SINTEF Byggforsk

LECO

TORE WIGENSTAD OG CATHERINE GRINI

LECO
Fra normbygg til Faktor 10

Mulig vei for å redusere energibruken med 90 % i et kontorbygg

Prosjektrapport 51 2010

SINTEF

SINTEF Byggforsk

Tore Wigenstad og Catherine Grini

LECO
Fra normbygg til Faktor 10

Mulig vei for å redusere energibruken med 90 % i et kontorbygg

Prosjektrapport 51 – 2010

Prosjektrapport nr. 51
Tore Wigenstad og Catherine Grini
LECO
Fra normbygg til Faktor 10
Mulig vei for å redusere energibruken med 90 % i et kontorbygg

Emneord:
Energibruk, kontorbygg, Faktor1 0

Prosjektnr: 3B015100

Omslagsfoto::
Nydalspynten.
Planlagt kontorbygg med et energibehov som er 60 prosent lavere enn for tilsvarende næringsbygg i markedet. Avantor ASA.

ISSN 1504-6958
ISBN 978-82-536-1132-7 (pdf)
ISBN 978-82-536-1133-4 (trykt)

40 eks. trykt av AIT AS e-dit
Innmat: 100 g munken polar
Omslag: 240 g trucard

© Copyright SINTEF Byggforsk 2010
Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF Byggforsk er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.
Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Adr.: Forskningsveien 3 B
Postboks 124 Blindern
0314 OSLO
Tlf.: 22 96 55 55
Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

www.sintef.no/byggforsk

MILJØMERKET 2441 Trykksak 379

Forord

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

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

LECO har til hensikt å samle eksisterende og å utvikle ny kunnskap om energieffektive løsninger for å redusere energibruk i næringsbygg. Målsetningen er å lage veiledninger for hvordan man kan oppnå hhv. 50 %, 75 % og 90 % reduksjon av energibruken (Faktor 2-4-10) til et typisk kontorbygg av i dag. (referansebygg =300 kWh/m^2 år.)

Med utgangspunkt i referansebygget, er hensikten med denne rapporten å undersøke hvilke tiltak som må til for å oppnå prosjektets energiambisjon, eller med andre ord;
Mulig vei for å redusere energibruken med 90 % i et nytt kontorbygg

Studien ble utført av Tore Wigenstad, og avsluttet høsten 2009.
Catherine Grini fra SINTEF Byggforsk har bidratt med kvalitetssikring av prosjektrapporten.

LECO er et kompetanseprosjekt med brukermedvirkning (KMB).
Prosjektet ledes av SINTEF Byggforsk og gjennomføres i samarbeid med SINTEF Energiforskning AS, Erichsen & Horgen AS, Entra Eiendom AS, YIT AS, Entro AS, Hunter Douglas AS, Per Knudsen Arkitektkontor AS, Rambøll AS, Skanska AS, og OptoSense AS.
Prosjektet ble igangsatt høsten 2008 og vil pågå til utgangen av 2010.

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

Sammendrag

Med utgangspunkt i kontorbygg med beregnet energibehov på ca 300 kWh/m^2 år, er det undersøkt hvilke tiltak som kan utføres for suksessivt å redusere *behovet* ned til ca 30 kWh/m^2 år. I tillegg er det sett på et case hvor målet har vært *levert* energi på 30 kWh/m^2 år.

Disse teoretiske beregningene er gjennomført med simuleringsprogrammet SIMIEN[1].

Generelt har slike simuleringsprogram få begrensninger når det gjelder verdier av hva som legges inn. Et lavt energibehov kan derfor relativt lett oppnås ved å legge inn verdier som gir et svært lavt varmetap for bygget, svært god solavskjerming, og liten varmelast i form av elektrisk belysning og utstyr. Kompletteres det med svært lave ventilasjonsmengder og/eller god virkningsgrad for varmegjenvinner kan et lavt energibehov beregnes.

Realisme i input-verdier og konsekvensen i forhold til bla. komfortkrav, må selvsagt vurderes nærmere når et virkelig bygg skal planlegges.

Studien forholder seg til mulige produkter som harmonerer med input-verdier, men har ikke hatt som forutsetning at alle teknologier er tilgjengelig/utprøvd fullt ut pr. dato. Videre er krav til belysning ikke vurdert opp i mot installasjon av elektrisk belysning og solavskjermingsstrategi.

Rapporten bør derfor betraktes som et premissedokument som peker på hvordan bygget eventuelt må bygges, hvilke tekniske installasjoner som må etableres, hvilke problemstillinger som må undersøkes nærmere, og hvilke teknologier bør utvikles, dersom kontorbygg med svært høy energiambisjon skal bygges.

Videre arbeid i forskningsprosjektet LECO, vil forfølge en del av problemstillingene som reises i denne rapporten, og forhåpentligvis underbygge realismen i en del input-verdier, og være med å peke på behov for videre utvikling.

[1] SIMIEN. www.programbyggerne.no

Innhold

1 HENSIKT 6

2 BYGNINGSDATA 6

2.1 Modellen 6

2.2 Bygningstekniske data 6

2.3 Metodisk tilnærming 7

3 BEREGNINGER 9

3.1 REFERANSE (300 kWh/m^2 år) 9

3.2 TEK 07 (165 kWh/m^2 år) 10

3.3 FAKTOR 2 (150 kWh/m^2 år) 11

3.4 LAVENERGI (100 kWh/m^2 år) 12

3.5 FAKTOR 4 (75 kWh/m^2 år) 14

3.5.1 Tiltak 16

3.6 FAKTOR 10 (30 kWh/m^2 år – energibehov) 18

3.7 FAKTOR 10 (30 kWh/m^2 år – levert energi) 20

3.7.1 Energibehov – levert energi 22

Referanser. 24

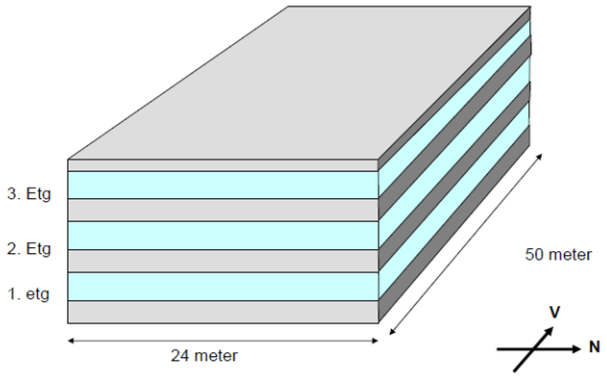
VEDLEGG 1. Input-verdier i beregninger og mulige løsninger 25

VEDLEGG 2. Bygningsenergidirektivet – merkenivå. 26

1 HENSIKT

Hensikten med denne rapporten er å undersøke hvilke energieffektiviseringstiltak som kan gjennomføres og hvilke verdier relevante parametre i så fall må ha for å nå målsetningen om hhv. 50-25-90 % reduksjon i energibruken for kontorbygg. Referansebygget er et kontorbygg med behov for levert energi[2] lik 300 kWh/m^2 år.

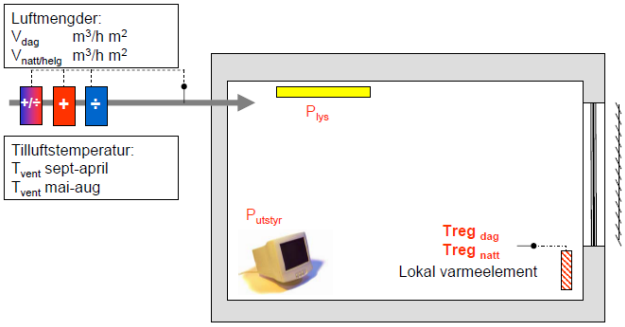
2 BYGNINGSDATA



Figur 2.1 Bygningsmodell.
B x l= 24 x 50 meter. 3 etg

2.1 Modellen

Den geometriske bygningsmodellen som benyttes er omtrent den samme som ligger til grunn ved beregning av energirammer ihht revidert teknisk forskrift (TEK 07), men har litt mer kompakt form.



Figur 2.2 Sonemodell. TEK07 med tilhørende driftsstrategi

Sonemodellen er i utgangspunktet også den samme som er benyttet ved forarbeidet til TEK 07, hvor sonene klimatiseres via et balansert mekanisk ventilasjonssystem.

