.28
2.1.31'	WC	7.8	2.6	20.28
2.1.32'	WC	7.8	2.6	20.28
2.1.33'	WC	7.8	2.6	20.28
2.1.34'	HCWC	8.1	2.6	21.06
2.1.35'	WC	7.8	2.6	20.28
2.1.40'	Rekvisita	12.3	2.6	31.98
2.1.41'	Rekvisita	12.0	2.6	31.2
2.1.42'	Rekvisita	8.9	2.6	23.14
	SPESIALROM			
2.2.10-A	Elevgarderober	21.6	4	86.4
2.2.11-A	Dusj- WC	15.6	4	62.4
2.2.12-A	Lærergarderobe	4.6	4	18.4
2.2.10-B	Elevgarderober	18.9	4	75.6
2.2.11-B	Dusj- WC	15.6	4	62.4
2.2.12-B	Lærergarderobe	4.6	4	18.4
2.2.10-C	Elevgarderober	18.9	4	75.6
2.2.11-C	Dusj- WC	15.6	4	62.4
2.2.12-D	Lærergarderobe	4.6	4	18.4
2.2.10-D	Elevgarderober	21.6	4	86.4
2.2.11-D	Dusj- WC	15.6	4	62.4
2.2.12-D	Lærergarderobe	4.6	4	18.4
	PERSONALAVD			
2.4.40'	Lærerrom	30.6	2.6	79.56
2.4.41'	Lærerrom	31.8	2.6	82.68
2.4.42'	Lærerrom	33.0	2.6	85.8
2.4.43'	Lærerrom	31.8	2.6	82.68
2.4.44'	Lærerrom	33.0	2.6	85.8
2.4.45'	Lærerrom	31.8	2.6	82.68
2.4.60'	Elevråd	27.0	2.6	70.2
2.4.70'	Møterom	14.4	2.6	37.44
2.4.71'	Møterom	13.5	3	40.5
2.4.72'	Møterom	13.5	3	40.5
	FORSAMLINGSAL			
2.5.30'	Vestibyle	62.4	4	249.6
2.5.31'	Vestibyle	62.4	4	249.6
2.5.32'	Vestibyle	25.5	4	102.12
	ANDRE ROM			
2.7.70/80'	Bok-,papir- og pultlager	49.0	4	196
	TEKNISKE ROM			

	inngår ikke i oppv. areal			
	KOMMUNIKASJON			
2.9.10'	Galleri	189.0	4	756
2.9.11'	Bro	15.0	4	60
2.9.12'	Korridor	36.0	4	144
SUM		5098.7		22175.7

E Yttervegger og kuldebroer Vøyenenga Ungdomskole

Tabellene viser bilde av brukergrensesnitt i Excel.

Tabell E-1 viser oversikt over lengder, høyder og areal for yttervegger.

Fasadene er betegnet ved hjelp av en bokstav og et tall :

- Bokstaven indikerer hvilken del av bygningen den gjeldende fasaden tilhører. H= hoveddel (den sirkelformede delen), T= tilbygget.
 - Tallet indikerer sektorer basert på himmelretning. 0 er nord, 180 er sør.
- Fasadeinndeling er vist i Vedlegg C.

Lengde av yttervegg tilsvarer sum av yttervegger i gjeldende rom. Vegglengder og høyder for hvert rom er hentet fra *Vøyenenga Ungdomsskole- Mengdeberegning og rombehandling skjema* (Reinertsen Anlegg 2004).

Tabell E-1 Lengde og areal yttervegger Vøyenenga Ungdomsskole

Areal yttervegger			
Fasade/vegg	Lengde yttervegg (m)	Høyde (m)	Areal (m ²)
Hoveddel			
H60	22	9.3	204.6
H90	25	9.3	232.5
H160	12	9.3	111.6
H180	39.7	9.3	369.21
H240	27	9.3	251.1
H270	27	9.3	251.1
H315	28.5	9.3	265.05
H340	3	9.3	27.9
Tilbygg			
T60	40.5	9.3	376.65
T160	6.8	9.3	63.24
T240	3	9.3	27.9
T340	6.8	9.3	63.24
Topptak			
nedre	113.1	1.3	147.0
Topptak øvre	31.4	1	31.4
Sum			2422.5

Kuldebroer

Tabell E-2 viser beregning av kuldebroer. Lengde av yttervegger er hentet fra Tabell E-1. Kuldebroverdier er hentet fra *Vøyenenga- Energiberegning: Forutsetninger og resultater* (Reinertsen Anlegg 2006b).

Tabell E-2 Beregning av kuldebroer

Beregning kuldebroer		
Del av bygg	Lengde yttervegger	
Hovedel	184.2	
Tilbygg	57.1	
Sum	241.3	
Vurderte kuldebroer:	Varmeledn.evne (W/mK)	Lengde (m)
Yttervegg/randdrager/betonggulv	0.2	241.3
Yttervegg/dekke 2.etg.	0.1	241.3
Midlet verdi yttervegg	0.15	482.6
Yttervegg/tak	0.1	241.3

F U-verdier gulv på grunn Vøyenenga Ungdomsskole

Tabellen viser bilde av brukergrensesnitt i Excel.

U-verdier er hentet fra *Vøyenenga- Energiberegning: Forutsetninger og resultater*
(Reinertsen Anlegg 2006)

Tabell F-1 Beregning av U-verdi for gulv på grunn

U-verdi Gulv på grunn				
Sone	Areal (m ²)	Andel areal	U-verdi (W/m ² K)	Består av
4-meterssone fra yttervegg	390	0.140	0.1	100mm påstøp 50mm isopor 265mm hulldekke 200mm leca 100mm pukk
4 til 6 meter fra yttervegg	937	0.336	0.15	100mm påstøp 50mm isopor 265mm hulldekke 400mm leca
fra 6 og inn til sentrum	1465	0.525	0.12	100mm påstøp 50mm isopor 265mm hulldekke 400mm leca
Sum	2792		0.13	

G Tekniske spesifikasjoner ventilasjonsaggregater Vøyenenga Ungdomsskole

Tabellen viser bilde av brukergrensesnitt i Excel. Tabell G-1 viser grunnlag for inndata (Gunnar Karlsen AS 2006a) for EiB. Merk at summert verdi for SFP og årsmidlere virkningsgrad for varmeveksler er gjennomsnitt basert på andel luftmengder.

Tabell G-1 Tekniske spesifikasjoner for ventilasjonsaggregatene 36.01, 36.02, 36.03 og 36.04.

Aggregatnr.	36.01	36.02	36.03	36.04	Sum
Plassering	over Base 1	over Base 2	over Base 3	over trafo	
Betjener	Base 1+adm.	Base 2,tre,metall	Base 3,heimkunnsk.	resten*	
Luftmengde (m ³ /h)	14300	15400	18000	10000	57700
Andel luftmengde	0.248	0.267	0.312	0.173	1.000
SFP (kW/m ³ /s)	2.2	2.3	2.4	2	2.3
Maks.lev. effekt (W)					
Kjølevannsbatteri	63100	68800	81600	44200	257700
Varmtvannsbatteri	30200	34600	36100	27400	128300
Virkn.grad v.v.					
sommer	0.795	0.785	0.801	0.809	
vinter	0.803	0.793	0.809	0.817	
årsmidlere**	0.80	0.79	0.81	0.81	0.80

