

# Prosjektering av større bygninger

**Hefte 4 i et kurskompendium  
fra Lavenergiprogrammet**

**Heftene er utviklet av SINTEF Byggforsk**

Kompendium for Lavenergiprogrammet

Anders Kirkhus

#### **Hefte 4: Prosjektering av større bygninger**

Emneord:

Energi, beregninger, bygninger, TEK

ISBN 978-82-536-1052-8 (kpl.)

ISBN 978-82-536-1057-3 (Hefte 4, trykt)

ISBN 978-82-536-1063-4 (Hefte 4, pdf)

2 000 eks. trykt av 07-gruppen

Innmat: 130 g Galerie One

Omslag: 250 g Galerie Art Silk

© Copyright SINTEF Byggforsk 2009

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

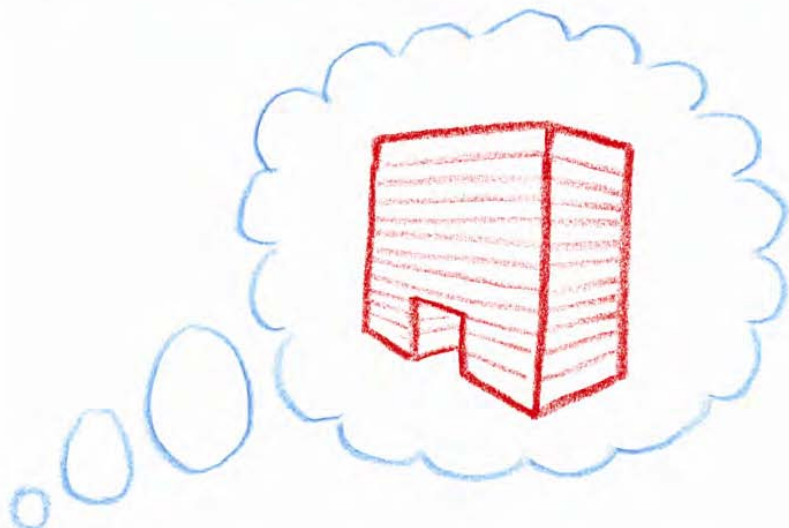
Adr.: Forskningsveien 3 B  
Postboks 124 Blindern  
0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

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

## Hva er dette heftet, og hvordan bruker du det?



© SINTEF Byggforsk

Dette heftet forteller kortfattet om de viktigste tiltakene for å redusere energibehovet til nye bygninger. Heftet tar for seg næringsbygninger, offentlige bygninger og boligbygninger som er større enn firemannsboliger. Småhus er behandlet i andre hefter.

Heftet er del av en serie. Serien er kompendium til kurs fra Lavenergiprogrammet. Illustrasjonene er utgangspunktet for overheadene, og teksten gir de vesentligste opplysningene til hver illustrasjon. Teksten i marginen gir utfyllende opplysninger.

Målet er å gi *alle* i byggenæringen en oversikt over de viktigste grepene for å redusere energibehovet til nye bygninger. Skal man planlegge for å oppnå et helt bestemt energibehov, trengs det mer detaljert kunnskap enn dette heftet gir.

Heftet kan lastes ned som pdf fra [www.lavenergiprogrammet.no](http://www.lavenergiprogrammet.no). For å kjøpe trykt hefte til selvkost, kontakt SINTEF Byggforsk på telefon 22 96 55 55 eller e-post [salg.byggforsk@sintef.no](mailto:salg.byggforsk@sintef.no)

Mer stoff om lavenergi kan du bl.a. finne hos Enova på [www.enova.no](http://www.enova.no) eller i Byggforskserien på <http://bks.byggforsk.no>.

Nytt fra forskningsfronten fins på [www.sintef.no/byggforsk/bygninger/energi](http://www.sintef.no/byggforsk/bygninger/energi).

# Hva er Lavenergiprogrammet?

Byggenæringens  
Landsforening



arkitektbedriftene



lavenergi  
programmet.



© SINTEF Byggforsk

Lavenergiprogrammet  
Middelthunsgate 27  
Pb. 7187 Majorstuen  
0307 Oslo

Tel: 23 08 75 00  
Fax: 23 08 52 29

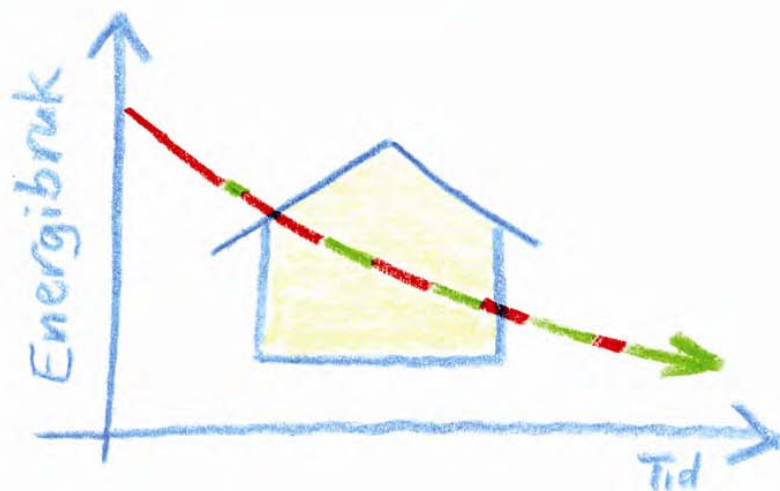
[www.lavenergiprogrammet.no](http://www.lavenergiprogrammet.no)

Klimaendringene er en stor samfunnsmessig utfordring. I henhold til FNs klimapanel må utslippene reduseres med 50 til 80 % for å unngå farlige klimaendringer. Et viktig bidrag er å redusere energibruken i bygninger, bruke fornybar energi og bruke riktig energi til riktig formål.

Lavenergiprogrammet er et samarbeid mellom byggenæringen og staten for å få til energieffektivisering og energiomlegging i bygninger.

Deltakere i programmet er Byggenæringens Landsforening, Arkitektbedriftene, Enova, Husbanken, Statens bygningstekniske etat, Norges vassdrags- og energidirektorat og Statsbygg.

## Hva vil Lavenergiprogrammet?



© SINTEF Byggforsk

40 % av energibruken i Norge er i bygninger. Det er et stort potensial for å redusere denne energibruken. Ved å redusere energibruken i bygninger, kan ren energi fra vannkraft som ofte brukes til oppvarming, benyttes til å erstatte forurensende energikilder andre steder. Ved å prosjektere og bygge energieffektive, gode og trygge bygninger bidrar du til å løse klimautfordringene vi står overfor.

Lavenergiprogrammet jobber med å øke kunnskapen om energieffektivisering og miljøvennlig energiomlegging i bygg- og anleggsnæringen. Programmet bidrar også til etablering av forbildeprosjekter innen lavenergi- og passivhus.

Den reelle energibruken avhenger av hvordan folk bruker bygningene.

Byggenæringen kan ikke styre hvordan brukerne av bygningene oppfører seg. Men vi kan og skal gi brukerne *muligheten* til å bruke lite energi ved å produsere bygninger med lavt energibehov.

## INNLEDNING

# Kyoto-pyramiden



© SINTEF Byggforsk

Kyoto-pyramiden viser ikke hvilke tiltak som er viktigst, men hvilke man bør vurdere først. Det fins «flinke bygninger» som samler inn mer gratisenergi fra omgivelsene enn de bruker selv. Da er det ikke så nøye om oppvarmingsbehovet er lavt eller ikke.

Kyoto-pyramiden har egentlig en kjelleretasje: «Arealplanlegging og transport». Dette er overordnede betingelser for bygningens energibehov. I mange tilfeller er de bestemt på forhånd. Men hvis de kan påvirkes, kan det ha stor effekt.

Kyoto-pyramiden viser i hvilken rekkefølge man bør tenke for å bygge energieffektivt:

Først bør man redusere bygningens varmetap, dvs. redusere bygningens energibehov. Den mest miljøvennlige energien er den som ikke blir brukt!

Så bør man benytte så «lav-verdig» energi som mulig. Ved kan bare brukes til oppvarming, strøm til mye mer. Bruk elektrisitet bare til oppgaver som ingen andre energiformer kan løse!