2.2 Bygningstekniske data

Bygningstekniske egenskaper som varmetap og termisk lagring i konstruksjonen, er variert innenfor de ulike energiambisjonene. Videre er det som utgangspunkt benyttet normerte driftsdata iht. NS 3031. Det samme gjelder intern varmebelastning og løsning av klimatiseringssystemet. Imidlertid er disse verdiene endret i takt med energiambisjonene i de simulerte eksemplene. NS 3031 gir prosedyrer for hvordan normerte driftsdata kan endres, og hvilke grenser som ikke kan over/underskrides i forhold til dokumentasjon relatert til teknisk forskrift. Som det vil framgå av tabellen for input-verdier, har vi valgt å fravike dette regelverket når de ulike case er gjennomregnet.

[2] Levert energi = netto tilført energi til bygget, ihht. NS 3031. Dvs at energiforsyningssystemet er inkludert i beregningen.

2.3 Metodisk tilnærming

Beregninger er utført med simuleringsprogrammet SIMIEN. Energiverdier refererer seg i hovedsak til energibehov[3].

Tabell under viser hvilke verdier som er lagt til grunn for energisimuleringene:

Data	Netto energibehov						Levert energi
	Referanse 300 kWh/m² år	TEK 07 165 kWh/m² år	**Faktor 2** 150 kWh/m² år	Lavenergi 100 kWh/m² år	**Faktor 4** 75 kWh/m² år	**Faktor 10** 30 kWh/m² år	**Faktor 10** 30 kWh/m² år
U-verdi yttervegg	0.25 W/m²K	0.18 W/m²K	0.18 W/m²K	0.17 W/m²K	0.12 W/m²K	0.11 W/m²K	0.12 W/m²K
U-verdi tak	0.20 W/m²K	0.13 W/m²K	0.13 W/m²K	0.11 W/m²K	0.10 W/m²K	0.09 W/m²K	0.10 W/m²K
U-verdi gulv	0.22 W/m²K	0.15 W/m²K	0.15 W/m²K	0.12 W/m²K	0.11 W/m²K	0.08 W/m²K	0.11 W/m²K
U-verdi vinduer og dører	1.60 W/m²K	1.20 W/m²K	1.20 W/m²K	0.80 W/m²K	0.80 W/m²K	0.64 W/m²K	0.80 W/m²K
Normalisert kuldebroverdi	0.20 W/m²K	0.06 W/m²K	0.06 W/m²K	0.05 W/m²K	0.03 W/m²K	0.02 W/m²K	0.03 W/m²K
Lekkasjetall	3.00 omst/t	1.50 omst/t	1.50 omst/t	0.80 omst/t	0.60 omst/t	0.20 omst/t	0.60 omst/t
Ventilasjons-system	Konstant mengde og temperatur	Konstant mengde og temperatur	Konstant mengde og temperatur	Konstant mengde og temperatur	Variabel mengde. Konstant tilluft-temperatur	Variabel mengde. Konstant tilluft-temperatur	Variabel mengde. Konstant tilluft-temperatur
Ekvivalent luftmengde i driftstid (12/5/52)	10 m³/h m²	10 m³/h m²	10 m³/h m²	8 m³/h m²	Max: 6 m³/h m² Min : 4 m³/h m²	Max: 6 m³/h m² Min : 4 m³/h m²	Max:10 m³/h m² Min : 6 m³/h m²
SFP	4.00 kW/[m³/s]	2.00 kW/[m³/s]	2.00 kW/[m³/s]	1.75 kW/[m³/s]	1.50 kW/[m³/s]	1.00 kW/[m³/s]	1.50 kW/[m³/s]
Luftmengde utenfor driftstid	3 m³/h m²	3 m³/h m²	3 m³/h m²	2 m³/h m²	1 m³/h m²	0 m³/h m²	1 m³/h m²
Virkningsgrad varme-gjenvinner	65 %	70 %	80 %	80 %	82 %	87 %	82 %
Belysning	15 W/m²	8 W/m²	8 W/m²	5 W/m²	5 W/m²	1.5 W/m²	7.5-5-2.5 W/m²
Utstyr	17 W/m²	11 W/m²	11 W/m²	7.5 W/m²	7.5 W/m²	1.7 W/m²	7 W/m²
Internvarme fra person belastning	4 W/m²	4 W/m²	4 W/m²	4 W/m²	4 W/m²	4 W/m²	4 W/m²
Sol-avskjerming	Kun innvendig. Manuelt styrt	Utvendig. Automatisk	Utvendig. Automatisk	Utvendig. Automatisk	Utvendig. Automatisk	Utvendig. Automatisk	Utvendig. Automatisk
Lokal kjøling	Ja	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei

Tabell 2.1 Byggtekniske inngangsverdier brukt i simuleringene

[3] Energibehov = netto energibehov iht. NS 3031. Dvs at energiforsyningssystemet ikke er inkludert i beregningen

Verdiene for beregningsparametrene slik disse vises i tabellen over, er normale og gjenkjennbare når vi simulerer energiverdier i området rundt forskriftsverdier og ned til lavenergi. Underforstått vet vi også hvilke krav som må stilles til aktuelle produkter. Disse er på sin side som regel godt dokumentert og underlagt et gjennomarbeidet verifiseringsregime gjennom godkjenningsordninger, standarder etc.

Når energimålet beveger seg ned til Faktor 4 og lavere, blir utfordringen større. Fokus har i lang tid vært satt på bygningskropp, hvor krav til redusert varmetap har vært rådende. I tråd med dette arbeides det fra leverandørhold med produkter og gode totalløsninger. I tillegg til redusert varmetap har solavskjerming og passive tiltak for å redusere overtemperatur hatt fokus.

Høye energiambisjoner stiller høy krav til de teknisk/mekaniske installasjonene. Tiltak vil i stor grad rette seg mot energieffektiviteten for ulike komponenter. Typisk eksempel er stadig forbedring av virkningsgrad for varmegjenvinner. Ett annet tiltak som også viser seg å ha stor effekt er behovstyring. Fram til i dag har styring av byggene i hovedsak vært basert på statiske eller trege dynamiske systemer. Dette er også noe en bestreber rent generelt (passiv energidesign), men for å komme ned i virkelig lave energiverdier må denne strategien kompletteres med aktiv behovstyring. Dette krever prosessforståelse i systemdesign og tekniske krav til komponenter som skal styre funksjonen.[4]

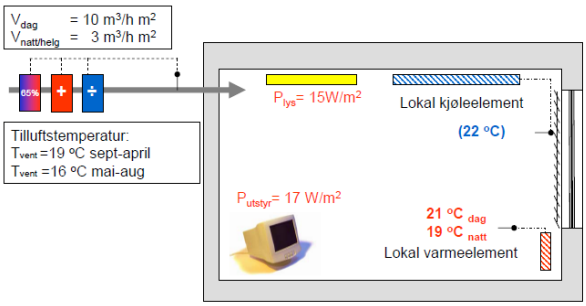
Innenfor det siste området gjenstår det nok et stykke FoU-arbeid før en har et bredt sortiment av kvalitetskomponenter til akseptabel kostnad. Imidlertid; problemstillingen er på agendaen hos en rekke leverandører, og i takt med økt fokus på energieffektive bygninger, øker utvalget av komponenter/systemer som kan ivareta styringen av disse.

[4] NS 3031 har i sitt vedlegg listet opp veiledende verdier for systemvirkningsgrader

3 BEREGNINGER

3.1 REFERANSE (300 kWh/m^2 år)

Modellen



Figur 3.1 Sonemodell. Referanse

Dette bygget er modellert med verdier ihht. tabell 2.1. Målet har vært å bygge opp en modell av et bygg med energibehov i størrelsesorden 300 kWh/m^2 år.

Erfaringer fra en rekke undersøkelser forteller at det er "vanskelig" å regne seg fram til et bygg med så høy verdier.
Et vanlig tilfelle er derimot at bygget beregnes med et relativt moderat energibehov som viser seg å bruke vesentlig mer (levert) energi.