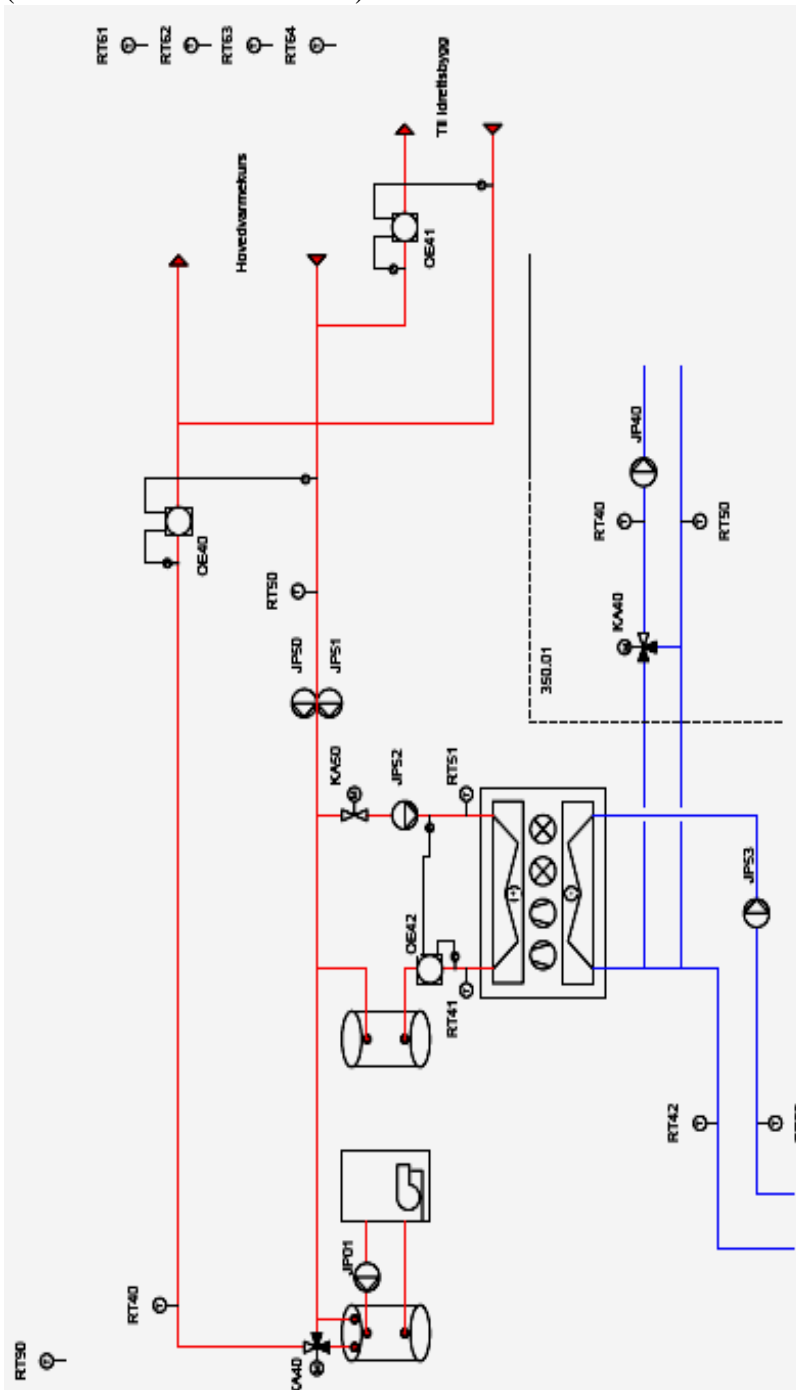
*Musikk/drama og forsamlingsrom

**Fordelt sommer/vinter. Antall sommermåned: 4 (mai-august), antall vintermåned: 8 (oktober-april)

H Varmeanlegg Vøyenenga Ungdomsskole

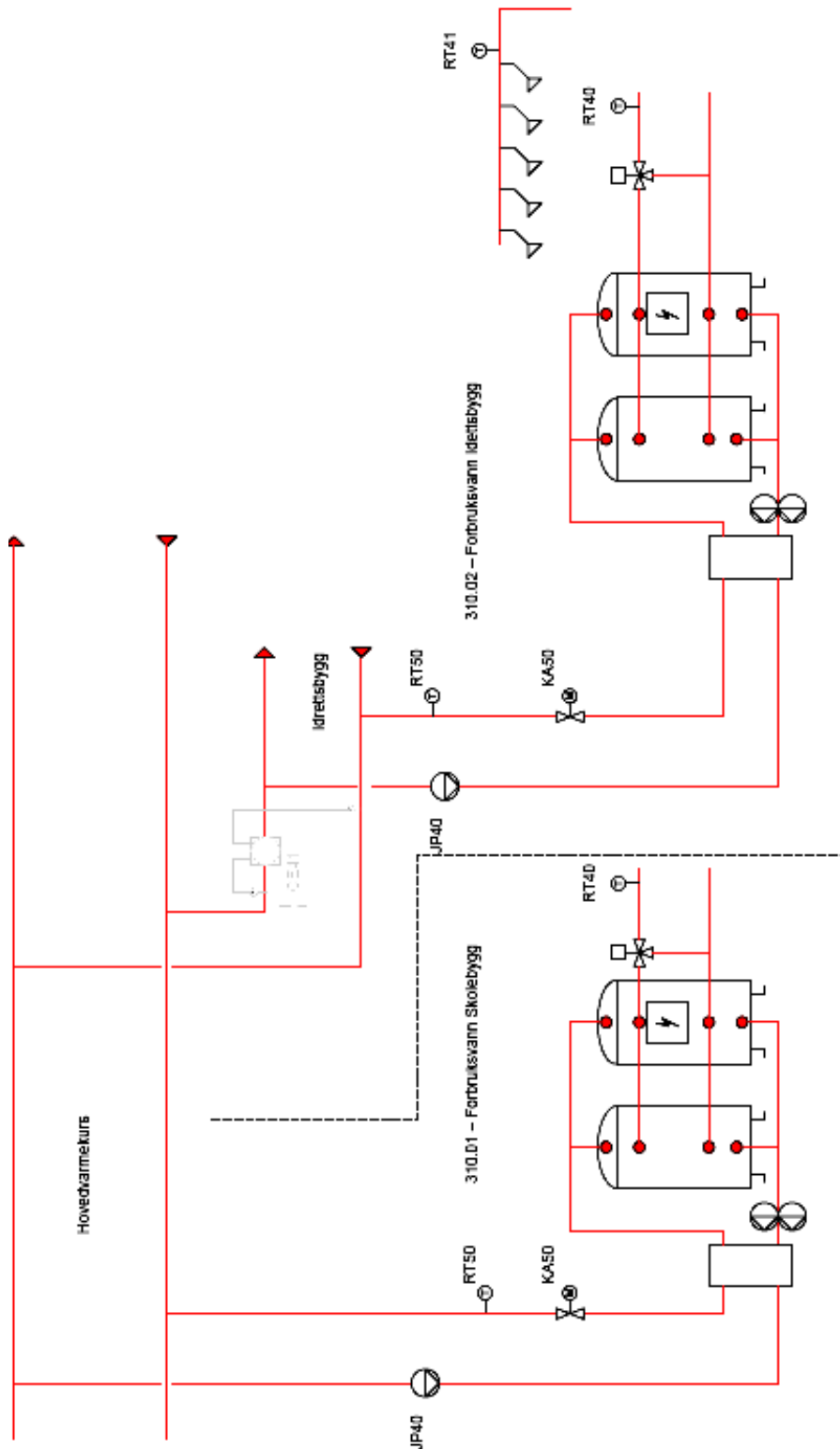
H.1 Systemskisse varmeanlegg

Skisse for opptak av varme og fordeling av varme via vannbårent distribusjonssystem (Gunnar Karlsen AS 2006b)



H.2 Vannbårent distribusjonssystem

Kurser for forbruksvann (310.01 og 02), varmebatteri i ventilasjonsaggregater og gulvvarme- og radiatorkurser (Gunnar Karlsen AS 2006b)



I Resultater simuleringer Vøyenenga Ungdomsskole

I.1 Simulering av standard enøkrappport Vøyenenga Ungdomsskole

Brutto energibehov (energiforsyning) [kWh]

Beskrivelse	Før tiltak	Før tiltak/gulvareal
1. Elektrisitet	548288 kWh	108 kWh/m ²
2. Olje	66145 kWh	13 kWh/m ²
3. Parafin	0 kWh	0 kWh/m ²
4. Gass	0 kWh	0 kWh/m ²
5. Fjernvarme	0 kWh	0 kWh/m ²
6. Biobrensel	0 kWh	0 kWh/m ²
7. Annet	0 kWh	0 kWh/m ²
Sum energibehov	614434 kWh	121 kWh/m ²

Energibudsjett (retto energibehov) [kWh]

Beskrivelse	Før tiltak	Før tiltak/gulvareal
1. Romoppvarming	142936 kWh	28 kWh/m ²
2. Varmebatterier	10319 kWh	2 kWh/m ²
3. Vannoppvarming	62297 kWh	12 kWh/m ²
4. Vifter og pumper	134344 kWh	26 kWh/m ²
5. Belysning	207339 kWh	41 kWh/m ²
6. Teknisk utstyr	123493 kWh	24 kWh/m ²
7. Romkøling	0 kWh	0 kWh/m ²
8. Kjølebatterier	10167 kWh	2 kWh/m ²
Totalt energibehov	690896 kWh	135 kWh/m ²

Evaluering av Uverdier bygningskropp før enøktiltak

 Evaluering av fasade/yttervegger	Beregnet U-verdi bygning: 0.20 W/m ² K Krav til U-verdi etter forskrift: 0.22 W/m ² K
 Evaluering av yttertak	Beregnet U-verdi bygning: 0.13 W/m ² K Krav til U-verdi etter forskrift: 0.15 W/m ² K
 Evaluering av gulv på grunn	Beregnet U-verdi bygning: 0.06 W/m ² K Krav til U-verdi etter forskrift: 0.15 W/m ² K
 Evaluering av vinduer	Beregnet U-verdi bygning: 1.10 W/m ² K Krav til U-verdi etter forskrift: 1.60 W/m ² K
 Kommentar	Kravet til varmeisoleringskoeffisient kan tilfredsstilles med andre U-verdier enn angitt her, når det kan dokumenteres at varmetapsrammer eller energirammer er tilfredsstillt.