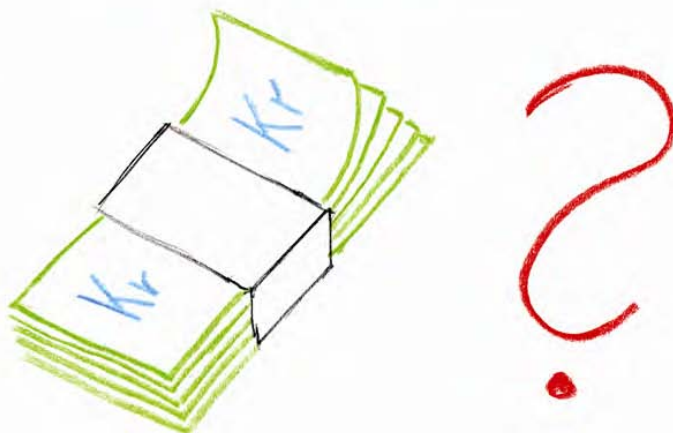
Utnytt solenergi og andre former for gratisenergi som vind, dagslys og passiv kjøling. Solfangere, solceller og varmepumper er også bra.

Vis fram energibruken til brukerne av bygningen. Det bevisstgjør og fører til endret bruk.

Til slutt: Velg fornybare, CO<sub>2</sub>-nøytrale energikilder!

## INNLEDNING

### Blir det dyrt?



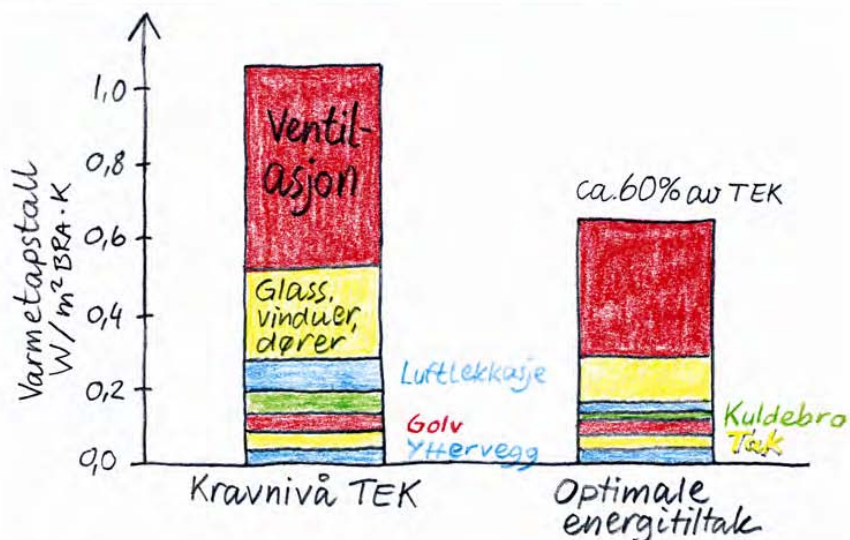
© SINTEF Byggforsk

Det er teknisk mulig å lage bygninger som er helt selvforsynte med energi, til og med bygninger som leverer energi til samfunnet rundt seg. Men å bygge slik medfører per i dag høye kostnader.

Imidlertid det fins mange billige tiltak som kan redusere energibruken betydelig. Hvis man kombinerer de enkle og billige løsningene, er det ingen heksekunst å bygge en kontorbygning med betydelig lavere energibehov enn gjennomsnittet, uten at bygningen koster mer enn vanlig.



## HVA MONNER MEST? Varmetap – oversikt



I større bygninger kan det være vanskelig å dokumentere tettheten.

Ofte måles tettheten etasje for etasje. Da vet man lite om hvor stor del av luftlekkasjene som er mellom etasjene (interne lekkasjer).

Interne lekkasjer har liten konsekvens for energi-bruken, men kan ha stor betydning for spredning av lyd og røykgasser, og bør derfor unngås.

I en typisk kontorbygning er det to varmetap som peker seg tydelig ut:

- ufullstendig gjenvinning av varmen i ventilasjonslufta (virkningsgraden til varmegjenvinneren i ventilasjonsanlegget)
- varmetap gjennom glassfelter, vinduer og dører

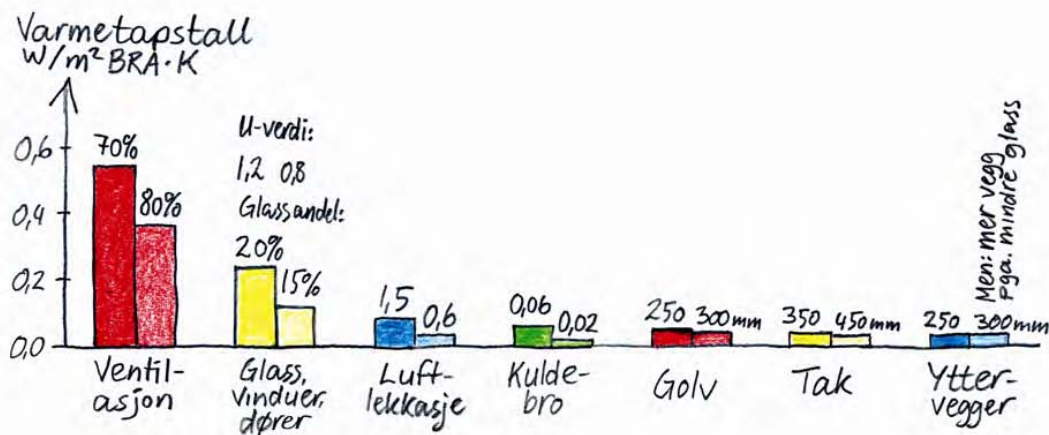
Med en bedre virkningsgrad enn kravnivået i TEK på 70 %, vil varmetapet reduseres betydelig. Det er fullt mulig å gjenvinne 80 % av varmen i ventilasjonslufta. For å oppnå en like stor forbedring på annen måte, måtte man ha eliminert alt varmetap gjennom golv, vegger, tak og kuldebroer!

Varmetapet gjennom glassfelter, vinduer og dører avhenger både av størrelsen og av U-verdiene.

Av de «små» varmetapspostene er lufttetthet den største. Dernest kommer kuldebroene. Man bør tilstrebe god tetthet og reduserte kuldebroer.



## HVA MONNER MEST? Varmetap – de enkelte tiltak



© SINTEF Byggforsk

Temperaturvirkningsgraden på ventilasjonsanleggets varmegjenvinning kan lett økes til 80 %. I forhold til kravnivået i TEK reduseres varmetapet med en tredjedel.

Med vindu-, dør- og glassareal på 15 % av golvarealet og vinduer med U-verdi på 0,8 W/m<sup>2</sup>K, halveres varmetapet i forhold til kravnivået i TEK.

Med et lekkasjetall på 0,6 luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkforskjell blir varmetapet ved luftlekkasjer mer enn halvert. Men det krever at man fokuserer på tetthet i hele byggeprosessen.

Det er ikke vanskelig å redusere den normaliserte kuldebroverdien til 0,02 W/m<sup>2</sup>K med gode detaljløsninger: Det er en tredjedel av kravnivået i TEK.

Økt isolasjonstykkelse i golv, tak og vegger har lite å si, men ikke bygg dårligere enn kravnivået i TEK.

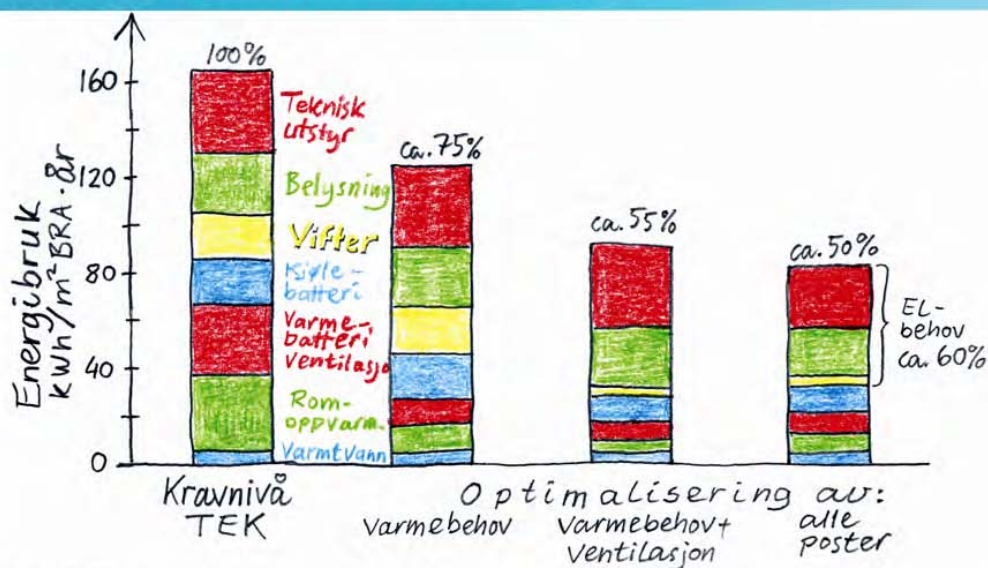
Produsenter oppgir virkningsgrad på 84–85 % under ideelle forhold. I praksis er 80 % maks.