Årsaken til dette avviket er sammensatt: Dels kan det skyldes at beregningsprogrammet i utgangspunktet regner med perfekte modeller, eksempelvis uten feil/avvik i regulering, ikke samtidig kjøling og oppvarming (kan simuleres), og uten energitap fra distribusjonsanlegg (kan simuleres). En annen årsak kan være at bygget er beregnet med for gode bygningstekniske og installasjonstekniske verdier eller egenskaper. Endelig vil ofte virkelige driftsverdier avvike fra beregningstilfellet.

Energibehov

Ved å benytte input-verdier ihht. første kolonne i tabell 2.1, vil energibehovet ihht. SIMIEN beregnes til ca 300 kWh/m^2 år:

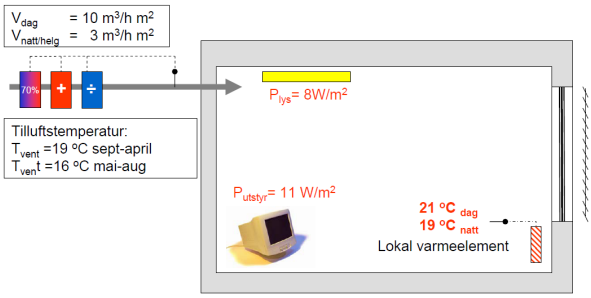
Energibudsjett		
Energipost	Energibruk	Spesifikk energibruk
Romoppvarming	173007 kWh	48.1 kWh/m²
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	144380 kWh	40.1 kWh/m²
Oppvarming av tappevann	18040 kWh	5.0 kWh/m²
Vifter (ventilasjon)	155215 kWh	43.1 kWh/m²
Pumper	21936 kWh	6.1 kWh/m²
Belysning	169158 kWh	47.0 kWh/m²
Teknisk utstyr	191646 kWh	53.2 kWh/m²
Romkjøling	121786 kWh	33.8 kWh/m²
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	77761 kWh	21.6 kWh/m²
Total	1072929 kWh	298.0 kWh/m²

Tabell 3.1 Energibudsjett for referanse kontorbygning.

Input-verdiene vil i hovedsak være representative for kontorbygg reist fram til vår tid. Eldre bygg vil normalt ha dårligere U-verdier, men gjennomgående mindre luftmengder og erfaringsmessig mindre internbelastning i form av lys og utstyr. Når nyere og derved bygg med antatt mindre varmetap rapporterer med energitall opp i mot 300 kWh/m^2, kan dette skyldes virkningsgradstap i energiforsyningssystem, større intern belastning (lys og utstyr), og høyere energibruk til kjøling.

3.2 TEK 07 (165 kWh/m^2 år)

Modellen



Figur 3.2 Sonemodell. TEK 07

Dette bygget er simulert med inngangsdata iht. måltall for energiramme etter revidert teknisk forskrift (TEK 07). Inngangsdata er ihht. tabell 2.1.
I forhold til forrige beregning må det bemerkes at i simuleringene er intern belastning nå redusert til en verdi iht. veiledende verdier etter NS 3031. I tillegg er lokal kjøling fjernet (figur 3.2), og følgelig vil energibruk til pumpedrift forsvinne.

Energibehov

Energiberegning i SIMIEN gir følgende verdier for energibehov:

Energibudsjett		
Energipost	Energibruk	Spesifikk energibruk
Romoppvarming	84448 kWh	23.5 kWh/m²
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	133324 kWh	37.0 kWh/m²
Oppvarming av tappevann	18040 kWh	5.0 kWh/m²
Vifter (ventilasjon)	77608 kWh	21.6 kWh/m²
Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m²
Belysning	90202 kWh	25.1 kWh/m²
Teknisk utstyr	124050 kWh	34.5 kWh/m²
Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m²
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	67269 kWh	18.7 kWh/m²
Total	594940 kWh	165.3 kWh/m²

Tabell 3.2 Energibudsjett for kontorbygning iht. TEK07

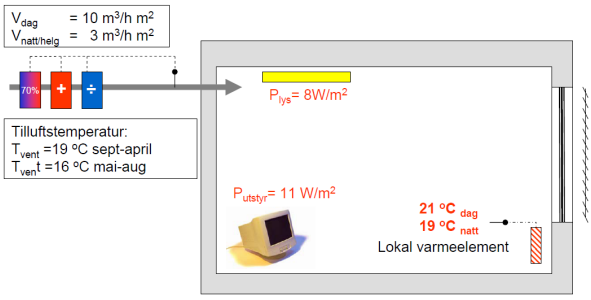
Eksempel

Figur 3.3 Bassengbakken 1, Trondheim

Bassengbakken 1 i Trondheim, er et kontorbygg som har et registrert energibruk på ca 165 kWh/m^2 år. Ferdigstilt i 2001.
Kilde: Trondheim kommune

3.3 FAKTOR 2 (150 kWh/m² år)

Modellen



Figur 3.4 Sonemodell. Faktor 2

Faktor 2 bygget er ett av målene i LECO.

I forhold til kravnivå i TEK07, er denne verdien oppnådd ved (kun) å benytte en varmegjenvinner for ventilasjonsanlegget med bedre virkningsgrad (80 %) enn hva som ligger til grunn i TEK 07. (70 %) (tabell 2.1).

Nivået på 150 kWh/m² er for øvrig ihht. forslag til nye forskriftskrav (TEK 10)

Energibehov

Energiberegning i SIMIEN gir følgende verdier for energibehov:

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	84448 kWh	23.5 kWh/m²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	67612 kWh	18.8 kWh/m²
2 Varmtvann (tappevann)	18040 kWh	5.0 kWh/m²
3a Vifter	77608 kWh	21.6 kWh/m²
3b Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m²
4 Belysning	90202 kWh	25.1 kWh/m²
5 Teknisk utstyr	124050 kWh	34.5 kWh/m²
6a Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	67269 kWh	18.7 kWh/m²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	529228 kWh	147.0 kWh/m²

Tabell 3.3 Energibudsjett for Faktor 2 kontorbygning

Eksempel

Figur 3.5 Prof. Broch gt.2, Trondheim

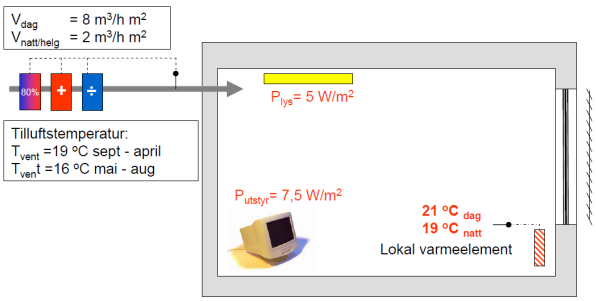
Kravspesifikasjon fra utbygger var ved prisinn-henting satt til et energibehov på ca 165 kWh/m² år.

Sammen med kunden KLP Eiendom, ble det etablert et mål om å redusere dette til maksimalt 150 kWh/m²år.

Ved overlevering høsten 2009 er beregnet energibehov 110 kWh/m²år. Levert energi er beregnet til 89 kWh/m²år. Benytter kombinert varmepumpe og kjølemaskin. Fjernvarme som spisslast
Kilde: ENOVA/Veidekke AS

3.4 LAVENERGI (100 kWh/m² år)

Modellen



Figur 3.6 Sonemodell. Lavenergi

Måltallet for lavenergistandard[5] er satt til 100 kWh/m² år. For å nå ned i denne verdien er det gjort endringer på praktisk talt samtlige parametre, (tabell 2.1).

Verdt å merke seg er at gjennomsnittlig luftmengde dagtid er redusert med 20 % i forhold til foregående beregning. Dette valget betinger en egen vurdering og verifisering av akseptabel luftkvalitet i lokalene.

Behovstyring er innført på lysstyringssiden. Belastning fra utstyr relatert til kontordrift er redusert med ca 35 % i forhold til normerte verdier fra NS 3031. Dette betinger bruk av energieffektive produkter, samt utstyr frigjort fra standby funksjon/redusert energibruk via standby funksjonen, (se for øvrig vedlegg 1).