Evaluering mot Varmetapsramme og Energiramme før enøktiltak

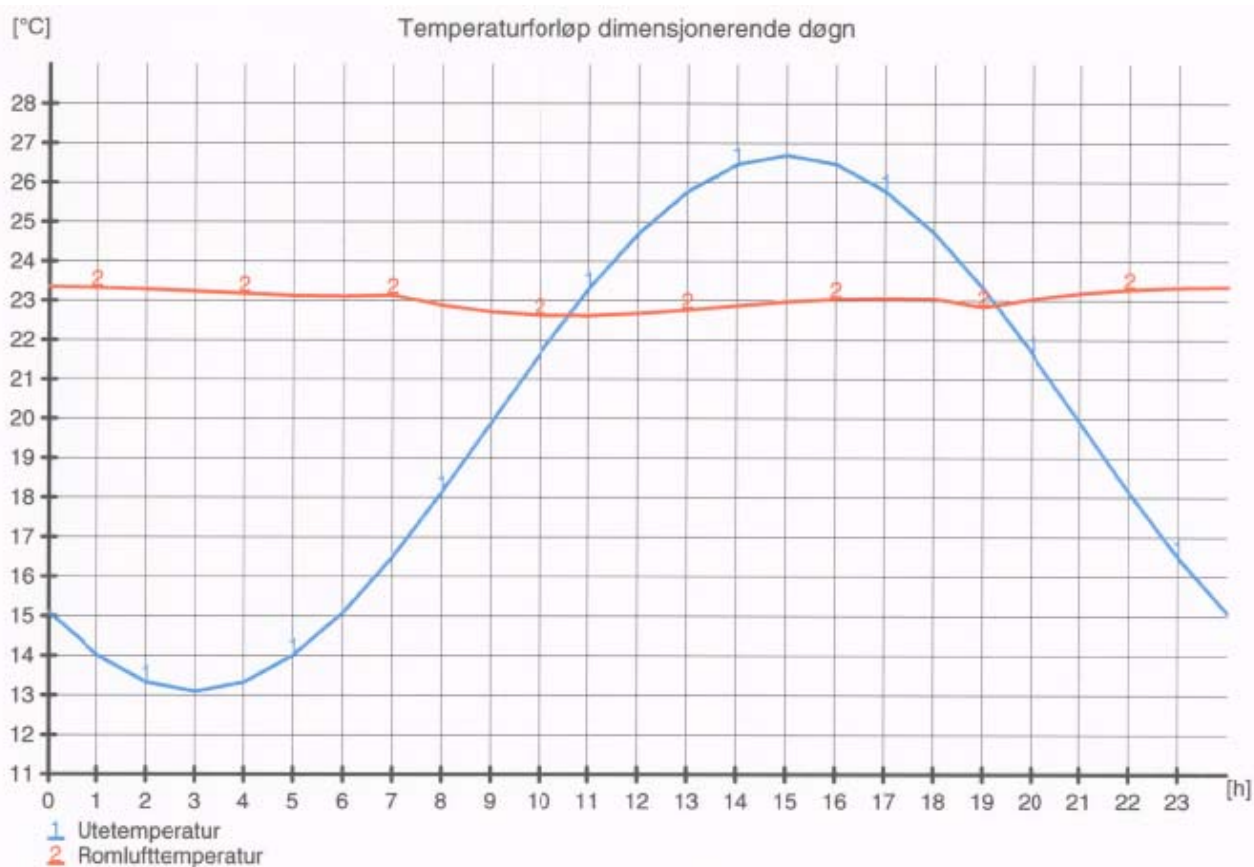
i Varmetapsramme

Varmetapsramme : 2842 W/K
Beregnet varmetap : 1633 W/K

i Energiramme

Energiramme : 48 kWh/m²år
Beregnet energibruk : 30 kWh/m²år

I.2 Sommersimulering Vøyenenga Ungdomsskole



Min/max Temperaturer Dimensjonerende døgn

Beskrivelse	Temp./Tidspunkt
Laveste romlufttemperatur:	22.6°C / 11:00
Høyeste romlufttemperatur:	23.3°C / 00:00
Laveste utetemperatur:	13.1°C / 03:00
Høyeste utetemperatur:	26.7°C / 15:00

Effektbudsjett (netto effekt) dimensjonerende døgn

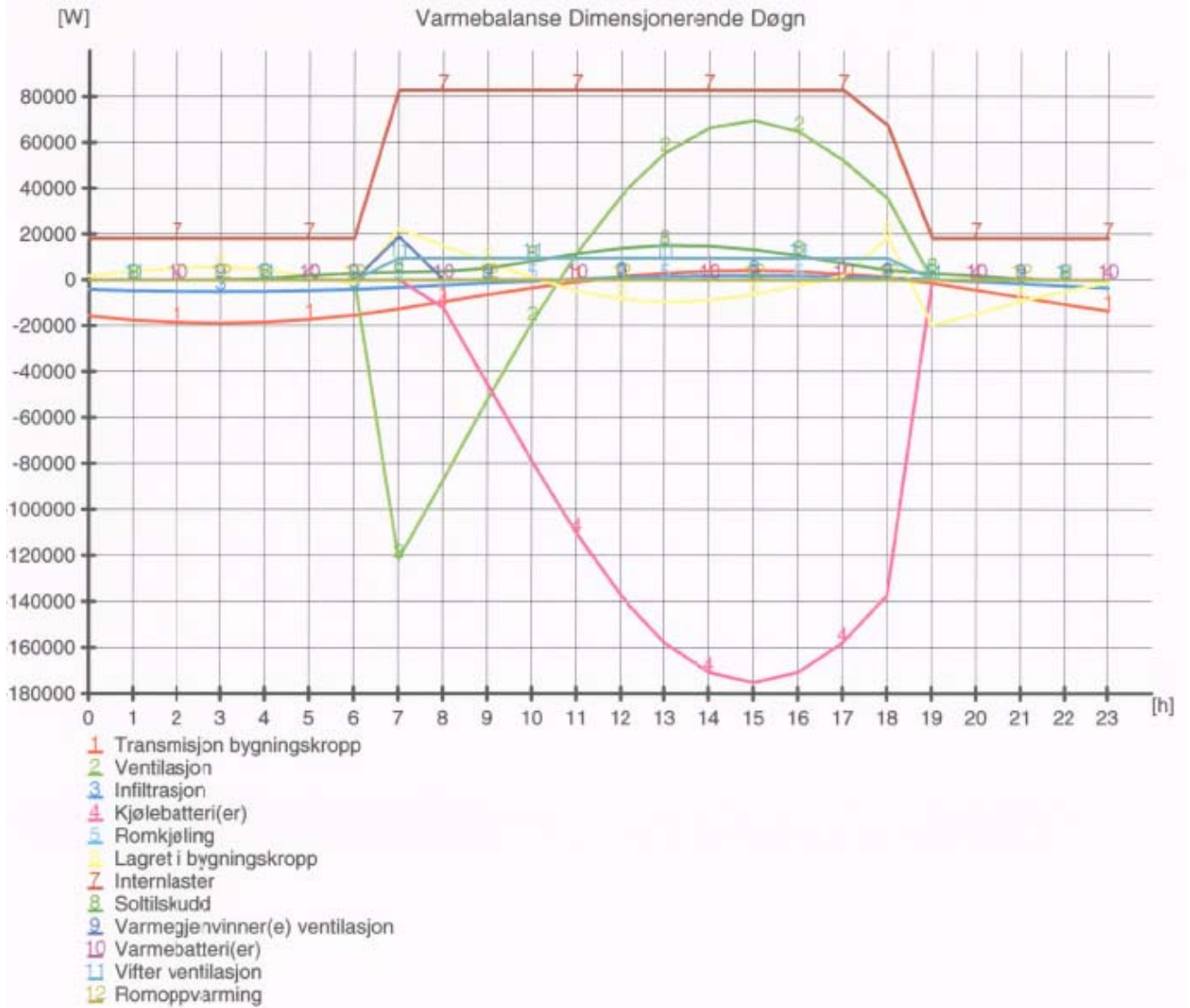
Beskrivelse	Effekt/Tidspunkt
1. Romoppvarming	0W / 00:00
2. Varmebatterier	0W / 00:00
3. Vannoppvarming	20466W / 00:00
4. Vifter og pumper	38889W / 07:00
5. Belysning	49000W / 00:00
6. Teknisk utstyr	55000W / 00:00
7. Romkjøling	0W / 00:00
8. Kjølebatterier	80844W / 15:00
Maks. samtidig effekt	244199W / 15:00

Maksimal bruttc effekt dimensjonerende døgn

Beskrivelse	Effekt/Tidspunkt
1. Elektrisitet	244199W / 15:00
2. Olje	0W / 00:00
3. Parafin	0W / 00:00
4. Gass	0W / 00:00
5. Fjernvarme	0W / 00:00
6. Biobrensøl	0W / 00:00
7. Annet	0W / 00:00
Maks. samtidig effekt	244199W / 15:00

Maksimal kjøle-effekt dimensjonerende døgn

Beskrivelse	Effekt/Tidspunkt
Lokal kjøling	0W / 00:00
Kjølebatterier (følbar fjernet varme)	175168W / 15:00
Kjølebatterier (fjernet latent varme)	26942W / 15:00