Vinduer bør ha trelags ruter og isolert karm og ramme. 15 % glassandel er minimum for å oppfylle dagslyskrav.

Man kan vanskelig prosjektere seg til et bestemt lekkasjetall, men man kan gjøre sitt beste.

Et enkelt tiltak for å redusere kuldebroene er å bruke 300 mm isolasjon i ytterveggene. Da er det lettere å prosjektere og bygge gode løsninger.

## HVA MONNER MEST? Alle energiposter – oversikt



Andre bygningstyper enn kontorbygninger har en litt annen sammensetning av energipostene. De største avvikene er:

Idrettsanlegg, boligblokker, hotell, sykehus og sykehjem bruker mye energi til varmtvann, nesten like mye som til romoppvarming.

Sykehus, sykehjem, hoteller og forretningsbygninger bruker mer energi til romoppvarming, ventilasjonsoppvarming, vifter og kjøling enn det kontorbygninger gjør.

På figuren er alle energipostene til en typisk kontorbygning satt oppå hverandre. Søylen til venstre viser energibehovet når vi følger kravnivået i TEK.

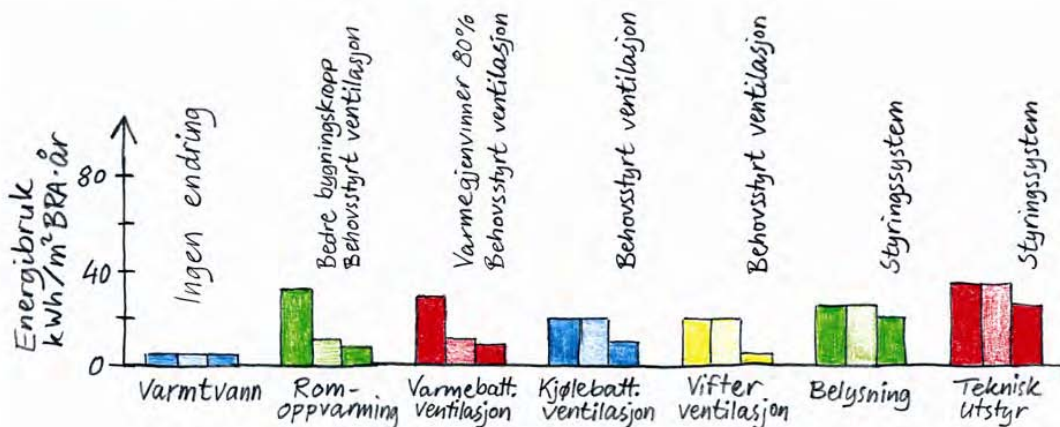
Med en reduksjon av varmetapet som beskrevet på side 6 og 7, reduserer vi det totale energibehovet med ca. 25 %.

Hvis vi ser kritisk på ventilasjonsanlegget og reduserer luftmengdene til det strengt tatt nødvendige (behovsstyring), vil vi få mange små energi-gevinster som til sammen gir ytterligere ca. 20 % redusert energibehov. Detaljene kommer på side 9.

Hvis vi i tillegg monterer styringssystemer for belysning og teknisk utstyr, reduseres disse postene med ca. 20 %. Dette gir redusert kjølebehov om sommeren, men økt oppvarmingsbehov om vinteren. Samlet effekt er ca. 5 % ytterligere reduksjon av det totale energibehovet.

## HVA MONNER MEST?

### Alle energiposter – de enkelte tiltak



© SINTEF Byggforsk

Vi ser på tiltakene for de enkelte energipostene fra side 8. I kontorbygninger brukes lite varmt vann, så vi har ikke gjort noe her. Redusert energibehov til vannoppvarming er behandlet senere i heftet.

Energibehovet til romoppvarming er først redusert med forbedret bygningskropp, og oppvarmingen av ventilasjonslufta er redusert ved bedre gjenvinner.

Dernest er mengden ventilasjonsluft redusert til reelt behov, og det vinner vi på både ved romoppvarmingen, oppvarmingen av ventilasjonslufta, mindre behov for kjøling og lettere jobb for viftene.

Energien til belysning kan reduseres med styringsystemer som utnytter dagslyset og som slår av lyset i tomme lokaler. Teknisk utstyr som automatisk slår av utenom kontortiden, fører til 25 % redusert energibruk. Belysning og utstyr varmer opp lokalene, men dette er ikke «smart» oppvarming.

## RAMMEBETINGELSER

# Areal- og transportplanlegging



© SINTEF Byggforsk

I Freiburg i Sør-Tyskland bygges nå to tette boligområder, Rieselfeldt og Vauban. Målet er minimal energibruk og minimalt CO<sub>2</sub>-utslipp.

Her skal ingen beboere ha mer enn 300 m til nærmeste trikkestopp og matbutikk.

Det er gangavstand til friområder utenfor bebyggelsen. Man håper at mange dermed ikke føler behov for fritidsbolig.

Det er organisert en bilpool. Man kan bare parkere privatbiler utenfor området, og det er dyrt.

Ved planlegging av større bygninger er det ikke unaturlig å starte med en diskusjon om lokalisering. Å plassere bygninger som fører med seg mye trafikk på et sted uten kollektivt transporttilbud kan umulig bli energivennlig totalt sett, uansett hvor energivennlig selve bygningen er. Likevel skjer det stadig vekk.

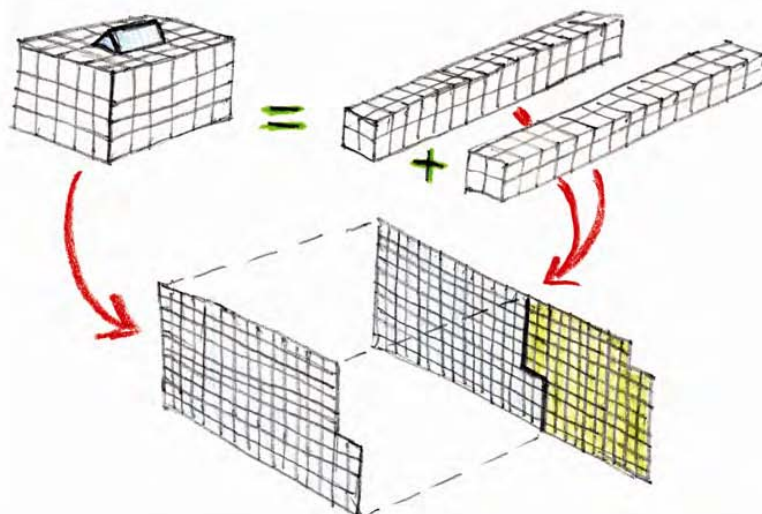
Selv om de fleste flyene til og fra Gardermoen går sørover, må de fleste passasjerene reise mange mil nordover for å komme til flyplassen. Telenors, Norske Skogs og Akers hovedkvarterer legges i strandkanten på halvøya Fornebu utenfor Oslo, hvor en baneløsning er diskutert i ti år, men er helt i det blå. I tillegg bruker de opp attraktive tomteressurser som burde ha kommet fellesskapet til gode.

Kompakte løsninger gir korte reiseavstander, både for folk, varer og energi. Det gir grunnlag for effektive løsninger hvor man også kan ha sambruk.



## KOMPAKT BYGNINGSFORM

### Volum og overflate



© SINTEF Byggforsk

Varmetapet avhenger blant annet av forholdet mellom bygningens volum og overflate.

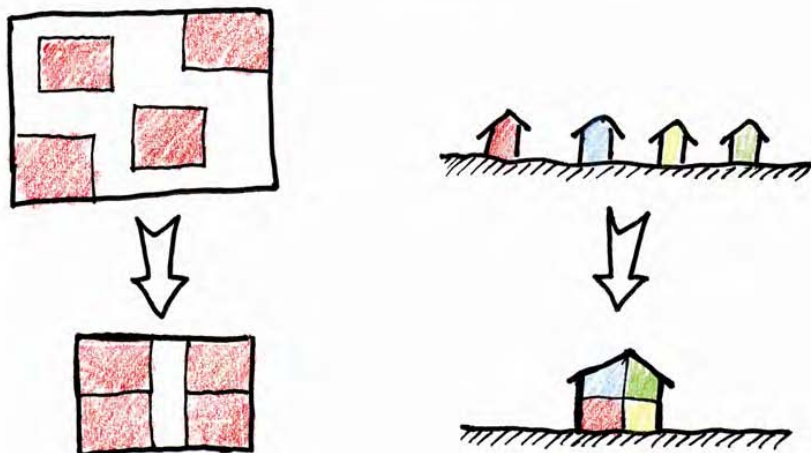
Kompakte bygninger har mindre overflate i forhold til volum, og har derfor mindre varmetap enn bygninger med utflytende form.