Energibehov

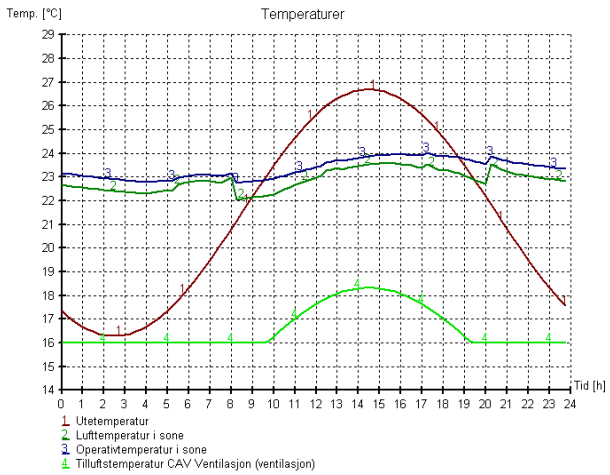
Energiberegning i SIMIEN gir følgende verdier for energibehov:

Energibudsjett		
Energipost	Energibruk	Spesifikk energibruk
Romoppvarming	59040 kWh	16.4 kWh/m²
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	49592 kWh	13.8 kWh/m²
Oppvarming av tappevann	18040 kWh	5.0 kWh/m²
Vifter (ventilasjon)	52701 kWh	14.6 kWh/m²
Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m²
Belysning	56376 kWh	15.7 kWh/m²
Teknisk utstyr	78934 kWh	21.9 kWh/m²
Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m²
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	47840 kWh	13.3 kWh/m²
Total	362523 kWh	100.7 kWh/m²

Tabell 3.4 Energibudsjett for Lavenergi kontorbygning

[5] Kriterier for passivhus- og lavenergi bygg – Yrkesbygg. SINTEF Byggforsk. Rapport 42. 2009

Temperatur



Figur 3.7 Temperaturforhold i sone. Dimensjonerende sommer. Oslo klima

En kontroll av temperaturforholdene i sonen ved dimensjonerende sommerforhold viser akseptable forhold. (en-sone modell).
En hovedgrunn til dette skyldes lave interne varmelaster, kombinert med solavskjerming.

Tillufttemperaturen stiger til noe over 18 °C midt på dagen. Dette er gjort med hensikt i simuleringen, for å teste ut virkningen av noe manglende effekt på kjølebatteriet i ventilasjonsanlegget.

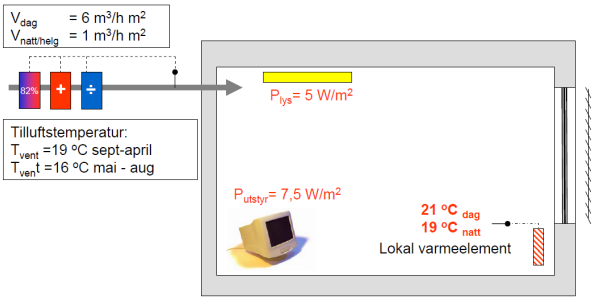
Eksempel

Figur 3.8 Forskningsparken, Oslo

Forskningsparken ble ferdigstilt høsten 2006 og består av 3 sammenkoblede kontorbygg.
Registrert energibruk ca 100 kWh/m^2 år.
Kombinerer grunnvannvarmepumpe med spisslast fjernvarme
Kilde: ENOVA

3.5 FAKTOR 4 (75 kWh/m² år)

Modellen



Figur 3.9 Sonemodell. Faktor 4 (passivhus)

Ved beregning av Faktor 4 bygget, er det gjort ytterligere endringer i parameter-verdiene, (tabell 2.1).

Verdiene tilsvarer Passivhus[6] konseptet og vil stille store krav til så vel tekniske som bygningsrelaterte løsninger.

Energibehov

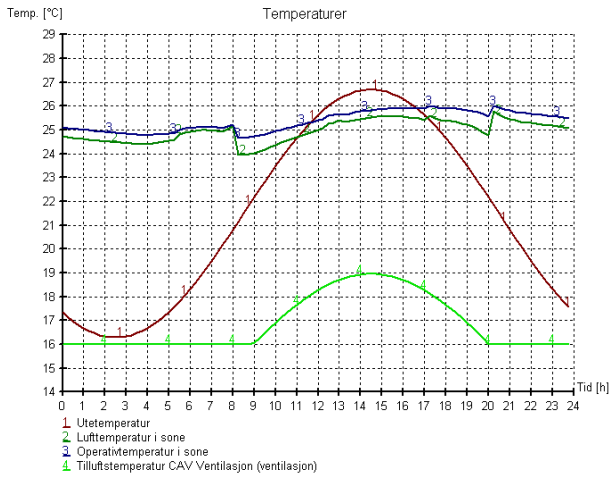
Energiberegning i SIMIEN gir følgende verdier for energibehov:

Energibudsjett		
Energipost	Energibruk	Spesifikk energibruk
Romoppvarming	29200 kWh	8.1 kWh/m²
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	21960 kWh	6.1 kWh/m²
Oppvarming av tappevann	18040 kWh	5.0 kWh/m²
Vifter (ventilasjon)	32229 kWh	9.0 kWh/m²
Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m²
Belysning	56376 kWh	15.7 kWh/m²
Teknisk utstyr	78934 kWh	21.9 kWh/m²
Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m²
Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	33024 kWh	9.2 kWh/m²
Total	269763 kWh	74.9 kWh/m²

Tabell 3.5 Energibudsjett for Faktor 4 kontorbygning.

En kan her merke seg at sum oppvarmingsbehov 14,2 kWh/m² år, ligger under kravet til passivhus. Imidlertid er det ikke gjort noen endringer på internlast i forhold til foregående case.

Temperatur



Figur 3.10 Temperaturforhold i sone. Dimensjonerende sommer

En kontroll av temperaturforholdene i sonen ved dimensjonerende sommerforhold viser akseptable forhold, (en-sone modell).

Som i simuleringseksempelet foran, kan en merke seg at installert effekt på kjølebatteri ikke er tilstrekkelig til å holde tilluft-temperaturen på ønsket 16 °C, (lysegrønn kurve). Imidlertid viser beregningen at temperaturnivået sammen med luftmengde gir tilstrekkelig kjøleeffekt til å holde rom-temperaturen og operativ temperatur under 26 °C.

[6] Kriterier for passivhus- og lavenergi bygg – Yrkesbygg. SINTEF Byggforsk. Rapport 42. 2009

Eksempel

Figur 3.11 Agder Energi AS, i Kristiansand.

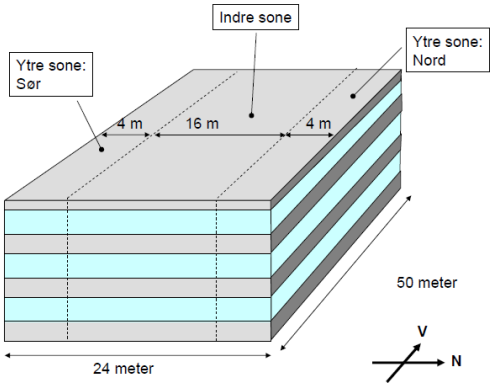
Agder Energi AS (AE) planlegger nytt hovedkontor på Kjøtta i Kristiansand. Beregnet energibehov ligger på 77 kWh/m^2 år.

Levert energi er beregnet til 77 kWh/m^2 år (solfanger).

Markedsført med levert energi lik ca 80 kWh/m^2 år.

Planlagt innflytting 2010.