I.3 Vintersimulering Vøyenenga Ungdomsskole

Advarsel: Effektbehov ble ikke dekket

Beskrivelse

Romoppvarming

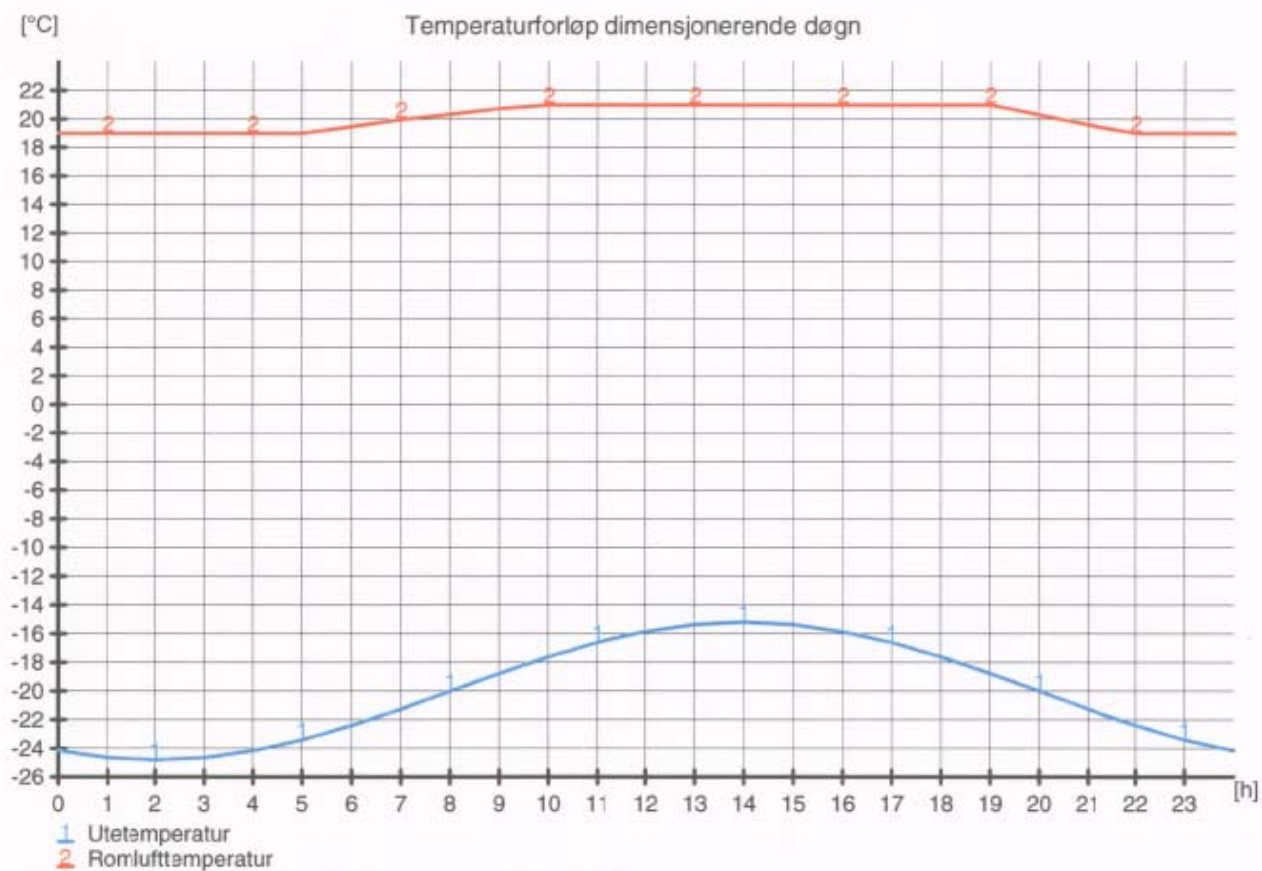
Temp./Tidspunkt

Antall timer med redusert effekt: 4

Maks. effektgap intraff: 05:00 15.01

Effektbehov : 277622 W

Levert effekt : 124563 W



Min/max Temperaturer Dimensjonerende døgn

Beskrivelse	Temp./Tidspunkt
Laveste romlufttemperatur:	19.0°C / 00:00
Høyeste romlufttemperatur:	21.0°C / 10:00
Laveste utetemperatur:	-24.8°C / 02:00
Høyeste uteetemperatur:	-15.2°C / 14:00

Effektbudsjett (netto effekt) dimensjonerende døgn

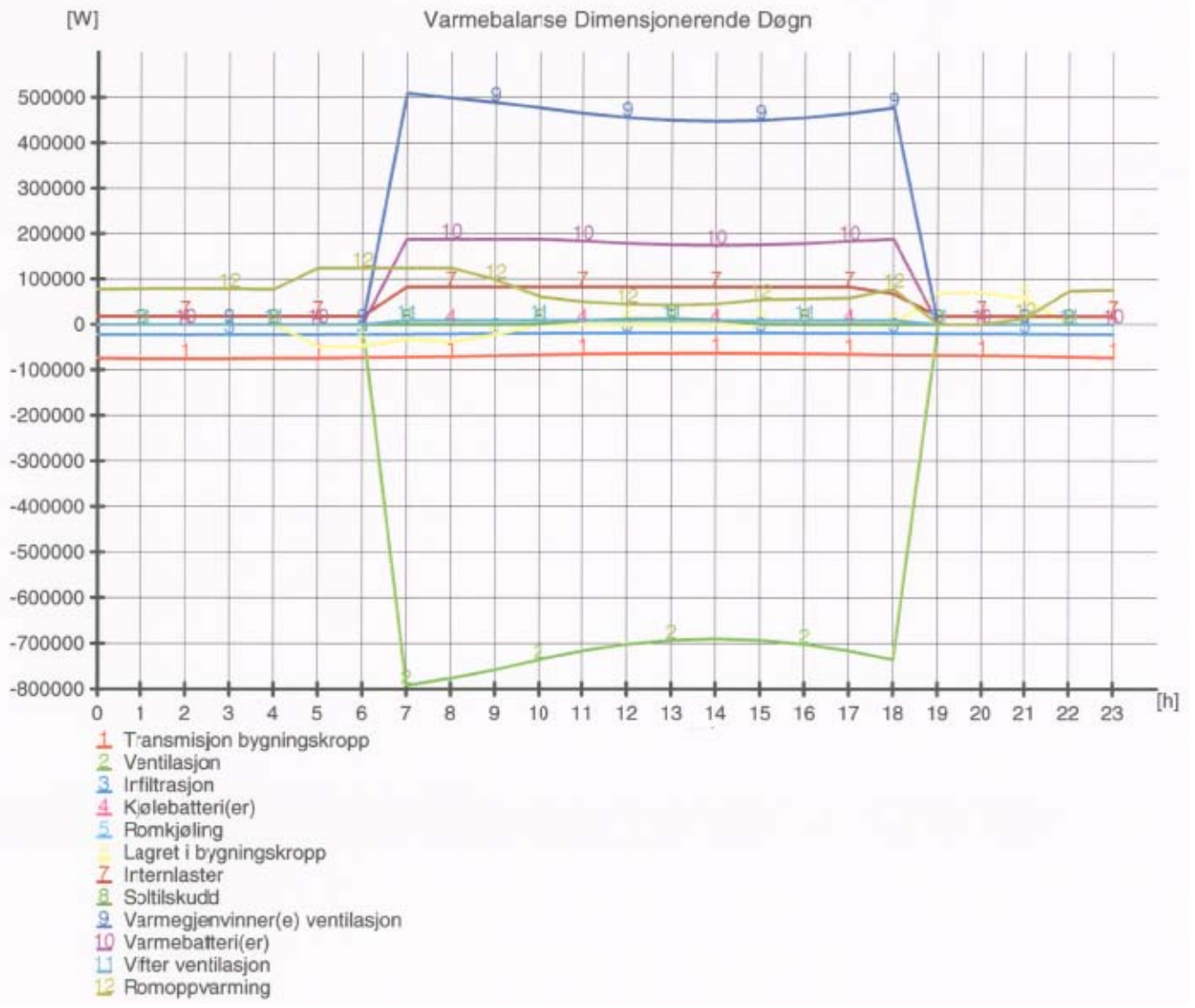
Beskrivelse	Effekt/Tidspunkt
1. Romoppvarming	124563W / 05:00
2. Varmebatterier	188400W / 07:00
3. Vannoppvarming	20466W / 00:00
4. Vifter og pumper	38889W / 07:00
5. Belysning	49000W / 00:00
6. Teknisk utstyr	55000W / 00:00
7. Romkjøling	0W / 00:00
8. Kjølebatterier	0W / 00:00
Maks. samtidig effekt	476318W / 07:00

Maksimal brutto effekt dimensjonerende døgn

Beskrivelse	Effekt/Tidspunkt
1. Elektrisitet	476318W / 07:00
2. Olje	0W / 00:00
3. Parafin	0W / 00:00
4. Gass	0W / 00:00
5. Fjernvarme	0W / 00:00
6. Biobrensel	0W / 00:00
7. Annet	0W / 00:00
Maks. samtidig effekt	476318W / 07:00