For store bygninger kan en glassgate eller et atrium tillate dobbelt så stor bygningsbredde som ellers. Slike glassgårder kommer til å bli oppvarmet, uansett hva de er prosjektert som. Når glassflatene ikke er for store og glasset har god U-verdi, kan dette likevel bli energivennlige løsninger.

Anbefaling: Bygg i flere etasjer og med så stor bygningsdybde som kravene til dagslys og utsyn tillater. Unngå kroker og innvendige hjørner i fasaden.

## KOMPAKT BYGNINGSFORM

### Arealeffektivitet



© SINTEF Byggforsk

For kontorbygninger, se Byggforskserien, Planlegging 344.110 Tilpasningsdyktige kontorbygninger, 344.210 Strategier for valg av kontorløsning og 344.212 Strategier for valg av kontorløsning. Eksempler

En stor del av energibehovet er knyttet til antall kvadratmeter gulvflate. En arealeffektiv bygning er derfor automatisk en energieffektiv bygning.

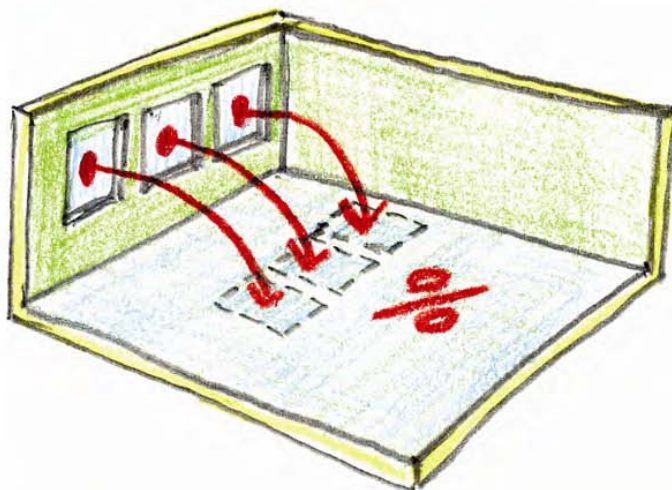
Særlig bør man forsøke å redusere kommunikasjonsarealet. Noen funksjoner kan flyttes ut i arealer man likevel trenger til kommunikasjon, slik at disse funksjonene ikke opptar eget areal. Med slik sambruk bruker man kvadratmetrene «på begge sider». I andre tilfeller kan man gi kommunikasjonsarealet noen opplevelseskvaliteter, slik at det likevel blir til et «sted».

Med litt kreativitet, kan andre arealer også effektiviseres eller sambrukes. Mulighetene er forskjellige i hvert prosjekt. Men å legge vekt på arealeffektivitet er alltid energivennlig.



## GLASSFLATER

### Glassflate i forhold til gulvflate



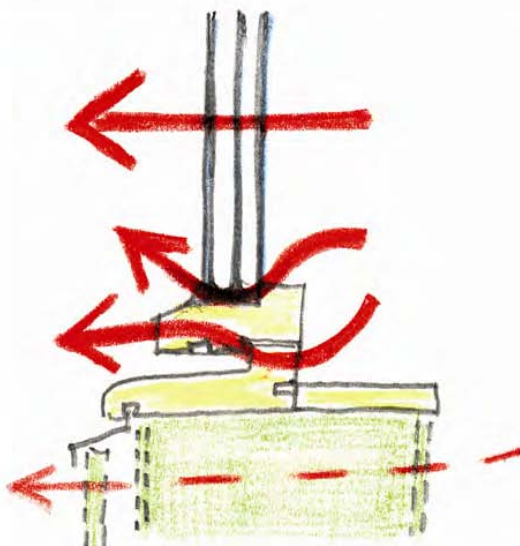
© SINTEF Byggforsk

Glassfelter, vinduer og dører har mye dårligere U-verdi enn vegger. Men dagslys og utsyn er viktig for oss, både fysiologisk og for trivselen. Hovedregelen må derfor være: «Glass hvor man trenger det, men ikke ellers».

I energisammenheng ser man på arealet av glassfelter, vinduer og dører (inkludert karmen) i forhold til bygningens oppvarmede bruksareal (BRA). Dette forholdet kalles ofte bygningens glassandel og oppgis i prosent.

I en vanlig kontorbygning tilsvarer en glassandel på 20 % (kravnivået i TEK) at ca. 40 % av fasadearealet er glass. Dette glassarealet kan man oftest redusere noe uten å gå på akkord med dagslyskravene, se side 15 og 16. I gunstige tilfeller kan man redusere glassarealet med inntil en fjerdedel, slik at forholdet mellom glass- og gulvareal blir 15 %, altså at ca. 30 % av fasadearealet er glass.

## GLASSFLATER U-verdier



© SINTEF Byggforsk

Det er U-verdien til vinduet ferdig montert i vegg som er mest interessant.

Ruteprodusenten oppgir U-verdien målt midt på en rute av standardisert størrelse.

Vindusprodusenten skal kunne oppgi U-verdien til hele vinduet, inkludert spacer, ramme og karm. Denne U-verdien avhenger av hvor stort vinduet er.

Kuldebroer i stendere rundt vinduet og fugen mellom vindu og vegg teller også med i totalen.

En kvadratmeter vindu slipper ut veldig mye mer varme enn en kvadratmeter av de andre ytterkonstruksjonene i en bygning. Derfor har det stor effekt å redusere U-verdien til vinduene.

I løpet av de siste årene er det utviklet vindusløsninger som har vesentlig lavere U-verdi enn før. Det er ingen grunn til ikke å ta disse i bruk.

Det er ikke vanskelig å få tak i vinduer med U-verdi ned i  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Slike vinduer har ofte trelags ruter, energibelegg og isolert karm. Gassfylling mellom glassene har også noe å si, men gassen lekker ut og erstattes med vanlig luft etter noen år.

Trelags ruter veier noe mer enn tolags ruter, men i større bygg brukes det ofte lift til monteringen uansett.

## GLASSFLATER Orientering av vinduer



© SINTEF Byggforsk

Når man reduserer glassarealet, er det viktig at de glassflatene man står igjen med, slipper inn mest mulig dagslys og gir best mulig utsyn.

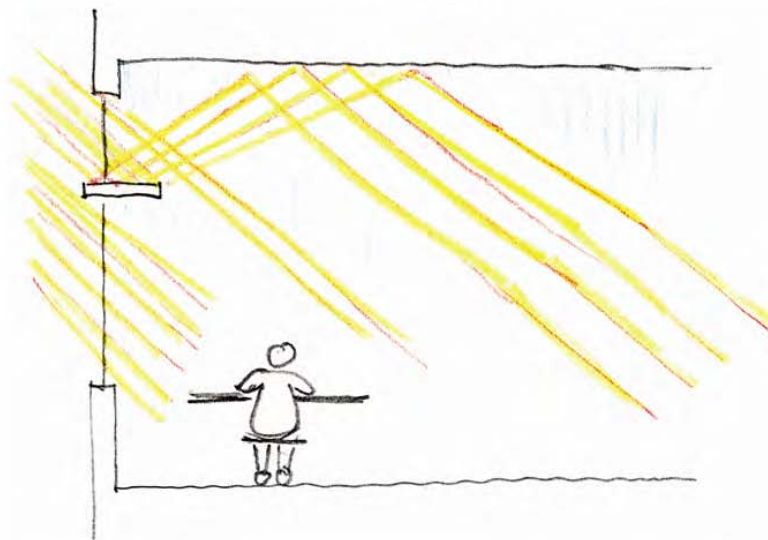
Dagslyset kommer først og framst fra himmelhvelvingen. Direkte sollys er vanskelig å regne med, og er i mange tilfeller uønsket fordi det kan gi blinding og overoppheting. I tillegg blir det reflektert en del lys fra terrenget, vegetasjonen og andre bygninger. Det blir reflektert mer lys fra overflater som står langt borte enn overflater nærme vinduet, men også helningsvinkelen, fargen og refleksjonsevnen til overflaten har betydning.