Kilde: ENOVA



Figur 3.12 Soneinndeling ihht. NS 3031

Soneinndeling

Av erfaring vet en at termisk belastning og tilhørende temperaturforhold vil kunne variere mye for ulike fasader og soner i en bygning. NS 3031 har derfor angitt betingelser for-, og krav til soneinndeling ved beregninger. Det simulerte bygget er etter dette delt inn i 3 soner (figur 3.12)

Energibehov 3-sonemodell

Energibehovet for alle tre sonene summert, blir i praksis det samme som for en-sone modellen:

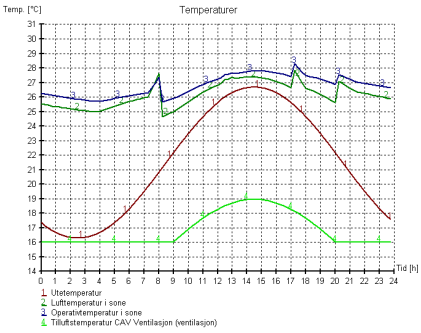
	1-sone modell	Sum 3-sone modell	Sone Sør	Sone Midt	Sone Nord
1a Romoppvarming	8.6 kWh/m²	8.1 kWh/m²	21.0 kWh/m²	2.0 kWh/m²	22.5 kWh/m²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	5.9 kWh/m²	6.1 kWh/m²	8.1 kWh/m²	4.7 kWh/m²	8.2 kWh/m²
2 Varmtvann (tappevann)	5.0 kWh/m²	5.0 kWh/m²	5.0 kWh/m²	5.0 kWh/m²	5.0 kWh/m²
3a Vifter	9.0 kWh/m²	9.0 kWh/m²	9.0 kWh/m²	9.0 kWh/m²	9.0 kWh/m²
3b Pumper	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²
4 Belysning	15.7 kWh/m²	15.7 kWh/m²	15.7 kWh/m²	15.7 kWh/m²	15.7 kWh/m²
5 Teknisk utstyr	21.9 kWh/m²	21.9 kWh/m²	21.9 kWh/m²	21.9 kWh/m²	21.9 kWh/m²
6a Romkjøling	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	9.2 kWh/m²	9.2 kWh/m²	9.2 kWh/m²	9.2 kWh/m²	9.2 kWh/m²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	75.2 kWh/m²	74.9 kWh/m²	89.8 kWh/m²	67.5 kWh/m²	91.4 kWh/m²

Tabell 3.6 Energibudsjett for Faktor 4 kontorbygning. 1-sone modell og 3-sone modell

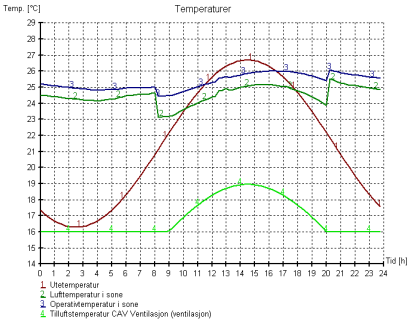
Imidlertid blir forskjellen i oppvarmingsbehov for midt-, og randsonene tydelig. Tilsvarende forskjell opptrer ikke for kjøling(tabell 3.5). Årsaken til dette er at lys og utstyr er de dominerende internlastene, og i mindre grad solbelastning gjennom vinduene.

Temperatur

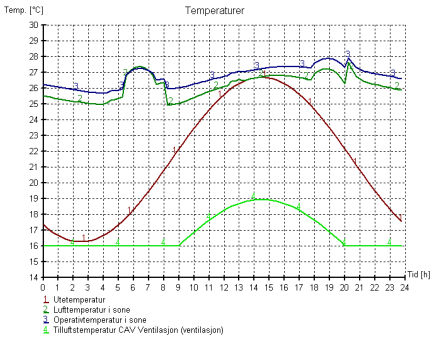
Kontroll av termisk komfort gjennom å vurdere temperaturforløpet i sonene ved dimensjonerende forhold sommerstid, viser imidlertid at en ligger på et noe høyt nivå. Døgnberegning viser at sone sør er mest utsatt, men at også sone nord blir påvirket av solinnstråling fra øst og vest.[7]



Figur 3.13 Temperaturforhold i sone sør.



Figur 3.14 Temperaturforhold i sone midt.



Figur 3.15 Temperaturforhold i sone nord.

3.5.1 Tiltak

Et nærliggende tiltak er å øke kapasiteten til kjølebatteriet for ventilasjonsanlegget slik at sonene kan tilføres ventilasjonsluft med 16 °C. Beregning av bygget viser et økt energibehov (1.2 kWh/m^2 år) grunnet øket kapasitet på ventilasjonskjølingen, (jmfr. tabell 3.6).

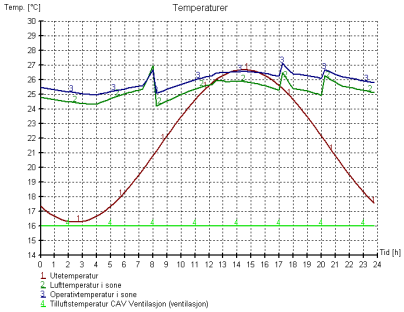
Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	29960 kWh	8.3 kWh/m²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	21312 kWh	5.9 kWh/m²
2 Varmtvann (tappevann)	18040 kWh	5.0 kWh/m²
3a Vifter	32220 kWh	9.0 kWh/m²
3b Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m²
4 Belysning	56376 kWh	15.7 kWh/m²
5 Teknisk utstyr	78926 kWh	21.9 kWh/m²
6a Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	37437 kWh	10.4 kWh/m²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	274272 kWh	76.2 kWh/m²

Tabell 3.7 Energibudsjett for Faktor 4 kontorbygning.

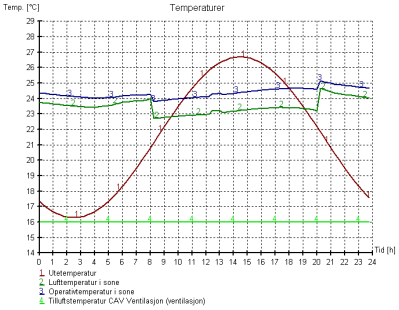
[7] Soneoppdelingen kunne vært gjort mer finmasket. Eksempelvis kunne det bli etablert en sone for hvert hjørne (4 soner), en sone for hver fasade (4 soner) samt en midtsone: I alt 9 soner

Temperatur

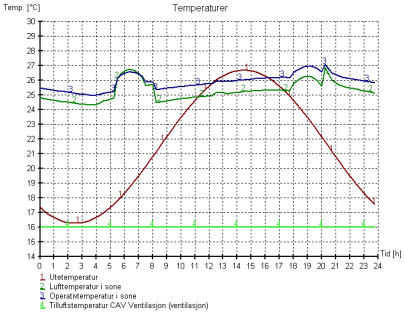
Kontroll av temperaturforholdene sommerstid viser at tiltaket senker romtemperaturen med ca 1 °C. Fremdeles ligger en på et for høyt nivå dersom romtemperatur på eksempelvis 26 °C settes som absolutt grense.



Figur 3.16 Temperaturforhold i sone sør. Dimensjonerende sommer

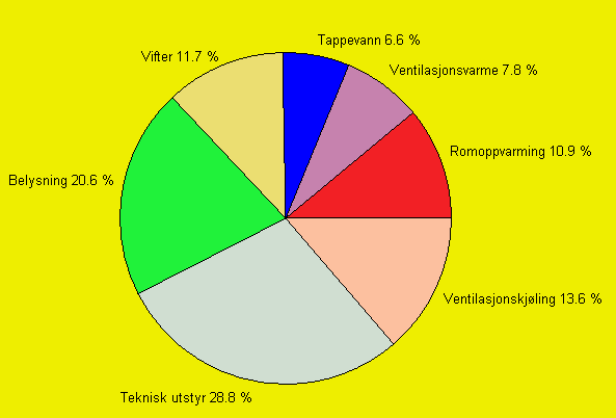


Figur 3.16 Temperaturforhold i sone midt. Dimensjonerende sommer



Figur 3.18 Temperaturforhold i sone nord. Dimensjonerende sommer

Analyse av energibehov



Figur 3.19 Energibehov. %-vis fordelt på ulike poster

Tabell 3.7/figur 3.19 viser at termisk energi til oppvarming (tappevann, ventilasjons-varme og romoppvarming) i sum utgjør drøye 25 % av energibehovet. Elektrisk energi til lys, utstyr og vifter tilsvarer 61 %, mens behov til kjøling utgjør resten, ca 14 %.

Et tiltak for å redusere energibehovet ytterligere vil være å redusere varme-belastningen slik at behov for mekanisk kjølt ventilasjonsluft elimineres:

- Reduksjon av solinnstråling sommertid vil slå direkte ut på denne posten.
- Reduksjon av intern varmelast (lys/ utstyr) bidrar også til redusert kjøling. I tillegg virker tiltaket direkte inn på respektive poster i energiregnskapet.