Maksimal effekt levert fra energikilder

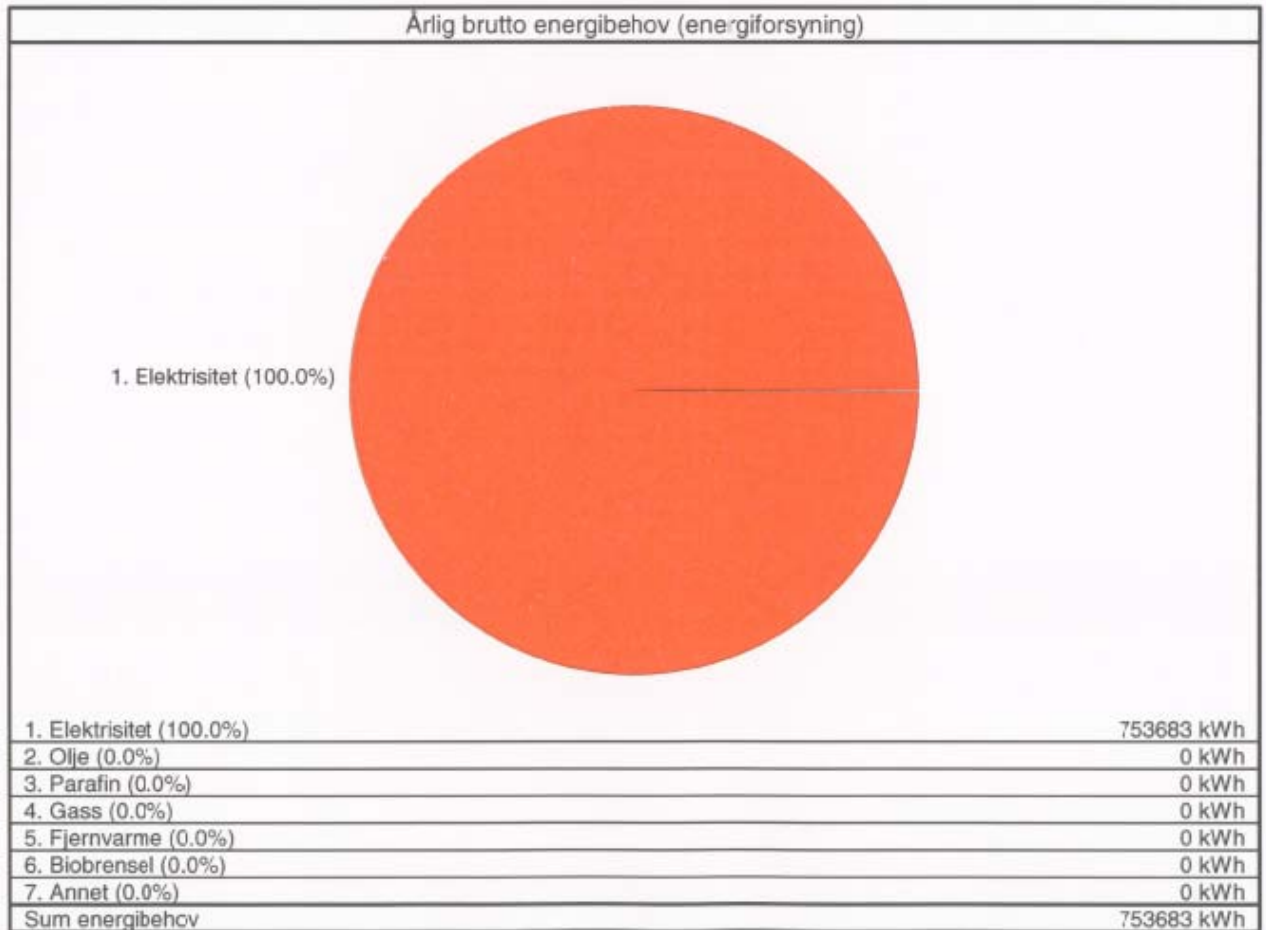
Beskrivelse	Effekt/Tidspunkt
Varmeovner	112563 W / 05:00
El-kolbe vannoppvarming	12000 W / 05:00

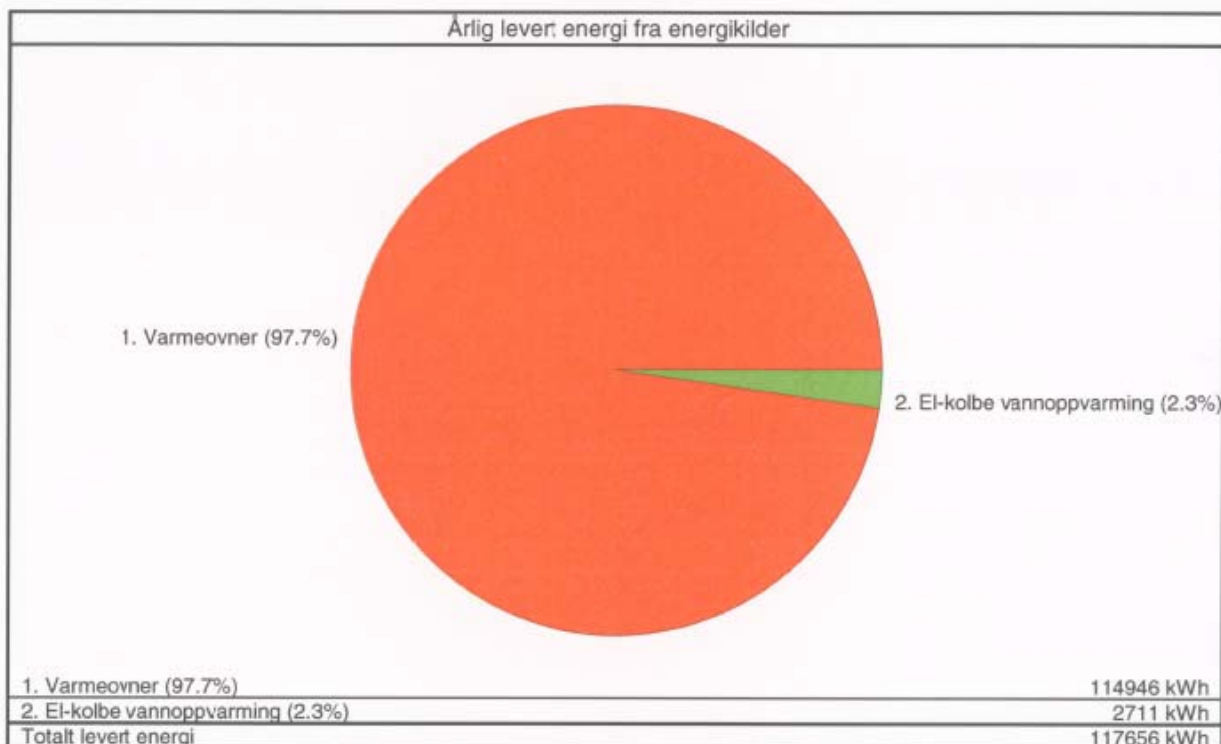
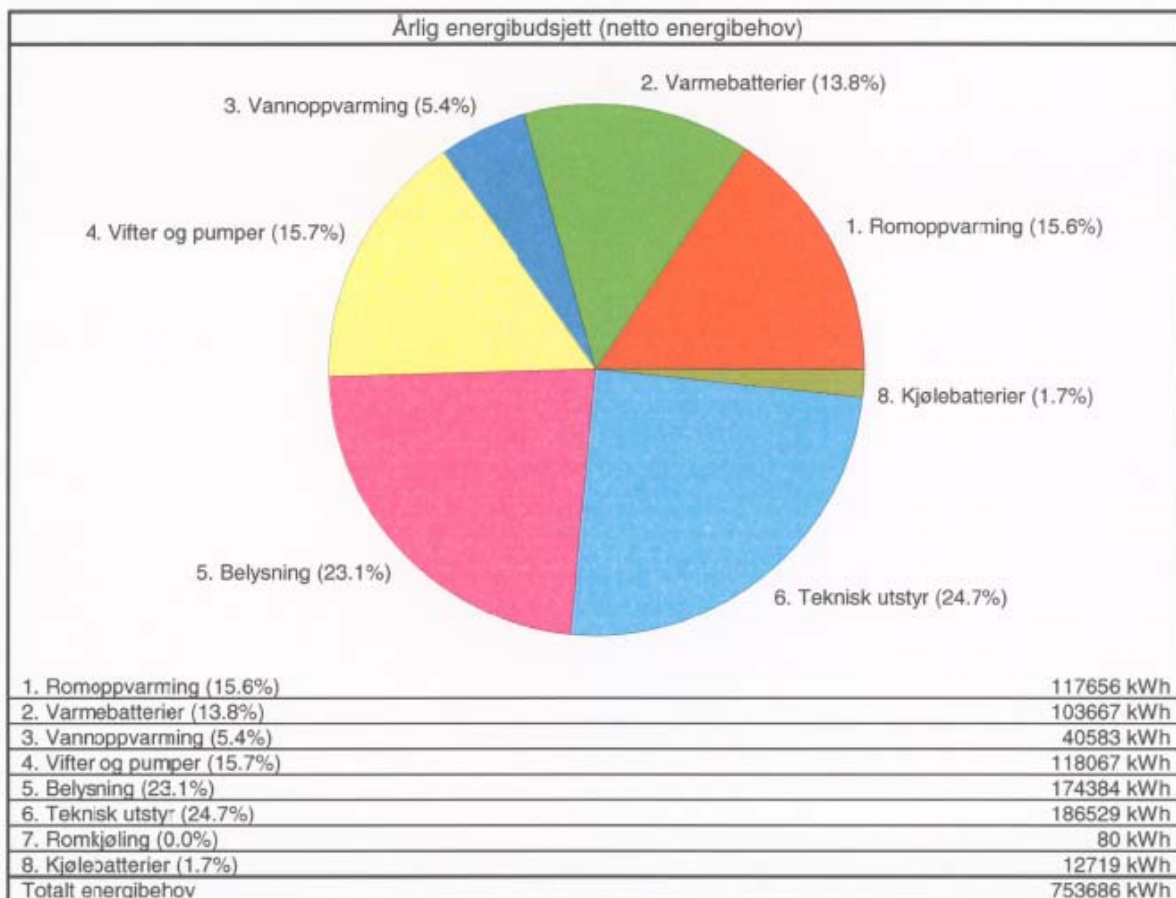


I.4 Årssimulering Vøyenenga Ungdomsskole

Advarsel: Effektbehov ble ikke dekket

Beskrivelse	Temp./Tidspunkt
Romoppvarming	Antall timer med redusert effekt: 209 Maks. effektgap intraff: 05:00 07.01 Effektbehov : 244285 W Lvert effekt : 124563 W