Vinduer og andre glassflater bør stå slik at de «ser» mest mulig himmel. Det betyr at vinduer bør vende mot åpent lende, og ikke mot andre bygninger, skrenter eller tett vegetasjon. Overlysvinduer slipper ofte inn mer enn dobbelt så mye lys per kvadratmeter som veggvinduer.

For å ivareta kravene til dagslysforhold, se Veileder for utforming av glassfasader på [www.enova.no/PUBLIKASJONSOVERSIKT/publicationdetails.aspx?publicationID=327](http://www.enova.no/PUBLIKASJONSOVERSIKT/publicationdetails.aspx?publicationID=327)

## GLASSFLATER

### La dagslyset strømme langt inn



© SINTEF Byggforsk

Stor romhøyde er en fordel når man skal trekke dagslyset langt inn i bygningen. Hvis man kan unngå kanaler og nedforet himling, i alle fall nærme fasaden, kan man lettere trekke dagslyset inn.

For mer detaljer om hvordan man kan føre dagslys langt inn i en bygning, se Byggforskserien, Byggdetaljer 421.621 Metoder for distribusjon av dagslys i bygninger.

Det lyset som slipper inn gjennom glassflatene, skal helst spres godt inne i lokalet og komme fram dit hvor det er behov for lyset.

Lyset føres langt inn i lokalene når:

- vinduene er plassert høyt på veggen
- noe av lyset reflekteres opp mot en lys himling
- lyset ledes inn gjennom sjakter e.l.

Et atrium i midten av en bygning kan lede inn mye lys fordi glassflaten vender oppover. Glassflaten er liten i forhold til lysmengden man får inn og i forhold til volumet av atriet, og varmetapet blir derfor ikke så stort. Glassgater har ofte større glassflate i forhold til volumet enn atrier, uten at det blir lysere.

I atrier kan sollyset bli til nytte hvis det blir dempet og spredt av f.eks. en duk. Men husk at sollys kan føre til overoppheting. Det kan være nødvendig med f.eks. automatiske lufteluker i taket.

## GLASSFLATER

# Solavskjerming mot overoppheting



© SINTEF Byggforsk

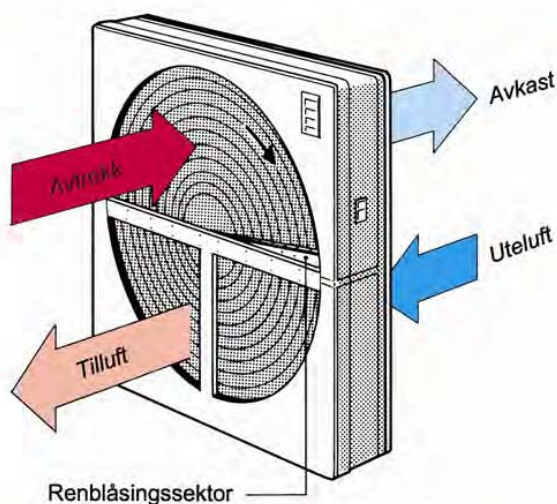
Vinterstid kan direkte solinnstråling gi et kjærkomment energitilskudd. Sommerstid, og ofte også om våren og høsten, er imidlertid solinnstråling uønsket fordi det gir overoppheting og skaper behov for lufting og i verste fall kjøling.

Det enkleste tiltaket er å ha løvtrær foran (men ikke helt inntil) vinduer mot sør, og eventuelt ha utstikkende bygningsdeler over disse vinduene. Vinduer mot øst og vest kan være uten slik skjerming.

Dersom dette ikke er nok, bør man ha utvendig, regulerbar solavskjerming, f.eks. dreibare persiennelameller. Men det er viktig at de kan styres, enten av automatikk eller av brukeren. Fastmontert solavskjerming som ikke kan reguleres, har noe for seg i Middelhavsland, men egner seg dårlig i Norge hvor solhøyden varierer og dagslyset er sparsomt deler av året.



## VENTILASJON Varmegjenvinning



© SINTEF Byggforsk

I praksis er det vanskelig å oppnå mer enn 80 % varmegjenvinning. Noen produsenter oppgir høyere verdier, men det er målt under ideelle forhold og er ikke representativt for normal drift og normale utetemperaturer.

Ventilasjonsaggregatet bør ha en varmegjenvinner med høyest mulig temperaturvirkningsgrad. En virkningsgrad på 80 % i reelle driftssituasjoner er fullt oppnåelig. Et slikt aggregat er ikke vanskelig å finne og det er ikke dyrere og tar ikke mer plass enn dårligere aggregater.

Omluft og dermed luktsmitte kan være et problem når man har aggregater med så høy virkningsgrad. Dette er avhengig av hvilke aktiviteter det er i bygningen.

I bygninger med ulike soner hvor det er forskjellig «luktproduksjon», kan det være behov for å dele opp ventilasjonssystemet og ha separate aggregater for de ulike luktsonene. Man bør også tenke på framtidig bruk når man planlegger anlegget.

For ordens skyld: Varmegjenvinning forutsetter at man har et balansert ventilasjonsanlegg.



## VENTILASJON Lav SFP-faktor



© SINTEF Byggforsk

Redusert energibehov til viftedrift forutsetter at viftene slipper å gå på full effekt og at ventilasjonsanlegget har lav luftmotstand. Lav luftmotstand oppnår man når lufta har myk bevegelse og lav fart. Både større vifter og utforming for lav luftmotstand krever at det er romslig plass til aggregatet.

For å få lav luftmotstand i ventilasjonsanlegget må man ha plass til romslige kanaler og til å gi kanalnettet en god strømnings teknisk utforming. Det gir ofte også mindre behov for innregulering. Strupete ventiler gir stor motstand og høyere SFP-faktor. Sentralt avtrekk gir kortere rørføringer og mindre motstand, men krever overstrømning mellom rom.

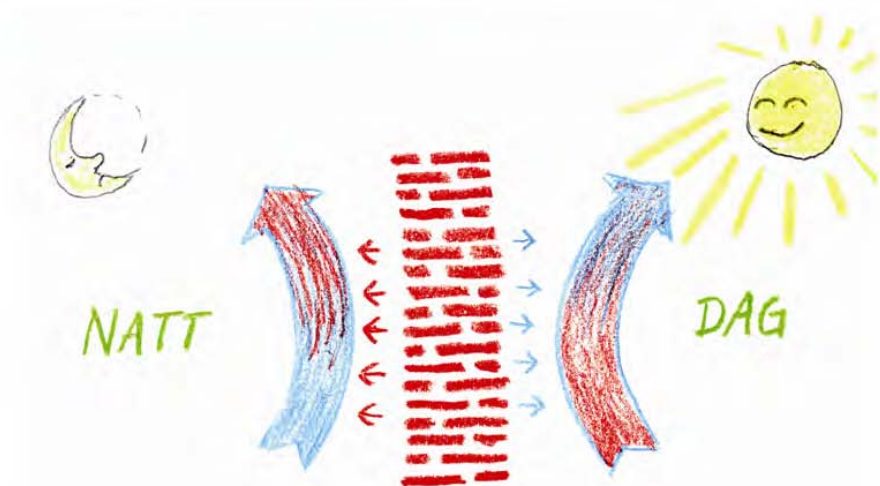
En viktig forutsetning for å få til dette, er en gunstig plassering av ventilasjonssjaktene. Inntil sjakta trengs plass til hovedfordelinger, brannspjeld o.l. Et underordnet rom inntil sjakta kan tåle lavere romhøyde. Et slikt rom vil også tåle noe støy.

SFP er forkortelse for Specific Fan Power – spesifikk vifteeffekt. SFP-faktoren sier hvor mye energi viftene bruker for å dytte lufta gjennom aggregatet, kanalene og rommene i bygningen.

Gode råd om plassbehov og utforming fins i Byggforskserien, Planlegging 379.310 Plassbehov og plassering av tekniske rom for ventilasjonsanlegg og 379.320 Plassbehov for føringsveier til tekniske installasjoner, samt i Byggetal, gruppe 552.3 om ventilasjonsanlegg.

## VENTILASJON OG TEMPERATUR

### Redusert kjølebehov



© SINTEF Byggforsk

Et cellekontor på 10 m<sup>2</sup> har overflater med liten avgassing. Kontoret må ha 20 m<sup>3</sup>/h grunnventilasjon pluss 77,2 m<sup>3</sup>/h når noen er til stede. Forutsetter vi at man er ute av lokalene 30 % av arbeidsdagen, kan vi nøye oss med 5,6 m<sup>3</sup>/h per m<sup>2</sup> kontor i en 12 timers driftsperiode per dag, og 2,0 m<sup>3</sup>/h utenom driftstiden. Dette er ca. halvparten av standardkravet uten behovsstyring. Behovet for forvarming/forkjøling av lufta halveres, SFP-faktoren blir en fjerdedel, og behovet for romoppvarming blir også redusert.