3.6 FAKTOR 10 (30 kWh/m^2 år – energibehov)

Faktor 10 bygget er beregnet ved å benytte energiegenskaper til komponenter og løsninger helt i ytterkant i forhold til hva som finnes tilgjengelig, anses som praktisk mulig, eller er utviklet pr. dato:

Data	**Faktor 10** 30 kWh/m^2 år	**Komponentdata**
U-verdi yttervegg	0.11 W/m²K	Eksempel: I-profil. 400 mm isolasjon
U-verdi tak	0.09 W/m²K	Eksempel: Kompakttak. 500 mm isolasjon
U-verdi gulv	0.08 W/m²K	Eksempel: Betongdekke. 250 mm isolasjon under, 150 mm over Kantisolasjon 100 mm XPS
U-verdi vinduer	0.64 W/m²K	Eksempel: 3-lags lavemisjonsglass, med kryponfylling. Isolerende materiale i avstandslist, karm og ramme utført med kuldebrobrytende materiale. Vinduer mot sør er gjort åpningsbare
Normalisert kuldebroverdi	0.02 W/m²K	Svært lav verdi. Verdien beregnes, og kan vanskelig dokumenteres utover dette. (Høye verdier kan avdekkes via termofotografering).
Lekkasjetall, n50	0.30 omst/t	Svært lav verdi. Fordrer i praksis en så og si lekkasjefri omhylningsflate for bygget. 2 trinns tetting. Alle skjøter tapes og gjennomføringer utføres med mansjett. Verdien 0.4 ble målt ved Prof. Broch gt.2 (kap 3.3)
Ventilasjons- system	Variabel mengde dagtid: 4 m^3/h m^2 (min) 6 m^3/h m^2 (maks)	Krever lav/ikke-emitterende materialer. Luftmengde bestemt av temperatur i rommet (maks. romtemp. 26 °C).
SFP	1.0 kW/[m^3/s]	Svært lav verdi. Krever i praksis delvis bruk av bygningsmessige konstruksjoner (trapperom, korridorer, glassgårder) som føringsveier. Bygningsmessige ventilasjonsrom, kan være en mulighet (Ref Kvadraturen Videregående Skole, Kristiansand).
Virkningsgrad varmegjenvinner	87 %	Svært høy verdi. Krever lav hastighet over varmevekslerkomponent, i kombinasjon med stor kontaktflate for energiveksling mellom varm og kald side.
Belysning	1.5 W/m^2	Svært lav verdi. Krever gode løsninger for utnyttelse av dagslys. I tillegg utstrakt bruk av lavenergi (LED) belysning
Utstyr	1.7 W/m^2	Svært lav verdi. Krever A-klassifiserte produkter for alt elektrisk utstyr. Redusert omfang av utstyr kan være en strategi.

Tabell 3.8 Kommentarer til vesentlige data benyttet i beregningen.

Reduksjon av solinnstråling og dagslys

3-lags glass (solfaktor 0.4) i kombinasjon med utvendig automatisk styrt solavskjerming, total (solfaktor 0.05) reduserer innstråling og varmebelastning i lokalene innenfor. Vinduene er i tillegg forsynt med utspring, med total dybde på 300 mm. Tiltaket går selvsagt på bekostning av tilgjengelig dagslys i lokalene innenfor, hvor en da må ty til elektrisk belysning. Det er imidlertid ikke gjort kontrollberegninger av dette forholdet, utover en forutsetning av at belysning tilsvarende 1.5 W/m^2 kontinuerlig gjennom driftstid er tilstrekkelig.

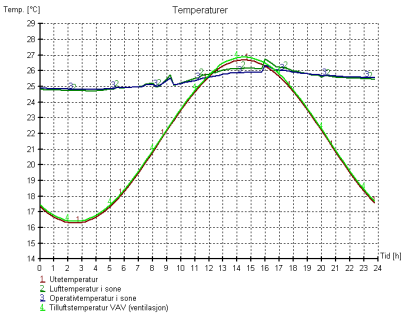
Forholdet vil imidlertid bli belyst nærmere i LECO-prosjektet gjennom egen rapport.

Energibehov
Beregnet energibehov, samlet og for hver av sonene:

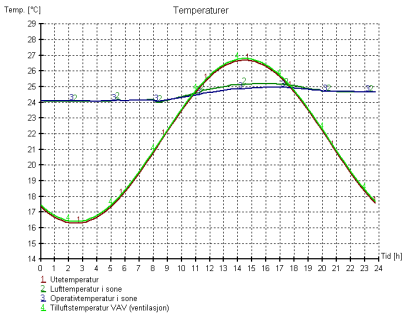
	Sum 3-sone modell	Sone Sør	Sone Midt	Sone Nord
1a Romoppvarming	11.6 kWh/m²	24.1 kWh/m²	4.6 kWh/m²	27.0 kWh/m²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	1.2 kWh/m²	1.3 kWh/m²	1.2 kWh/m²	1.3 kWh/m²
2 Varmtvann (tappevann)	5.0 kWh/m²	5.0 kWh/m²	5.0 kWh/m²	5.0 kWh/m²
3a Vifter	2.5 kWh/m²	2.6 kWh/m²	2.4 kWh/m²	2.8 kWh/m²
3b Pumper	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²
4 Belysning	4.7 kWh/m²	4.7 kWh/m²	4.7 kWh/m²	4.7 kWh/m²
5 Teknisk utstyr	5.3 kWh/m²	5.3 kWh/m²	5.3 kWh/m²	5.3 kWh/m²
6a Romkjøling	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²	0.0 kWh/m²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	30.3 kWh/m²	43.0 kWh/m²	23.2 kWh/m²	46.1 kWh/m²

Tabell 3.9 Energibudsjett for Faktor 10 kontorbygning.

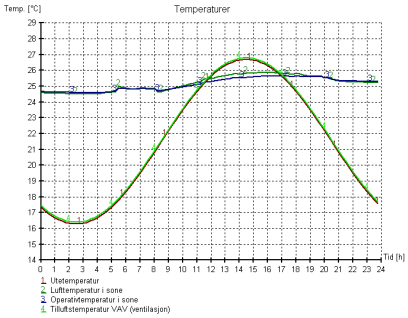
Temperatur
Kontroll av temperaturforholdene viser virkningen av den svært lave resulterende varmebelastningen. Sommerstid går ventilasjonsanlegget uten kjøling, og tillufttemperaturen følger således utetemperaturen. Mengde ventilasjonsluft innenfor intervallet 4-6 m^3/hm^2. Mengde er styrt av romtemperaturen: V_{min}, ved T_{rom}= 21 °C. V_{maks} ved T_{rom} >26 °C:



Figur 3.20 Temperaturforhold i sone sør. Dimensjonerende sommer



Figur 3.21 Temperaturforhold i sone midt. Dimensjonerende sommer



Figur 3.22 Temperaturforhold i sone nord. Dimensjonerende sommer

Realisme
Verdiene i tabell 3.8, samt drøftinger rundt virkning av solavskjerming versus lysforhold i lokalene, kan gi grunn til å stille spørsmål rundt realismen av det beregnede bygget. I tillegg er beregningene basert på perfekt styrte- og regulerte systemer.

Det som er sikkert er at alle beregningsforutsetningene krever egne detaljvurderinger og krav til delløsninger med produkter som kanskje ligger noe fram i tid. Samtidig gir en slik gjennomgang et bilde av retning og på hvilket nivå en må komme for å oppfylle de mest ambisiøse mål.

3.7 FAKTOR 10 (30 kWh/m^2 år – levert energi)

Foregående kapittel viste hvilke tiltak og teknologier som kan settes inn for å oppnå et *energibehov* på kun 30 kWh/m^2 år for kontorbygget.
LECO har satt måltall for levert, eller tilført energi. Dette betyr at en kan kombinere bygget (energibehov) og energiforsyningssystem på en slik måte at levert energi sum når ned i måltallet.