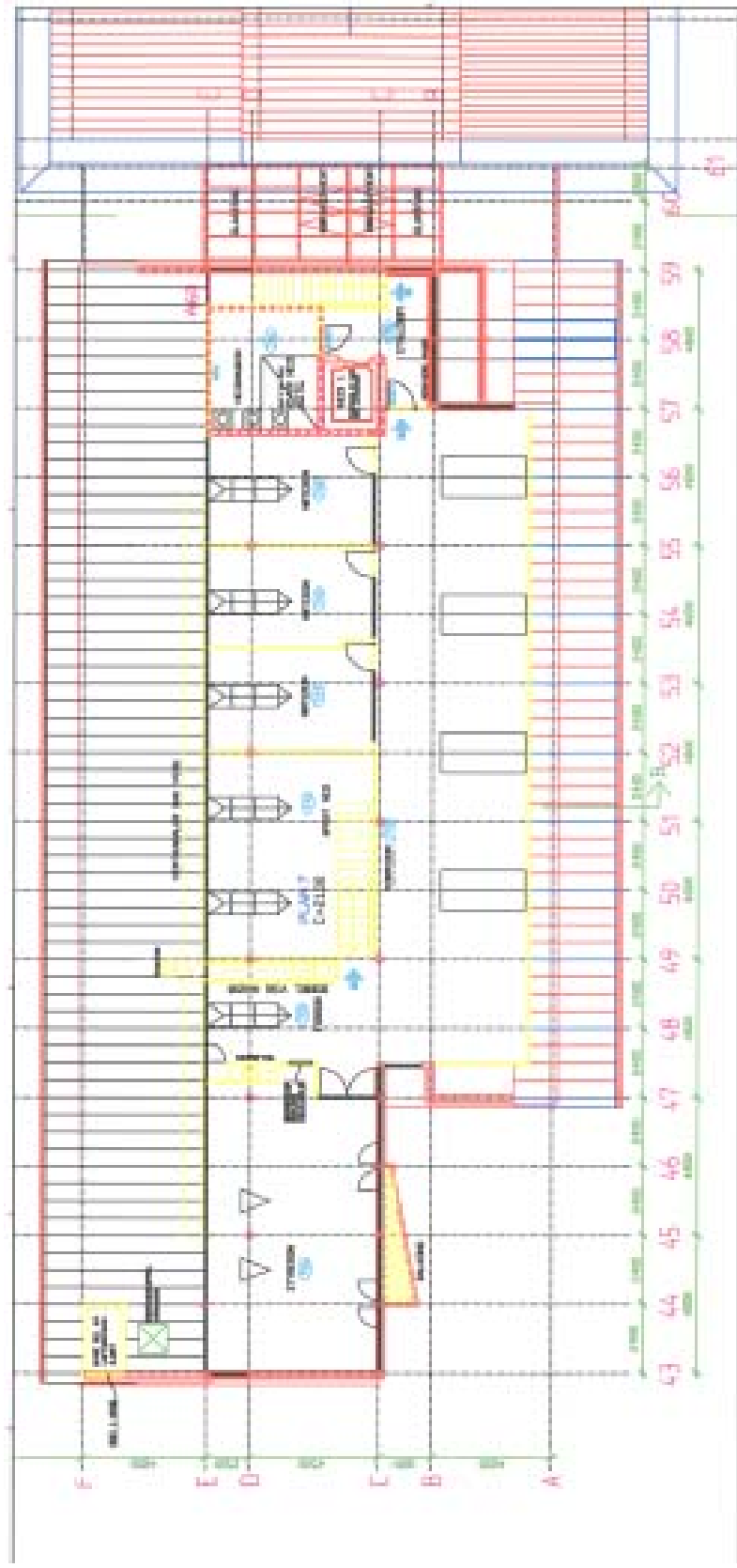


J Plantegninger kontorbygningen Lilleakerveien 2c (Ukjent 1999)









BRANNSKILLER 7.ETG.

LILLEAKERVEIEN 2
BYGG - 3

BRANNSKILLER 7.ETG.

K Areal og volum Lilleakerveien 2c

Tabellene viser bilde av brukergrensesnitt i Excel.

Tabell K-1 Oversikt over oppregnede arealer kontorbygningen Lilleakerveien 2c.

Plan	Grunnareal	Rom				Takflate/terasse	BRA *
		tekn.utstyr	Tekn.sjakt	Lager	Heissjakt		
1	1083	87		55.2	15.9	924.9	
2	620.3	10.08	5.06		15.9	589.3	
3	620.3	10.08	5.06		15.9	589.3	
4	620.3	10.08	5.06		15.9	589.3	
5	620.3	10.08	5.06		15.9	554.0	
6	562	10.08	5.06		15.9	510.8	
7	362.7		5.4		21.6	335.7	
Totalt	4488.9					4093.2	

* BRA= oppvarmet bruksareal ihht NS 3940 og prNS 3031 (Standard Norge 2007a, Standard Norge 2007c)

For beregning av volum tas det utgangspunkt i følgende takhøyder, basert på befaring og fasadetegninger:

- Plan 1: 2,23 m
- Plan 2-7: 2,49 m
- Etasjeskiller: 0,5 m

Tabell K-2 Beregnet volum kontorbygningen Lilleakerveien 2c

Plan	Volum
1	2062.5
2	1467.3
3	1467.3
4	1467.3
5	1379.4
6	1271.9
7	835.9
SUM**	9951.5

**det er ikke tatt hensyn til etasjeskillere der rom strekker seg over flere plan

L Fasader og kuldebroer Lilleakerveien 2c

Tabellene viser bilde av brukergrensesnitt i Excel.

Tabell L-1 viser beregning av areal fasader. Den delen av fasade mot øst som ikke vender mot fasade er neglisjert. For beregning av høyde tas det utgangspunkt i følgende takhøyder, basert på befaring og fasadetegninger:

- Plan 1: 2,23 m
- Plan 2-7: 2,49 m
- Etasjeskiller: 0,5 m

Tabell L-1 Oversikt over beregning av fasader kontorbygningen Lilleakerveien 2c

Fasade	Lengde (m)	Plan nr.	Ant. etg.	Høyde (m)	Mot friluft (m ²)	Mot annen sone (m ²)
N1	78	1	1	2.73	212.94	
N2	38.4	2,3,4,5,6,7	6	17.94	688.90	
N3	3.6	1,2,3,4,5,6,7	7	20.67	74.41	
Ø1	16.2	1,2,3,4	4	11.7		189.54
Ø2	10.2	5,6,7	3	8.97		91.49
S1	3.6	1,2,3,4	4	11.7	42.12	
S2	3.6	5,6	2	5.98	21.53	
S3	28.8	1,2,3,4,5,6	6	17.68	509.18	
S4	28.8	7	1	2.99	86.11	
S5	9.6	1,2,3,4,5,6,7	7	20.67	198.43	
V1	6	1,2,3,4,5,6	6	17.68	106.08	
V2	22.2	1	1	2.73	60.61	
V3	10.2	2,3,4,5,6	5	14.69	149.84	
V4	6	7	1	2.99	17.94	
SUM	265.2				2168.1	281.0

For beregning av kuldebroer er omkrets av etasjer (plan) lik lengde av kuldebroer, som beregnet i Tabell L-2:

Tabell L-2 Oversikt over beregnede etasjeomkretser. Fasadelengder er hentet fra Tabell L-1.

Plan	Fasader inkludert*	Lengde (m)
1	N1,N3,Ø1,S1,S3,S5,V1,V2	142.2
2	N1,N2,Ø1,S1,S3,S5,V1,V3	100.2
3	N1,N2,Ø1,S1,S3,S5,V1,V3	100.2
4	N1,N2,Ø1,S1,S3,S5,V1,V3	100.2
5	N1,N2,Ø1,S1,S3,S5,V1,V3	100.2
6	N2,N3,Ø1,S1,S3,S5,V1,V3	110.4
7	N2,N3,Ø2,S4,V4	96.6

*Fasader som vender mot nabobygningen er ikke inkludert

Tabell L-3 viser kuldebroverdier (Byggforsk 1999):

Tabell L-3 Kuldebroverdier kontorbygningen Lilleakerveien 2c

Hvor	Lengde (m)	Andel lengde (m)	Kuldebroverdi (W/mK)
1 mot grunnmur	142.2	0.22	0.3
6 stk etg.skillere	511.2	0.78	0.1
Gj.sn.	653.4		0.14
Yttervegg mot tak	96.6		0.15

M Resultater simuleringer kontorbygningen Lilleakerveien 2c

M.1 Simulering av standard enøkrappport kontorbygningen Lilleakerveien 2c

Brutto energibehov (energiforsyning) [kWh]

Beskrivelse	Før tiltak	Før tiltak/gulvareal
1. Elektrisitet	753683 kWh	134 kWh/m ²
2. Olje	0 kWh	0 kWh/m ²
3. Parafin	0 kWh	0 kWh/m ²
4. Gass	0 kWh	0 kWh/m ²
5. Fjernvarme	0 kWh	0 kWh/m ²
6. Biobrensel	0 kWh	0 kWh/m ²
7. Annet	0 kWh	0 kWh/m ²
Sum energibehov	753683 kWh	134 kWh/m ²

Energibudsjett (netto energibehov) [kWh]

Beskrivelse	Før tiltak	Før tiltak/gulvareal
1. Romoppvarming	117656 kWh	29 kWh/m ²
2. Varmebatterier	103667 kWh	25 kWh/m ²
3. Vannoppvarming	40583 kWh	10 kWh/m ²
4. Vifter og pumper	118067 kWh	29 kWh/m ²
5. Belysning	174384 kWh	43 kWh/m ²
6. Teknisk utstyr	186529 kWh	46 kWh/m ²
7. Romkjøling	80 kWh	0 kWh/m ²
8. Kjølebatterier	12719 kWh	3 kWh/m ²
Totalt energibehov	753686 kWh	184 kWh/m ²

Evaluering av Uverdier bygningskropp før enøktiltak

	Evaluering av fasade/yttervegger	Beregnet U-verdi bygning: 0.26 W/m ² K Krav til U-verdi etter forskrift: 0.22 W/m ² K
	Evaluering av yttertak	Beregnet U-verdi bygning: 0.27 W/m ² K Krav til U-verdi etter forskrift: 0.15 W/m ² K
	Evaluering av golv på grunn	Beregnet U-verdi bygning: 0.12 W/m ² K Krav til U-verdi etter forskrift: 0.15 W/m ² K
	Evaluering av vinduer	Beregnet U-verdi bygning: 2.17 W/m ² K Krav til U-verdi etter forskrift: 2.00 W/m ² K
	Kommentar	Kravet til varmeisolerings kan tilfredsstilles med andre U-verdier enn angitt her, når det kan dokumenteres at varmetapsrammer eller energigrammer er tilfredsstillt.