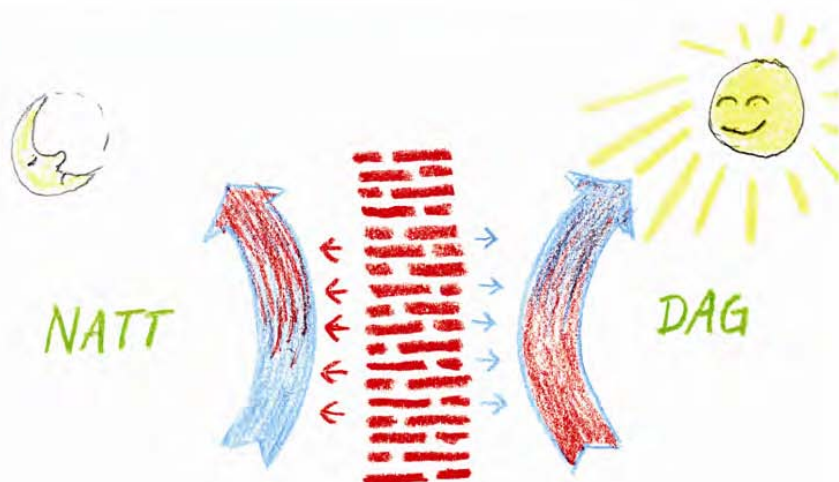
Med behovsstyrt ventilasjon kan man redusere luftmengdene. Mindre luft som skal varmeveksles (med 20 % tap), forvarmes og eventuelt forkjøles, bruker i seg selv mindre energi.

Behovsstyrt ventilasjon forutsetter samme kanalutforming (i alle fall ut fra sjakt) som ved konstant ventilasjon. Den største luftmengden som blir fraktet til den ytterste ventilen er også uendret. Med mindre luftmengde i et uendret anlegg, får man lavere lufthastighet. Dermed får man mindre motstand og en betydelig bedre SFP-faktor. Se regneeksempel i margin.

CO<sub>2</sub>-styring er aktuelt for møterom og andre større lokaler, men koster for mye til at det er aktuelt for cellekontorer. Det fins imidlertid belysning med billig tilstedeværelses-sensor, som man enkelt kan koble ventilasjonen mot.

## VENTILASJON OG TEMPERATUR

### Redusert kjølebehov



© SINTEF Byggforsk

Om dagen gir mennesker og prosesser fra seg varme, og sollyset stråler mye varmeenergi inn i bygningen. Da får større bygninger lett behov for kjøling.

Tunge materialer har ofte høy varmekapasitet. Det betyr at de tar til seg eller gir fra seg mye energi for å endre temperatur.

Hvis (noen av) overflatene i et rom er av tunge materialer, vil disse overflatene hjelpe til med å jevne ut temperaturen i rommet. Det kan vi benytte til å redusere kjølebehovet i en bygning.

Hvis vi ventilerer rommet godt om natta, når det er svalt, vil de tunge overflatene bli avkjølt. Om dagen vil overflatene «suge til seg» mye varme fra rommet, og kjølebehovet blir redusert. Om vinteren lar vi bare være å frikjøle om natta, og temperaturen holder seg stabil.

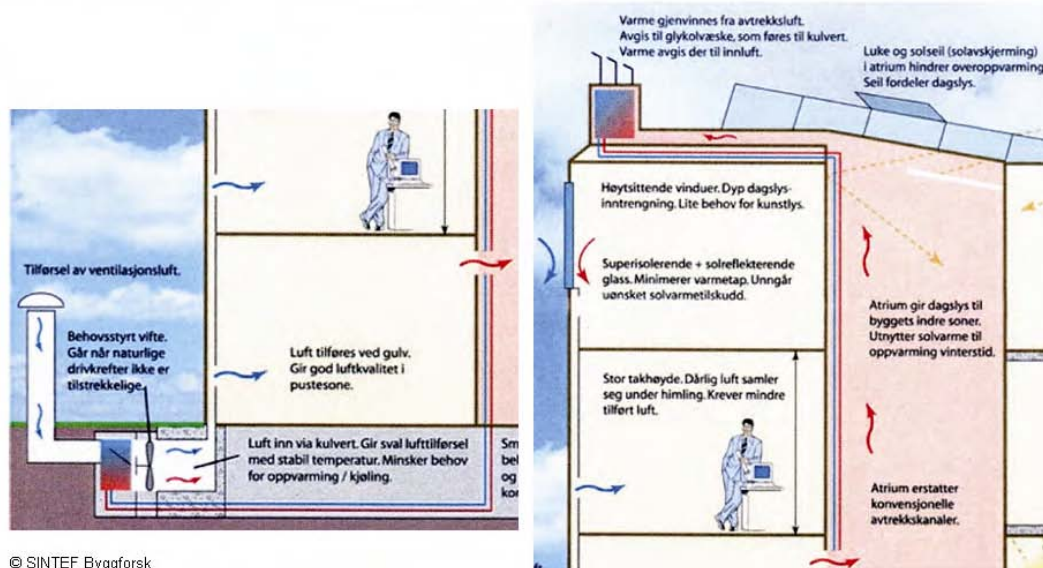
Det er vesentlig at overflaten på de tunge materialene er synlige i rommet (har god kontakt med romluften). Bare et vinylbelegg oppå et betonggulv er nok til å ødelegge effekten.

De typiske løsningene er å ha golvoverflater av slipt betong, synlige mur- eller betongvegger og eksponert etasjeskiller som himling (ikke nedforet himling).

Ikke alle overflatene må være av tunge materialer, men det må være en betydelig andel. Pass på romklangen!

## VENTILASJON OG TEMPERATUR

### Tiltak under utprøving



© SINTEF Byggforsk

Figuren illustrerer prinsipper i kontorbygningen *Pynten* som er ferdig prosjektert, men ennå ikke bygd.

Her er mange tiltak tenkt å virke sammen, men det er fortsatt usikkert hvilke av tiltakene som vil ha størst effekt.

Noen tiltak er under utprøving. Om slike tiltak kan benyttes med hell eller ei, avhenger ofte av den aktuelle situasjonen. De viktigste tiltakene er:

Hybrid ventilasjon: Legg til rette for at de naturlige drivkreftene kan virke, og bruk vifter som supplement. Luftmengden må måles kontinuerlig.

Atrium over flere etasjer gir kraftigere naturlige drivkrefter og bedre muligheter for sentralt avtrekk. Toaletter og kopirom bør ha separat avtrekk.

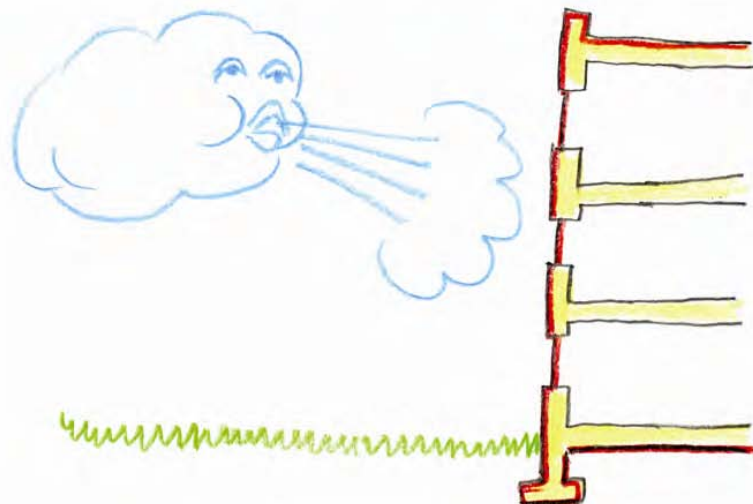
Tilluft via betongkulvert: Kulverten kan forvarme/forkjøle lufta og jevne ut temperaturen over døgnet, men det kan oppstå problemer med kondens og vekst av muggsopp.

Stor romhøyde kan gi redusert kjølebehov. Men man må ha romhøyde på minst 3,5–4,0 m for å kunne redusere luftmengden.



## BYGNINGENS YTTERKONSTRUKSJONER

### Tetthet



© SINTEF Byggforsk

God tetthet er det viktigste tiltaket for å minske varmetapet gjennom bygningens klimaskjerm.