Varmepumpe er et eksempel på et energiforsyningssystem som kan overføre mer energi til bygget en enn det som skal til av elektrisk energi for å drive prosessen. Energimengden som driver prosessen regnes pr. definisjon (NS 3031) som levert energi. Forholdstallet mellom levert energi og energi ut i fra systemet kan typisk ligge på mellom 2.5 – 3.0.
Bygningsintegrert energiproduksjon, eksempelvis termisk energi fra en solfanger, elektrisk energi fra en liten vindturbin eller et solcelleanlegg, er eksempler på andre teknologier som kan benyttes. Her er innsatsmengden lik eller praktisk talt lik 0, men systemet kan forsyne bygningen med energi, og dekke opp deler av energibehovet. Forholdstallet mellom mengde ut av systemet og innsatsmengde kan typisk ligge på mellom 10-100[8].
Med utgangspunkt i Faktor 4 bygget (kapittel 3.5) følger nå en trinnvis gjennomgang av hvordan disse sol-baserte teknologiene kan benyttes for å nå målet:

Trinn 1 Fjerne behov for kjøling

Følgende tiltak er gjennomført i modellen:

- Etablere bygningsmessig framspring rundt vinduer/trekke vindu inn i fasaden med dybde på i alt 300 mm. Dette for å bedre solavskjermingen.
- Aktivere solavskjermingen ved en solinnstråling på kun 100 W/m^2 for øst/vestvendte vinduer i sør og nord fasade.
- Regne inn tung eksponerte konstruksjoner i etasjeskiller, samt benytte innvendige vegger med gipsoverflate, (termisk masse).
- Benytte variabel ventilasjonsmengde (6 – 10 m^3/m^{2}h) styrt av romtemperatur.
- Benytte nattventilasjon (10 m^3/m^2) ved behov.
- Endre modellen for belysning til faktisk variasjon av dagslys gjennom året: (7.5 W/m^2 (vinter), 5 W/m^2 (vår/høst) og 2.5 W/m^2 (sommer)

Energibehov

Energiberegningen gir følgende resultat:

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	32673 kWh	9.1 kWh/m²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	26353 kWh	7.3 kWh/m²
2 Varmtvann (tappevann)	18040 kWh	5.0 kWh/m²
3a Vifter	46099 kWh	12.8 kWh/m²
3b Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m²
4 Belysning	56218 kWh	15.6 kWh/m²
5 Teknisk utstyr	78926 kWh	21.9 kWh/m²
6a Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	258310 kWh	71.8 kWh/m²

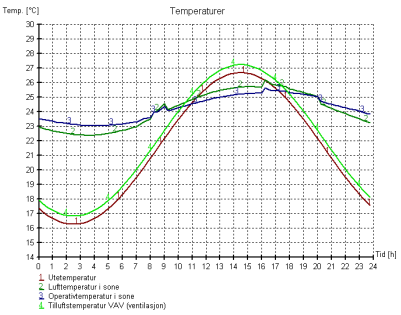
Tabell 3.10 Energibudsjett for Faktor 10 kontorbygning. Trinn 1

Resultatet viser at i forhold til tabell 3.5 går totalt energibehov ned, selv om energibehov til viftedrift øker.

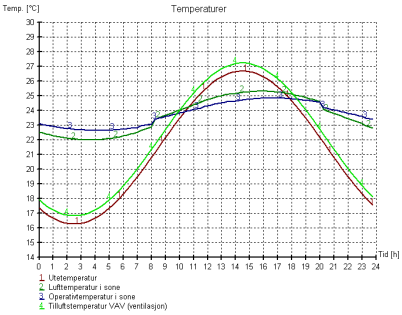
[8] Se systemvirkningsgrader. NS 3031. Normativt vedlegg B

Temperatur

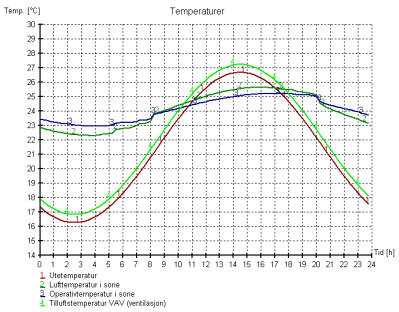
Kontroll av temperaturforholdene viser at tiltakspakken i trinn 1 gir akseptable temperaturforhold i de ulike sonene. (Jmfr. Kapittel 3.5 og figurene 3.13, 3.14 og 3.15):



Figur 3.23 Temperaturforhold i sone sør. Dimensjonerende sommer



Figur 3.24 Temperaturforhold i sone midt. Dimensjonerende sommer



Figur 3.25 Temperaturforhold i sone nord. Dimensjonerende sommer

Trinn 2 Bedre SFP-faktor for ventilasjonsvifter og virkningsgrad for varmegjenvinner

Følgende tiltak er gjennomført i modellen:

- Bedre SFP-faktoren for ventilasjonsvifter fra 1.5 kW/m^3/s til 1.0 kW/m^3/s
- Bedre årsvirkningsgrad for varmegjenvinner fra 82 % til 90 %

Energibehov

Energiberegningen gir følgende resultat:

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	32687 kWh	9.1 kWh/m²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	7791 kWh	2.2 kWh/m²
2 Varmtvann (tappevann)	18040 kWh	5.0 kWh/m²
3a Vifter	30318 kWh	8.4 kWh/m²
3b Pumper	0 kWh	0.0 kWh/m²
4 Belysning	56218 kWh	15.6 kWh/m²
5 Teknisk utstyr	78926 kWh	21.9 kWh/m²
6a Romkjøling	0 kWh	0.0 kWh/m²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0.0 kWh/m²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	223980 kWh	62.2 kWh/m²

Tabell 3.11 Energibudsjett for Faktor 10 kontorbygning. Trinn 2

Resultatet viser at energibehovet til oppvarming av ventilasjonsluft (varmebatteri) og elektrisk drift til vifter ikke uventet går ned.

3.7.1 Energibehov – levert energi

Beregningene fra trinn 2 er simuleringer av energibehov, og inneholder i sum en del tiltak gjennomført på et kontorbygg med passivhus standard.

Gitt at ca 60 kWh/m^2 er valgt som (tilstrekkelig ambisiøst) energibehov. Da må resterende, dvs. 30 kWh/m^2, skaffes til veie via omgivelsene for at levert energi til bygget skal komme ned til faktor 10 nivået.

Trinn 3 Termisk solfanger.
Termisk energibehov utgjør i sum 16.3 kWh/m^2. Romoppvarming og ventilasjonsbatteri ligger i sesongmessig motfase til leveranse fra et solfangeranlegg, hvilket betyr at en solfanger neppe vil være aktuelt å benytte til dette.

Behovet til oppvarming *av varmt forbruksvann* er imidlertid rimelig konstant gjennom året, og ligger således godt til rette for dekning via et slikt system. Energibehovet er beregnet til 5.0 kWh/m^2 år, hvorav et solfangeranlegg bør kunne greie å dekke 50 %.

Termisk energibehov utgjør etter dette 13.8 kWh/m^2

Trinn 4 Solcelleanlegg.
Elektrisk energibehov utgjør i sum 45.9 kWh/m^2. På samme måte som for et termisk solfangeranlegg ligger leveranse i sesongmessig motfase med energibehov til oppvarming. Lagring av energi fra solcelleanlegget er imidlertid i praksis en enklere teknologi enn for det termiske systemet, dersom en forutsetter et system basert på utveksling mot det ordinær el-nettet.
Med måltall om totalt levert energi på 30 kWh/m^2 år, må levert elektrisk energi ligge på ca 30.0 – 13.8 = 16.2 kWh/m^2 år. Differansen 45.9 – 16.2 = 29.7 kWh/m^2 år må altså skaffes til veie via et solcelleanlegg.

	Beregnet behov [kWh/m^2 år]	Levert via solfanger [kWh/m^2 år]	Levert via solcelle [kWh/m^2 år]	Levert inn på bygget [kWh/m^2 år]
Termisk	16.3	2.5	-	13.8
Elektrisk	45.9	-	29.7	16.2
SUM	62.2	32.2		30.0

Tabell 3.12 Beregnet energibehov og nødvendig levert energi via solfanger/solcelleanlegg.

Termisk solfanger.
Samlet energileveranse for solfangeren vil være 2.5 kWh/m^2 år * 3600 m^2 BRA= 9.000 kWh/år (tabell 3.12). Med en energileveranse på ca 300 kWh/m^2 solfangerareal, betyr dette i størrelsesorden 30 m^2 solfangerareal i bygget. Tilgjengelig takareal er ca 1200 m^2. Systemet vil trenge akkumulatortank til døgnlagring av energien.

Solcelleanlegg.
Systemløsningen for tradisjonelle (små) solcelleanlegg er i utgangspunktet designet for å betjene lavspenning (12 V/24 V) distribusjonsnett. Et slikt nett kan videre benyttes til lavvolt belysning (typisk LED-basert) og i noen grad kontorutstyr (bærbar PC). Motorer til solavskjerming vil også kunne drives via et slikt nett sammen med bygningens generelle automatiseringsanlegg.