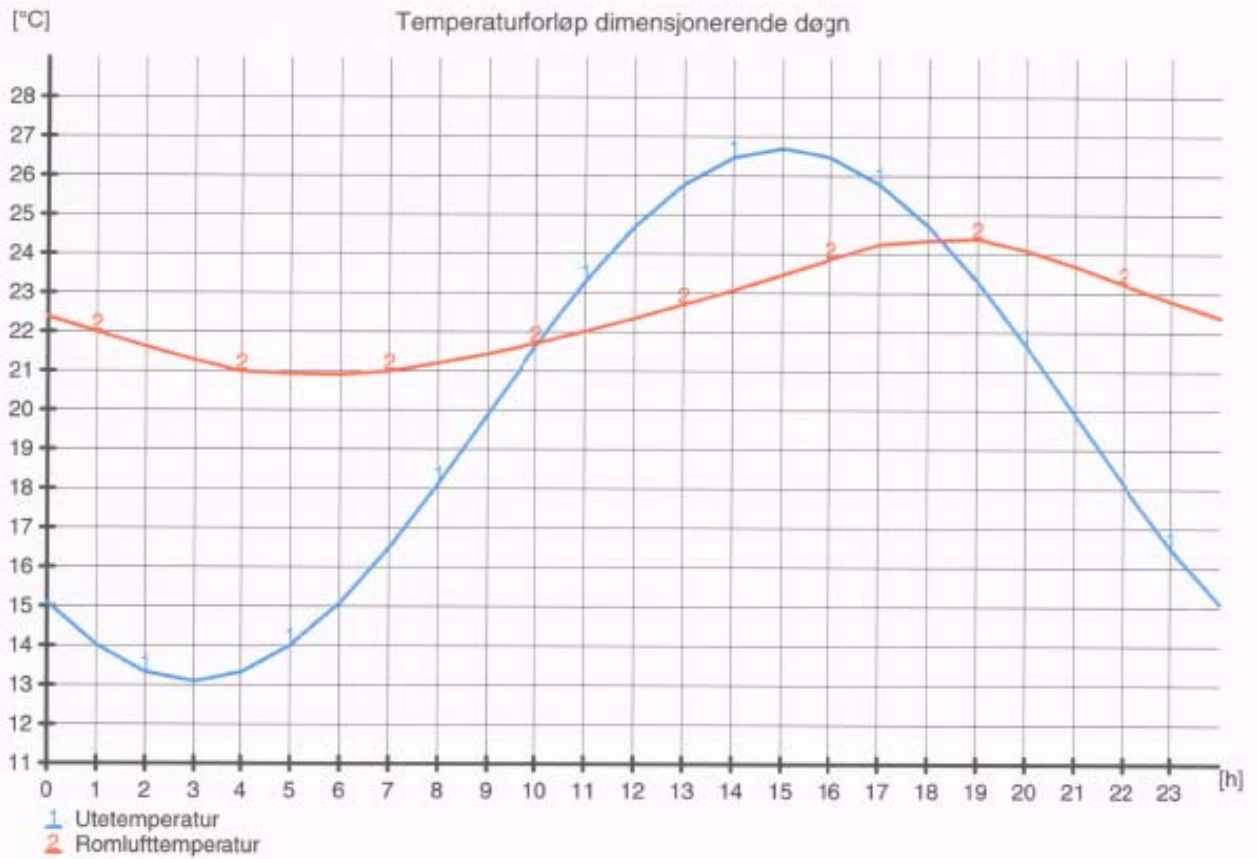
Evaluering mot Varmetapsramme og Energiramme for enøktiltak

i Varmetapsramme

Varmetapsramme : 2284 W/K
Beregnet varmetap : 1800 W/K

i Energiramme

Energiramme : 95 kWh/m²år
Beregnet energibruk : 54 kWh/m²år



Min/max Temperaturer Dimensjonerende døgn

Beskrivelse	Temp/Tidspunkt
Laveste romlufttemperatur:	20.9°C / 06:00
Høyeste romlufttemperatur:	24.4°C / 19:00
Laveste utetemperatur:	13.1°C / 03:00
Høyeste utetemperatur:	26.7°C / 15:00

M.2 Sommersimulering kontorbygningen Lilleakerveien 2c

Effektbudsjett (netto effekt) dimensjonerende døgn

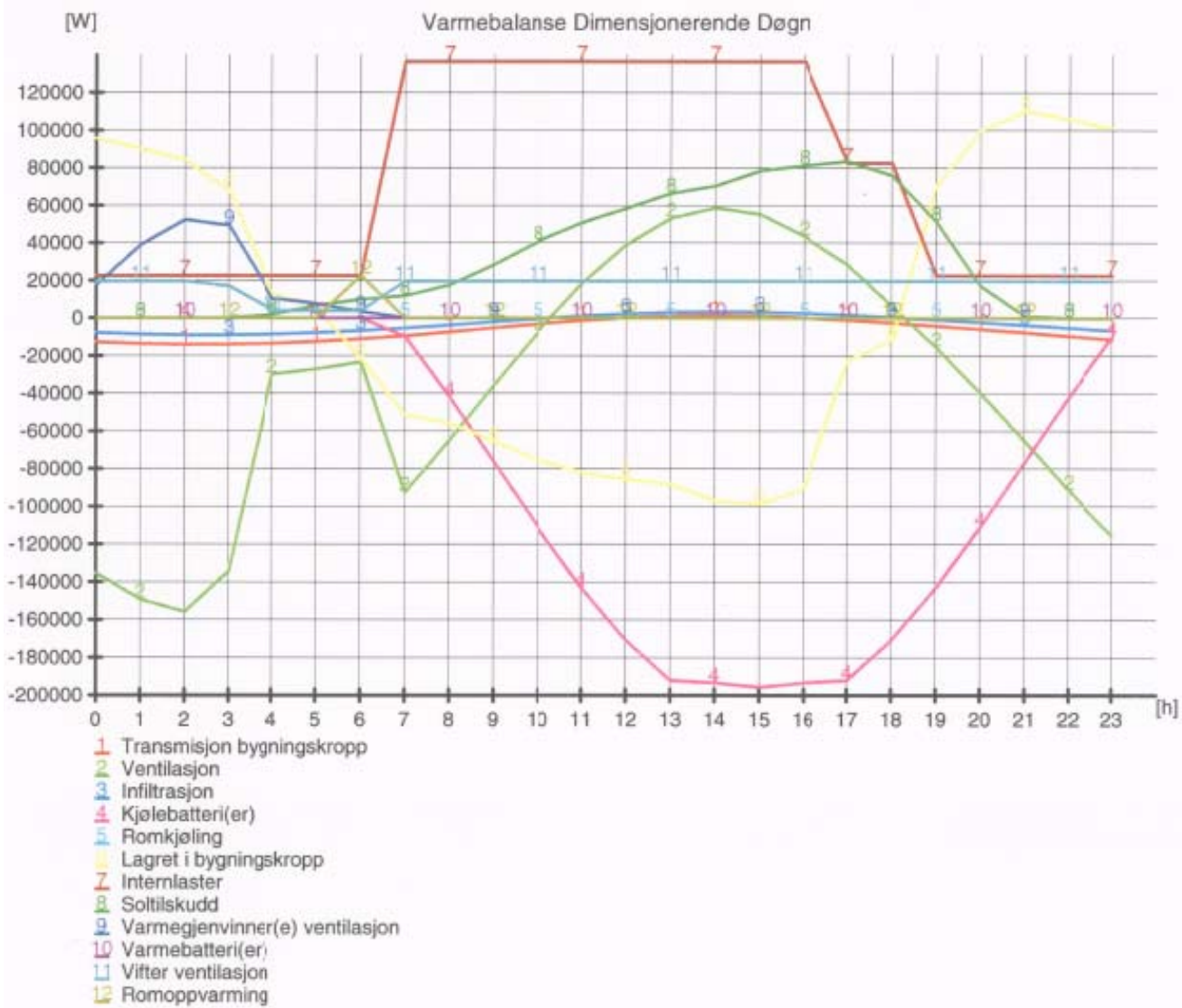
Beskrivelse	Effekt/Tidspunkt
1. Romoppvarming	23024W / 06:00
2. Varmebatterier	0W / 00:00
3. Vannoppvarming	10735W / 00:00
4. Vifter og pumper	37864W / 00:00
5. Belysning	66287W / 00:00
6. Teknisk utstyr	43341W / 00:00
7. Romkjøling	0W / 00:00
8. Kjølebatterier	73629W / 14:00
Maks. samtidig effekt	231855W / 14:00