Prosjektering for god tetthet er viktig. Man kan prosjektere for god tetthet ved å beskrive løsninger som det er enkelt å utføre tett, og ved å unngå kompliserte bygningsformer med mange overganger og vanskelig geometri.

Men god tetthet må først og fremst bygges av utførende som gjør en god jobb. Hvordan få det til:

- Motivering: Hvorfor er tetthet viktig?
- La en person ha ansvar og myndighet for tetthet
- Planlegge og koordinere alle gjennomføringer
- Følge opp med måling/kontroll og utbedringer

I vindtetthetsfasen kan man lettest finne og utbedre de fleste luftlekkasjene. Men vær klar over at bygninger kan få større lekkasjer når de er ferdigbygd enn de hadde i vindtetthetsfasen!

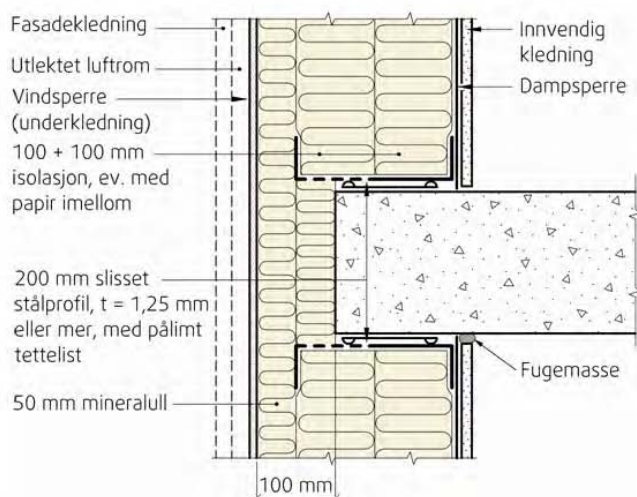
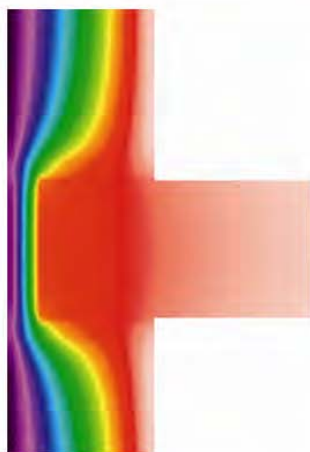
Man bør ha en seriøs målsetting om god tetthet, men det er vanskelig å forutsi hvor tett bygningen blir.

I energiberegninger bør det brukes lekkasjetall som man er helt sikker på å oppnå, vanligvis kravnivået i TEK. Bli tettheten bedre, får det bli en positiv bonus.

Det er vanskelig å hente inn energitapet hvis det viser seg at tettheten ble dårligere enn beregnet. Hva skal man da gjøre? Bygge om igjen? Bytte ut de nye vinduene til enda bedre nye vinduer?

## BYGNINGENS YTTERKONSTRUKSJONER

### Kuldebroer



© SINTEF Byggforsk

I noen tilfeller kan man unngå kuldebroer ved å ha separat bæresystem. Balkonger kan like gjerne bæres av egne, utvendige konstruksjoner som av utkragede betongdekker. Men separat bæring innvendig kan også gi større interne luft- og lydlekasjer.

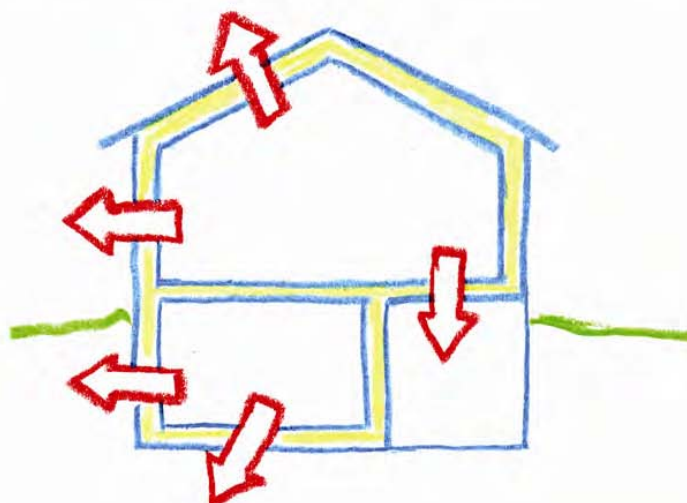
Kraftige kuldebroer er ikke bare et energiproblem. De fører også til fare for kondens og til dårligere innemiljø (kuldestråling).

En kuldebro er et punkt eller en linje i klimaskjermen der varmemotstanden er betydelig dårligere enn ellers. Kuldebroer opptrer i tre sammenhenger:

- Hvor materialer med høy varmeledningsevne trenger inn i isolasjonen, f.eks. betongdekker som bæres av ytterveggen. Slike bygningsdeler bør beskyttes med minst 50 mm isolasjon, helst 100 mm eller mer. Dette er lettere å få til i godt isolerte konstruksjoner.
- Hvor isolasjonsverdien endres, f.eks. i overgangen mellom vegg og vindu/dør. For å redusere dette bør dører og vinduer trekkes noe inn i veggen, men ikke gå på akkord med fuktsikkerheten!
- Hvor bygningens form endrer seg, f.eks. utvendige hjørner og overgang mellom vegg og tak. Disse kuldebroene er vanligvis ikke så store, men man kan heller ikke gjøre stort med dem.



## BYGNINGENS YTTERKONSTRUKSJONER Golv, vegger og tak



© SINTEF Byggforsk

Selv om isolasjonstykkelser utover kravnivået i TEK ikke har så veldig mye å si, er dette passive og enkle tiltak som er der hver dag så lenge bygningen står.

Man bør øke isolasjonstykkelsen alle steder hvor det er billig. I golv mot grunnen og i takkonstruksjoner er kostnaden nesten bare innkjøpsprisen på isolasjonen. I vegger «koster» isolasjonstykkelsen også kvadratmetre golvflate.

Stor isolasjonstykkelse kan dra med seg andre fordeler enn bare redusert varmetap: Tykke konstruksjoner gjør det lettere å redusere kuldebroer. Og den ekstra reduksjonen av varmetapet kan være det som skal til for å kunne bruke et enklere oppvarmingssystem. Det er ikke bare en spøk når det hevdes at flatskjerm-tv-en kan være oppvarmingskilden i blokkleiligheter.

## INSTALLASJONER

# Valg av energikilde



© SINTEF Byggforsk

Ventilasjonsluft kan bidra noe til oppvarming og kjøling.

Hvis man har en super-isolert bygning, kan forvarmet ventilasjonsluft være tilstrekkelig til oppvarmingen.

Men med for høy overtemperatur, blir ventilasjonseffektiviteten for dårlig. Nattkjøling er en god idé, men ventilasjonskjøling mens folk er til stede kan lett føre til uakseptable trekkproblemer.

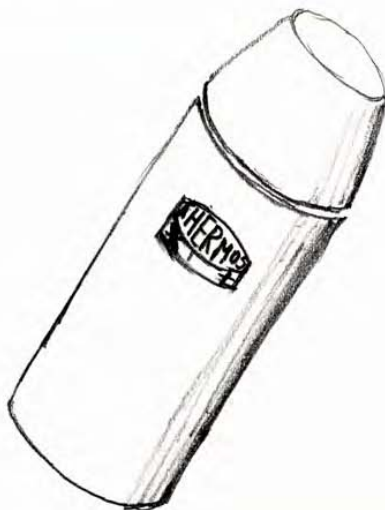
Valg av energikilde endrer ikke energibehovet til bygningen, men er viktig av klima- og miljøhensyn.

Først bør man forsøke å ta i bruk energi som kan høstes lokalt. Dette er energi fra solfangere (både solcellestrøm og solvarme), vindkraft, varmepumper og gjenvinning av energi fra bygningen. Passiv solinnstråling gjennom vinduer kan dessverre gi vel så stort kjølebehov som energitilskudd.

Dernest bør man velge energi som er produsert på en fornybar måte, som biomasse, metangassopp-samling eller søppelforbrenning. Sentralt produsert vann- og vindkraft er også fornybart, men hvordan vet du at strømmen i ledningen kommer derfra?

Man bør også velge energiformer med lavest mulig «kvalitet». Det er bedre å bruke varme enn strøm til oppvarming. Bedre å bruke høy varme til vannoppvarming (70 °C) enn til romoppvarming (21 °C).

## INSTALLASJONER Varmemagasin?



© SINTEF Byggforsk

Ventilasjonskulverter og tunge overflater innendørs kan dempe temperatursvingningene mellom dag og natt.