En annen mulighet er å transformere spenningen opp til bygningens normale spenningsnivå, 360 V, 3-fas, og kople den til den ordinære strømforsyningen i bygget. Begge metodene trenger, som for den termiske solfangeren, et system for lagring av energien. Til dette kan en batteristasjon benyttes. En mer rasjonell ”lagringsmetode” er imidlertid å sende (selge) solcelleprodusert strøm ut på det ordinære el-nettet, og kjøpe inn elektrisk energi far det samme nettet ved behov. El nettet benyttes i slike tilfeller som akkumulator.

Samlet nødvendig energileveranse via solcelleanlegget vil være 29.7 kWh/m^2 år * 3600 m^2 BRA= 106.920 kWh/år. Med en energileveranse på ca 100 kWh/år m^2 solcelleareal, betyr dette i størrelsesorden 1070 m^2 solceller for bygget. I praksis vil behov for montasjeflate (flatt tak) være noe større enn det beregnede nødvendige solfangerarealet. Dette for å sikre tilkomst og tilrettelegge for service på installasjonen, hindre snøansamling (hvor aktuelt) og særlig hindre skygge fra nabopanel. Ett sted mellom 20-50 % tilleggsareal må påregnes. I gjennomregnet tilfelle hvor takflaten utgjør brutto 1200 m^2, betyr dette at tilgjengelig takflate er i minste laget. Ytterligere areal kan imidlertid framskaffes ved å integrere solceller i fasaden.

Figur 3.16 Kyocera New Headquarters Building.

Solcelle anlegg.

Solcelle plassert på bygning. Kyocera New Headquarters Building, Japan.

Energileveranse via systemet 182.000 kWh/år.

Installert effekt:
Tak: 57 kW, Vegger: 157 kW.

Kilde:
www.arch.hku.hk/~cmhui/japan/kyocera/kyocera-index.html

Referanser.

TEK07. Revisjon av kapittel 8. (energidelen) fra Teknisk Forskrift av 1997.

NS 3031:2007. Beregning av bygningers energiytelse - Metode og data. Standard Norge.

PrNS 3700:2009. Kriterier for lavenergi og passivhus – Boligbygninger. Høringsforslag. Standard Norge

Teknisk forskrift til plan og bygningsloven. 23. juni 2009. Høringsnotat. Kommunal- og regionaldepartementet

Kriterier for passivhus- og lavenergibygg – Yrkesbygg. Forfattere: Tor Helge Dokka, Michael Klinski, Matthias Haase og Mads Mysen. ISBN 978-82-536-1107-5. SINTEF Byggforsk. 2009

Justering av energikrav i TEK. Forfattere: Marit Thyholt, Tor Helge Dokka, Peter Schild, Catherine Grini, Mads Mysen og Igor Sartori. ISBN 978-82-536-1039-9 SINTEF Byggforsk. 2009

VEDLEGG 1. Input-verdier i beregninger og mulige løsninger

Element	Data benyttet i beregninger	Typisk løsning
U-verdi yttervegg	0.25 W/m²K	Bindingsverk av tynnplateprofiler: 150 mm isolasjon
	0.18 W/m²K	Bindingsverk av tynnplateprofiler: 225 mm isolasjon
	0.17 W/m²K	Bindingsverk av tynnplateprofiler: 250 mm isolasjon
	0.12 W/m²K	Bindingsverk av tynnplateprofiler: 300 mm isolasjon
	0.11 W/m²K	Bindingsverk av tynnplateprofiler: 400 mm isolasjon
U-verdi tak	0.20 W/m²K	Kompakt tak: 180 mm isolasjon
	0.13 W/m²K	Kompakt tak: 300 mm isolasjon
	0.11 W/m²K	Kompakt tak: 350 mm isolasjon
	0.10 W/m²K	Kompakt tak: 400 mm isolasjon
	0.09 W/m²K	Kompakt tak: 500 mm isolasjon
U-verdi gulv	0.22 W/m²K	150 mm isolasjon
	0.15 W/m²K	250 mm isolasjon
	0.12 W/m²K	300 mm isolasjon
	0.11 W/m²K	350 mm isolasjon
	0.08 W/m²K	400 mm isolasjon. 100 mm kantisolasjon
U-verdi vinduer og dører	1.60 W/m²K	2-lags energiglass
	1.20 W/m²K	2-lags energiglass m/ isolert karm/ramme
	0.80 W/m²K	3-lags energiglass m/isolert karm/ramme
	0.64 W/m²K	3-lags energiglass kryptongassfylling. Superisolert karm/ramme
Belysning	15 W/m2	Eldre armaturer, med T8 lysrør=26mm diameter og konvensjonell forkobling
	8 W/m2	Moderne armatur, med T5 teknikk og elektronisk HF forkobling
	5 W/m2	Moderne armatur. T5, med automatisk styring ved bevegelsessensor Punktbelysning. Noe innslag av LED belysning
	7.5-5-2.5 W/m^2	Moderne armatur. T5, med bevegelsessensor og dimbar dagslysstyring). Punktbelysning. Maksimalt innslag av LED belysning
Utstyr	17 W/m2	Standard PC (100 Watt/på, 10 Watt/vente, 5 Watt/av) Standard CRT skjerm (73 Watt/på, 3 Watt/vente, 3 Watt/av) Ventemodus ikke aktivert Eldre multifunksjon skriver//kopi/skanner
	11 W/m2	Standard PC (100 Watt/på, 10 Watt/vente, 5 Watt/av) Standard LCD skjerm (25 Watt/på, 2.5 Watt/vente, 2.5 Watt/av) Nyere multifunksjon skriver/kopi/skanner
	7.5 W/m2	Bærbar PC (22 Watt/på, 11 Watt/vente, 3 Watt/av) Energy Star multifunksjon skriver/kopi/skanner
	7 W/m2	Bærbar PC (22 Watt/på, 11 Watt/vente, 3 Watt/av), samt noe innslag av Liten bærbar PC (12 Watt/på, 4 Watt/vente, 3 Watt/av) Beste Energy Star multifunksjon skriver/kopi/skanner

VEDLEGG 2. Bygningsenergidirektivet – merkenivå.

Kravnivå for levert energi ihht. forslag til norsk system for energimerking.
Bygningsenergidirektivet:

	LEVERT ENERGI						
Bygningskategori	A	B	C	D	E	F	G
	Lavere enn	Lavere enn	Lavere enn	Lavere enn	Lavere enn	Lavere enn	Lavere enn
	kWh/m^2	kWh/m^2	kWh/m^2	kWh/m^2	kWh/m^2	kWh/m^2	kWh/m^2
Småhus	79	118	158	231	305	458	Ingen grense
Boligblokker	67	100	134	184	235	353	Ingen grense
Barnehager	90	135	180	228	276	414	Ingen grense
Kontorbygg	84	126	168	215	263	395	Ingen grense
Skolebygg	79	118	158	208	259	389	Ingen grense
Universitets- og høgskolebygg	95	143	191	240	289	434	Ingen grense
Sykehus	179	268	358	416	475	713	Ingen grense
Sykehjem	136	203	271	328	384	576	Ingen grense
Hoteller	135	202	269	321	373	560	Ingen grense
Idrettsbygg	109	164	218	272	325	488	Ingen grense
Forretningsbygg	129	194	258	309	360	540	Ingen grense
Kulturbygg	105	158	210	256	302	453	Ingen grense
Lett industri, verksteder	106	159	212	270	329	494	Ingen grense
			Nivå for TEK 2007				

LECO er et kompetanseprosjekt med brukermedvirkning (KMB). Prosjektet ledes av SINTEF Byggforsk og gjennomføres i samarbeid med SINTEF Energiforskning AS, Erichsen & Horgen AS, Entra Eiendom AS, YIT AS, Entro AS, Hunter Douglas AS, Per Knudsen Arkitektkontor AS, Rambøll AS, Skanska AS, og OptoSense AS. Prosjektet ble igangsatt høsten 2008 og vil pågå til utgangen av 2010. Vi takker prosjektets partnere og Norges forskningsråd for finansiering av prosjektet.

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

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