Maksimal brutto effekt dimensjonerende døgn

Beskrivelse	Effekt/Tidspunkt
1. Elektrisitet	225249W / 14:00
2. Olje	0W / 00:00
3. Parafin	0W / 00:00
4. Gass	0W / 00:00
5. Fjernvarme	0W / 00:00
6. Biobrensel	0W / 00:00
7. Annet	0W / 00:00
Maks. samtidig effekt	225249W / 14:00

Maksimal kjøle-effekt dimensjonerende døgn

Beskrivelse	Effekt/Tidspunkt
Lokal kjøling	0W / 00:00
Kjølebatterier (følbar fjernet varme)	195731W / 15:00
Kjølebatterier (fjernet latent varme)	64274W / 14:00



M.3 Vintersimulering kontorbygningen Lilleakerveien 2c

Advarsel: Effektbehov ble ikke dekket

Beskrivelse

Romoppvarming

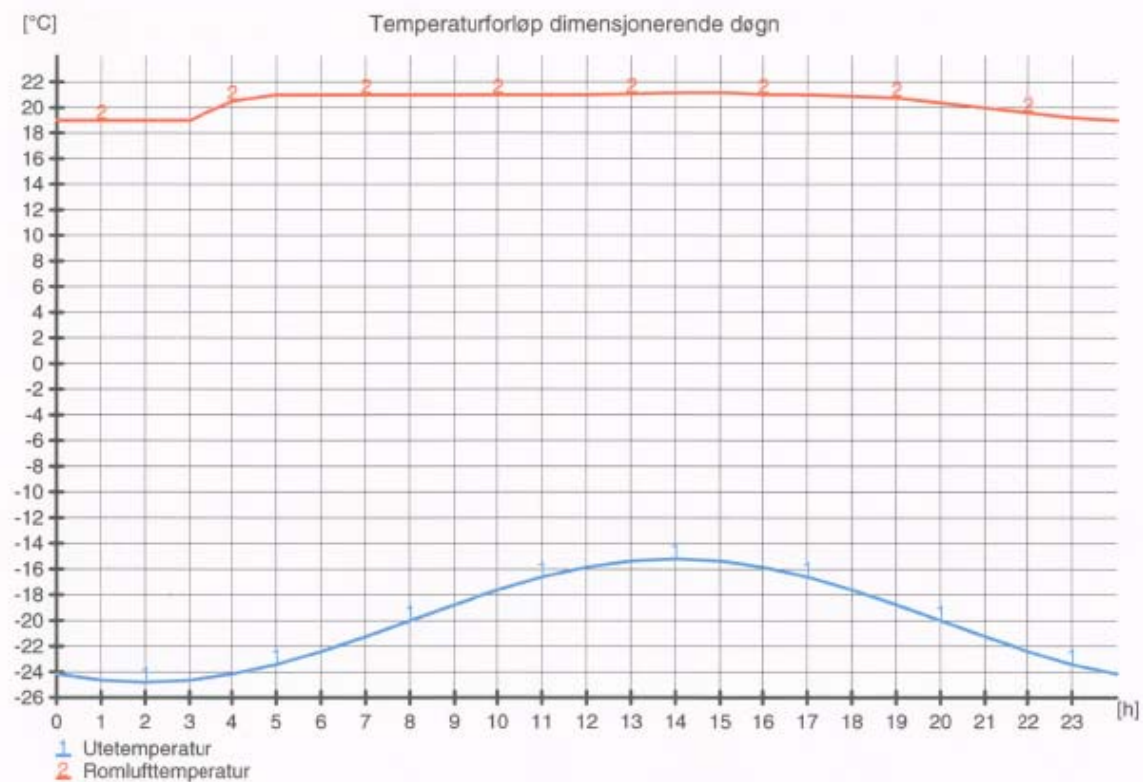
Temp./Tidspunkt

Antall timer med redusert effekt: 1

Maks. effektgap intraft: 03:00 15.01

Effektbehov : 614898 W

Lvert effekt : 484719 W



Min/max Temperaturer Dimensjonerende døgn

Beskrivelse	Temp./Tidspunkt
Laveste romlufttemperatur:	15.0°C / 00:00
Høyeste romlufttemperatur:	21.2°C / 15:00
Laveste utetemperatur:	-24.8°C / 02:00
Høyeste utetemperatur:	-15.2°C / 14:00

Effektbudsjett (netto effekt) dimensjonerende døgn

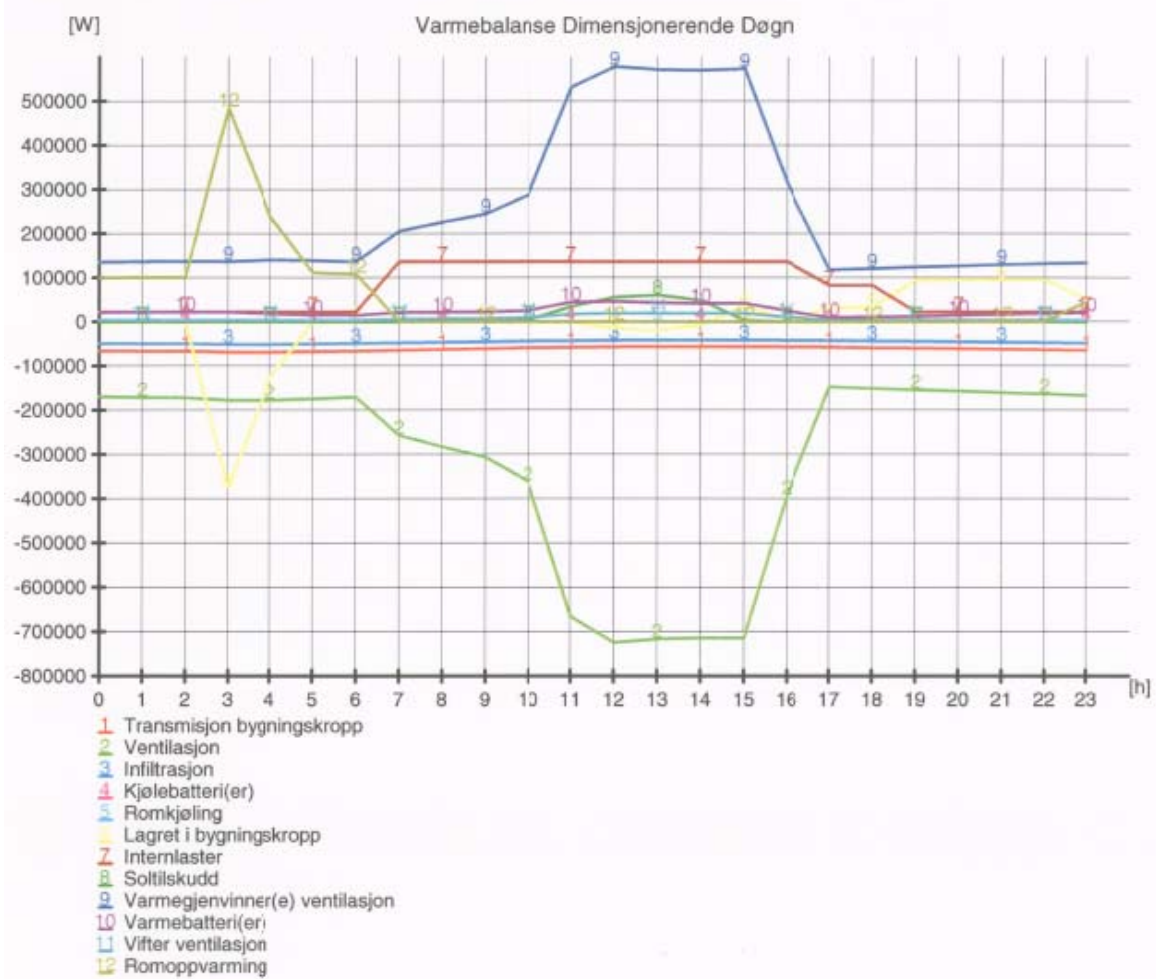
Beskrivelse	Effekt/Tidspunkt
1. Romoppvarming	486531W / 03:00
2. Varmebatterier	48913W / 12:00
3. Vannoppvarming	10735W / 00:00
4. Vifter og pumper	37834W / 12:00
5. Belysning	66237W / 00:00
6. Teknisk utstyr	43341W / 00:00
7. Romkjøling	0W / 00:00
8. Kjølebatterier	0W / 00:00
Maks. samtidig effekt	634814W / 03:00

Maksimal brutto effekt dimensjonerende døgn

Beskrivelse	Effekt/Tidspunkt
1. Elektrisitet	170433W / 12:00
2. Olje	462353W / 03:00
3. Parafin	0W / 00:00
4. Gass	0W / 00:00
5. Fjernvarme	0W / 00:00
6. Biobrensel	0W / 00:00
7. Annet	0W / 00:00
Maks. samtidig effekt	625410W / 03:00

Maksimal effekt levert fra energikilder

Beskrivelse	Effekt/Tidspunkt
Varmepumpe	127980 W / 00:00
Oljekjel	393000 W / 03:00



M.4 Årssimulering kontorbygningen Lilleakerveien 2c

Advarsel: Effektbehov ble ikke dekket

Beskrivelse	Temp./Tidspunkt
Romoppvarming	Antall timer med redusert effekt: 86 Maks. effektgap intraff: 03:00 08.02 Effektbehov : 573742 W Leverert effekt : 465072 W