Det er gjort mange forsøk på å bruke varmelager til å jevne ut temperaturen over flere døgn. I små og halvstore prosjekter har det sjelden gitt uttelling.

For store bygningskomplekser kan det være gunstig å benytte undergrunnen til å jevne ut temperaturen over året. Dette kan være aktuelt også hvis flere mindre bygninger går sammen om et stort anlegg.

Poenget er at varmelageret må ha tilstrekkelig kapasitet til å holde på energien fra en overskuddsperiode til en underskuddsperiode. Dag–natt og sommer–vinter er slike regelmessige vekslinger. Vekslinger mellom noen kalde dager og noen litt varmere dager er ikke nok til å gi god økonomi.

For det nye Akershus Universitetssykehus var det lønnsomt å bruke fjellet under et jorde på 20 dekar som energilager.

Det er boret 350 brønner, 200 m dype. Ved hjelp av brønnene kan man lagre overskuddsvarme om sommeren (kjøling) i fjellmassene. Energien hentes opp igjen til oppvarming om vinteren.

Dette dekker ca. 60 % av oppvarmingsbehovet (romoppvarming, varmtvann, damp til vaskeriet og snøsmelting foran inngangspartier).

## INSTALLASJONER

# Oppvarming av varmtvann



© SINTEF Byggforsk

Helst bør varmtvannet varmes opp med andre kilder enn elektrisitet. Det betyr i mange tilfeller at man må ha sentral varmtvannsoppvarming.

I boligblokker bør varmtvannet varmes opp i hver leilighet hvis energikilden tillater det. Da må den enkelte husstanden betale for sitt eget varmtvannsforbruk. Varmtvannsrørene er korte og har derfor lite varmetap, og man unngår sirkulasjonspumper og tiltak mot salmonellabakterier som man må ha ved sentral varmtvannsoppvarming.

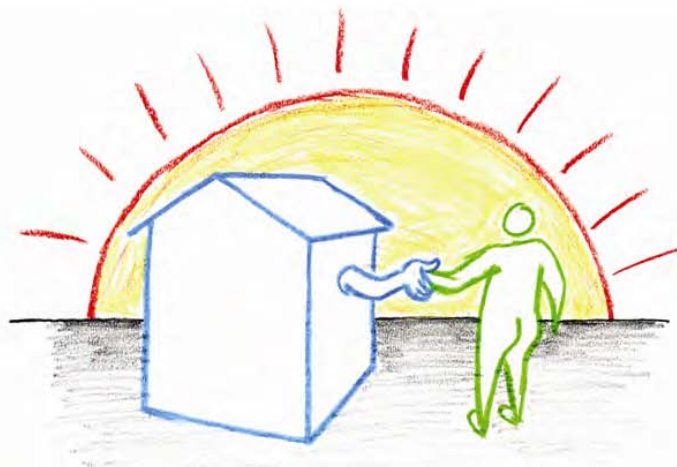
Idrettsbygninger, boligblokker, hoteller, sykehus og sykehjem skiller seg fra andre bygninger ved at de krever betydelige mengder energi til vannoppvarming. I slike bygninger bør man legge innsats i å redusere varmtvannsforbruket og velge et energi- og miljøvennlig oppvarmingssystem for varmtvannet.

Solfangere og varmepumper kan brukes til oppvarming av forbruksvann. Varmevekslere kan ofte bare forvarme vannet til 30–40 °C, og så må man ta resten med andre energikilder.

Det kan være verd å undersøke om energien i varmtvannet kan samles opp igjen før vannet renner ut av bygningen. Ofte forutsetter det dobbelt sett med avløpsrør: ett sett for svartvann (og ev. fra steder hvor man bruker mye kaldtvann), og ett sett for varmt og blandet gråvann. Varmepumpe fra avløpsvannet til vannoppvarmingen er mest aktuelt.

## BRUKERNE

### Både bygning og brukere



© SINTEF Byggforsk

Den reelle energibruken knyttet til en bygning er det som til syvende og sist er interessant. Denne energibruken er avhengig av bygningen selv, men også av hvordan bygningen brukes.

I en «normert» kontorbygning er bare en tredjedel av energibehovet knyttet til utformingen av bygningen. To tredjedeler er knyttet til bruken av bygningen («brukeravhengige data»), ifølge energimodelene i NS 3031.

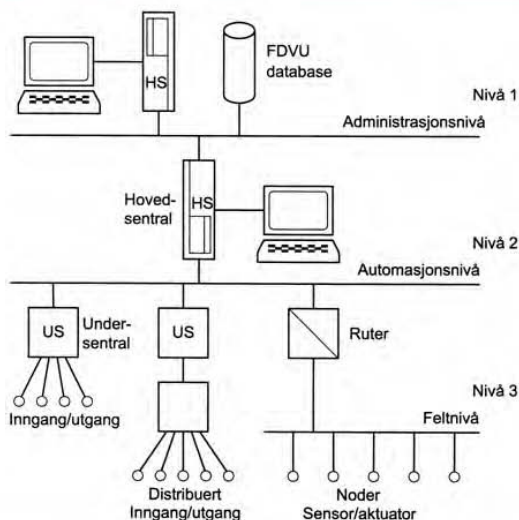
I tillegg til å utforme bygningen slik at den får et lavt energibehov, bør man tilrettelegge for at brukerne velger å bruke bygningen slik at de bruker lite energi i driften av bygningen.

Følgende deler av energibruken påvirkes av bygningens brukere (brukeravhengige data):

- innetemperatur
- driftstider
- internt varmetilskudd fra personer og utstyr
- varmtvannsforbruk
- belysning
- (elektrisk) utstyr

## BRUKERNE

# Styring av belysning og teknisk utstyr



© SINTEF Byggforsk

En enkel beregning av sparepotensialet ved dagslysstyring fins i Byggforskserien, Byggetal 421.625 Dagslysinfall og sparepotensial for belysningsenergi.

Belysning er en betydelig energipost i de fleste bygninger. Forretningsbygninger, sykehus og hoteller bruker særlig mye energi til belysning. Man kan redusere denne energiposten ved å montere styring av belysningen. Typisk skrus lyset av når:

- dagslyset er tilstrekkelig
- ingen er til stede

Man kan også spare belysningsenergi ved å velge lamper med høyt lysutbytte. LED-lamper bruker dramatisk mye mindre energi enn tradisjonelle lamper, men gir ennå et kaldt lys. «Sparepærer» kan brukes mange steder, men også de kan ha redusert evne til å gjengi farger.

I mange bygningstyper står teknisk utstyr for en betydelig del av energibruken. Ved å montere styringsautomatikk som slår av utstyret når ingen bruker det, kan man ofte redusere denne energiposten med omtrent en fjerdedel.



## BRUKERNE Synliggjøre forbruk



© SINTEF Byggforsk

Å synliggjøre energibruken for brukerne av en bygning, sparer ikke energi i seg selv. Men det gjør brukerne bevisste på hvor mye de faktisk bruker. Det fører ofte til at de blir flinkere til å redusere egen energibruk.

Dette er særlig effektivt hvis forbruket vises fram på steder som alle passerer daglig, og hvis det presenteres på en måte som innbyr til konkurranse. Man kan konkurrere avdelinger imellom, eller med sitt eget forbruk i forrige uke, måned eller år.

Vis fram den delen av energibruken som er avhengig av brukerne, og del det opp etter organisatoriske enheter som ikke er større enn at den enkeltes innsats gjør en forskjell. Da går det fort sport i energivennlig oppførsel som å skru av lys og utstyr man ikke bruker, senke innetemperaturen én grad eller la være å vindusluften samtidig som ovnen under vinduet står på. Dette monner nemlig!

## BRUKERNE Driftsoppfølging



© SINTEF Byggforsk

Det er nyttig å ha et system for jevnlig oppfølging av bygningens drift. Slik oppfølging retter seg mot vaktmester og annet teknisk personale, også IT-ansvarlige. Driftsoppfølgingen kan dekke mange emner, men energibruken bør være ett av dem.

De første årene etter overtakelse bør de som har vært involvert i den energimessige prosjekteringen av bygningen, delta i driftsoppfølgingen. Dette fører både til at bygningen tas i bruk som tiltenkt, og at de prosjekterende får tilbakemeldinger om hvilke tiltak som fungerer og hvilke som har liten effekt eller er plundrete i praksis.

Oppfølgingen kan være egenkontroll og rapportering av energibruken mot ET-kurver (energi/temperatur-kurver). Men i blant bør også noen fra et rådgivningsmiljø gå gjennom energibruken for å se på endringsmuligheter med friske øyne.

